الشهاب العلمي

ECHIHEB EL-ILMI

ماي 2025
العـدد التاسع

حوار مع الدكتور

السيد طلعت Elsayed R. Talaat

مدير رابطة أبحاث الفضاء بالجامعات USRA

حوار مع الدكتور

دافيد أوروسكو سواريز David Orozco Suàrez

رئيس الشبكة الإسـبانية لفيزياء الشمس

أ.د. نوار ثابت Novar Tabet

الطاقة الشمسـية: المصدر الأسـاسي لكهرباء المستقبل

ملف العدد

الشمس THE SUN

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

Arturo Buenrostro
Photography
©2023

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

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

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

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

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

موقع جمعية الشعرى
www.siriusalgeria.net

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

كلمة العدد

بين هيجان الشمس وصمت التواطؤ

بينما تقترب الشمس من ذروة دورتها، نجد أنفسنا شهودًا على مشهدين متوازيين من العنف، أحدهما كونيّ والآخر مأساويٌّ من صنع البشر. يصدر هذا العدد التاسع من مجلة الشهاب بينمايستعد نجمنا لأداء أكثر عروضه إثارة منذ عقد، بينما يعاني أهل غزة على الأرض من كارثة إنسانية تُلطخ جبين حضارتنا.

هذا العدد الذي بين أيديكم يتخذ من وصول الشمس إلى ذروة نشاطها وتأثير الطقس الفضائي على التغيرات المناخية موضوعاً رئيسياً، بالإضافة إلى ملف مفصل يغطي جوانب من الموضوع، نستكشفه عبر حوارات مضيئة مع أبرز علماء فيزياء الشمس، وعلى رأسهم الدكتور طلعت السيد مدير مجمع USRA والعالم السابق لقسم فيزياء الشمس بوكالة «ناسا» الذي يرشدنا عبر نوبات الشمس المغناطيسية التي تترك تموجاتها في عالمنا التكنولوجي. أما الدكتور ديفيد أوروزكو سواريز، رئيس شبكة فيزياء الشمس الإسبانية، فيفكّ لغة التذبذبات الشمسية وتأثيراتها الأرضية. ناقش الدكتور نوار ثابت موضوع الطاقة الشمسية كمصدر للكهرباء في المستقبل. تساعدنا حكمتهم الجماعية على فهم آليات اندماج البروتون-بروتون المعقدة والتهديد المتزايد للطقس الفضائي لحضارتنا المعتمدة على الأقمار الصناعية.

لكن حتى بينما نذهل بهذه الظواهر الكونية، لا يمكننا تجاهل تحول الجامعات إلى ضحايا لحرب بربرية. بينما يتتبع علماء الشمس دوراتها القابلة للتنبؤ، يواجه علماء غزة عنف القصف الشرس مع مئات الفصول الدراسية التي تحولت إلى ركام، وبجرائم حرب تُرتكب أمام أعين العالم. يقف النشاط الشمسي المتصاعد في تناقض صارخ مع الدرك الأخلاقي الذي وصلت إليه الإنسانية.

يحافظ هذا العدد على تقليد مجلة الشهاب في جعل العلوم المعقدة في متناول الجميع مع إبقاء الضمير يقظًا. بين تفسيراتنا للانبعاثات الكتلية الإكليلية نتذكر أن العلم الحقيقي لا يمكن أن يزدهر حيث يسود الظلم.

يواصل قسم «الشاطر الصغير» إلهام الصّغار بأسرار الشمس، بينما يسلط «باباراتزي العلم» الضوء على الإنجازات العلمية.

وبينما ترسم ثورات الشمس الشفق القطبي في الأشهر القادمة، لعلها تذكرنا أن النور يجب أن ينتصر على الظلام، والمعرفة يجب أن تتغلب على الجهل، والعدل يجب أن يعلو فوق القمع. نُهدي هذا العدد لهذا الأمل، أن يُواكب فهمنا للكون حكمتنا في الشؤون الإنسانية.

جمال ميموني

فهرس المواضيع

كلمة العدد

ملف العدد : الشمس

03 الشمس: القلب الناري للنظام الشمسي- عمر نمول
06 الطاقة الشمسية: المصدر الأساسي لكهرباء المستقبل- نوار ثابت
11 الشمس هل هي صديق أم عدو؟- هشام قرقوري
14 الاهتزازات الشمسية: موسيقى الشمس- نسيم سغواني
16 على خطى القدامى: من آلهة إلى اكتشاف البقع الشمسية- كاتية بشكر
20 فيزياء الشمس من النواة إلى الإكليل: حوار مع دافيد أوروزكو سواريز
26 ضيف العدد: لقاء حصري مع طلعت السيد، المدير العام لـ USRA
33 ثورة في الفيزياء الشمسية: أهم إكتشافات العقود الماضية- جمال ميموني
36 رحلة مسبار باركر: مهمة لمس الشمس- جمال ميموني

مقالات علمية و أنشطة متنوعة

38 رحلة التكنولوجيا الحيوية من الأرض إلى الفضاء- طارق قابيل
41 علم البلورات ركيزة الصناعات التكنولوجية الحديثة، عائشة بن سويسي
44 من المعادلة إلى الآلة: الرياضيات روح الذكاء الإصطناعي- نذير طيار
47 التواصل العلمي في العالم العربي.. طفرة تجابه تحديات - محمد السنباطي
49 المدرسة الدولية للفلكيين الشباب ISYA - الشيماء أمين خوجة
50 مؤتمر AfAS 2025 في جنوب إفريقيا: من أجل نهضة فلكية أفريقية

باباراتزي العلوم

52 آخر المستجدات العلمية، عمر نمول

ملف خاص - غزة

54 محنة شاملة في غزة: معاناة منطقة مدمرة - زياد مدوخ
56 عندما تُقاس المجاعة بالسُعرَات الحرارية - جمال ميموني

الشاطر الصغير

59 معكرونة في الفضاء - رانيا بن عربية
60 توأم في عالم كمي - يونس زكرياء طاير
61 إختبر معلوماتك - عمر نمول

من كل سديم نجمة

62 كيف تعدل الصور الفلكية؟ - مصطفى بن قاسمية
64 عدسة هواة الفلك - هشام قرقوري
65 الخسوف الكلي للقمر في 13 - 14 مارس 2025 - شمس الدين مواتسي
66 فشار «الخيال العلمي»، فيلم: Tenet- هشام قرقوري
67 خير جليس: العلم السيء - نذير طيار

Table of Contents

ملف العدد

الشمس

THE SUN

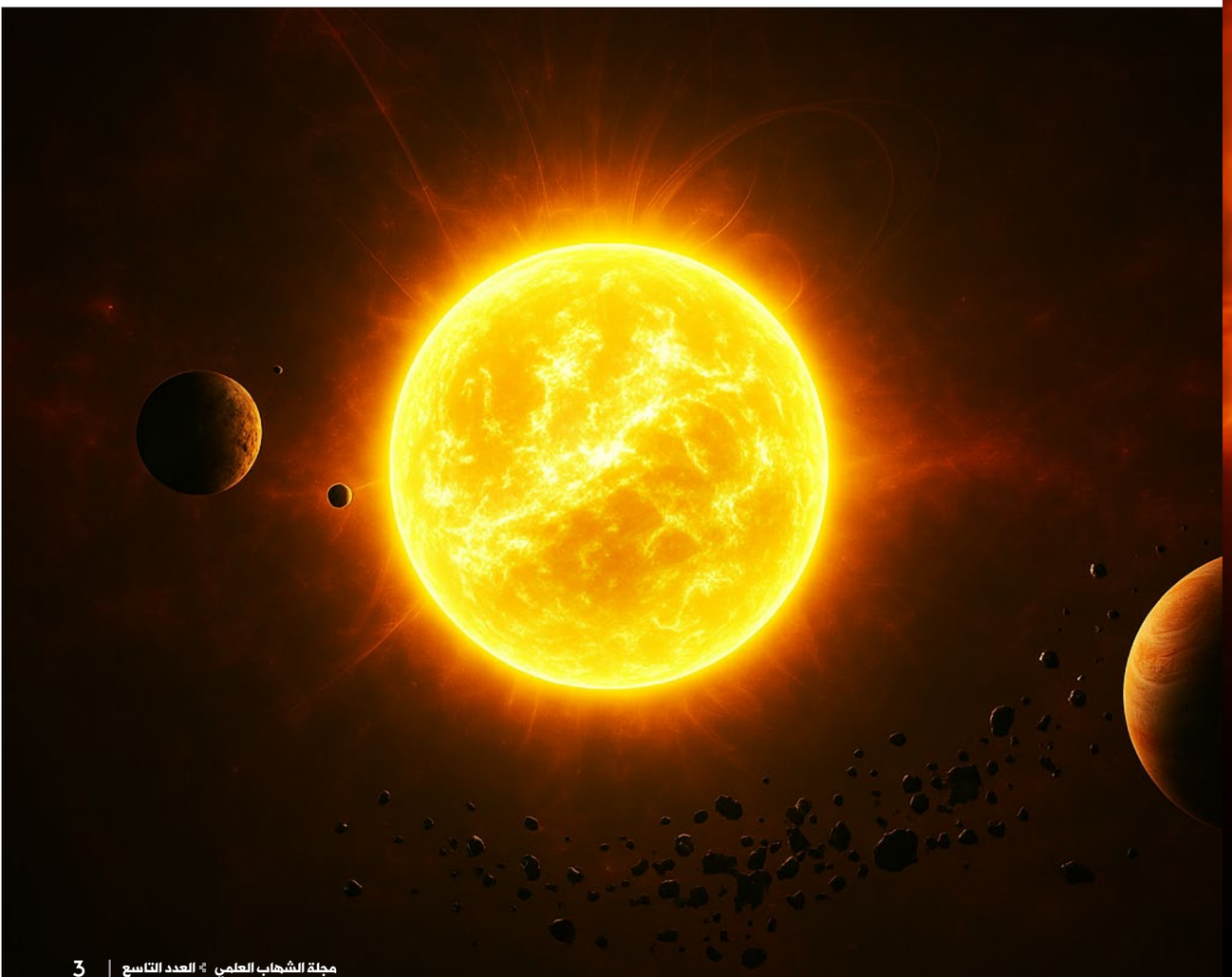
03 الشمس: القلب الناري للنظام الشمسي - عمر نمول
06 الطاقة الشمسية: المصدر الأساسي لكهرباء المستقبل - نوار ثابت
11 الشمس هل هي صديق أم عدو؟ - هشام قرقوري
14 الاهتزازات الشمسية: موسيقى الشمس - نسيم سغواني
16 على خطى القدامى: من آلهة إلى اكتشاف البقع الشمسية - كاتيا بشكر
20 فيزياء الشمس من النواة إلى الإكليل: حوار مع دافيد أوروزكو سواريز
26 ضيف العدد: لقاء حصري مع الدكتور طلعت السيد
33 ثورة في الفيزياء الشمسية: أهم إكتشافات العقود الماضية - جمال ميموني
36 رحلة مسبار باركر: مهمة لمس الشمس - جمال ميموني

الشمس القلب الناري للنظام الشمسي

بقلم د . عمر نمول

وحدة البحث في الوساطة العلمية - CERIST

الشمس ليست مجرد جرم سماوي ساطع نراه في السماء يوميًا، بل هي أساس الحياة على الأرض، والمصدر الرئيسي للطاقة، والعامل الأهم في تشكيل بيئتنا. من دونها، لكان كوكبنا صخرة متجمدة بلا حياة تسبح في الفضاء. يتجلى تأثير الشمس في كل جوانب حياتنا، بدءا من الدفء الذي نشعر به إلى دورات الليل والنهار التي تنظم إيقاعاتنا البيولوجية. عبر التاريخ، اعتمدت الحضارات على الشمس في الزراعة، كما تؤثر طاقتها على أنماط الطقس، وتيارات المحيطات، وحتى سلوك الحيوانات. ولا تزال الشمس اليوم موضوعًا رئيسيًا للدراسات العلمية، حيث تكشف عن أسرار فيزياء النجوم وآليات الكون الأوسع.



أهمية الشمس للأرض

تمتد أهمية الشمس إلى ما هو أبعد من الضوء والحرارة، إذ تلعب أدوارًا محورية في النظام البيئي والمناخي والفيزيائي لكوكبنا. تعمل أشعتها على تغذية عملية البناء الضوئي التي تشكل قاعدة السلسلة الغذائية، وتساعد على تنظيم المناخ من خلال تحريك الدورة الجوية والتيارات المحيطية. كما يؤثر النشاط الشمسي على المجال المغناطيسي للأرض، مما ينعكس على الأقمار الصناعية، والاتصالات، وشبكات الطاقة. بالإضافة إلى ذلك، فإن دراسة الشمس تتيح للعلماء فهم طبيعة النجوم الأخرى وتطور الكون. ورغم وجودها المستمر، تبقى الشمس نجمًا ديناميكيًا وغير متوقع، حيث تؤثر دورات نشاطها وعواصفها الشمسية على الحياة على الأرض بطرق قد تكون بعيدة المدى.

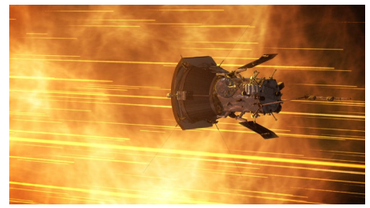
الشمس في الحضارات القديمة: بين التقديس والبحث العلمي

قبل تطور علم الفلك، كانت الشمس محورًا أساسيًا في المعتقدات الدينية والثقافية للحضارات القديمة. جسدها المصريون في صورة الإله رع، الذي يُبحر عبر السماء في قارب سماوي، بينما صورها اليونانيون كالإله هيليوس الذي يقود عربة مشتعلة، فيما اعتبرها الأزتيك كيانًا مقدسًا يتطلب التضحيات البشرية للحفاظ على قوتها. كما ارتبطت الشمس بفلسفة الين واليانج في الثقافات الآسيوية، حيث تعكس التوازن الكوني بين القوى المتضادة. لكن رغم هذه التصورات الأسطورية، بدأ المفكرون الأوائل بطرح تفسيرات علمية للطبيعة الشمسية. ففي القرن الخامس قبل الميلاد، اقترح أنكساغوراس أن الشمس ليست كيانًا إلهيًا، بل صخرة ضخمة ملتهبة، ما مهد الطريق لتطور الفكر الفلكي. وفي القرن الثالث قبل الميلاد، كان أريستارخوس الساموسي أول من طرح فكرة مركزية الشمس، لكن نظريته لم تلق قبولًا واسعًا آنذاك.

من التلسكوبات إلى المعادلات الرياضية

شهد القرن السابع عشر تحولًا جذريًا في فهم الشمس مع اختراع التلسكوب، حيث استخدمه غاليليو غاليلي لرصد البقع الشمسية، ما أثبت أن الشمس ليست كرة سماوية مثالية كما كان يُعتقد سابقًا. دعمت هذه الاكتشافات نموذج مركزية الشمس رغم معارضة الكنيسة، وواصل يوهانس كيبلر بين عامي 1609 و1619 تطوير قوانين حركة الكواكب، مُثبتًا أن مدارات الكواكب حول الشمس ليست دائرية بل إهليلجية. ثم جاء إسحاق نيوتن في1687 ليؤسس قانون الجاذبية الكونية، موضحًا أن جاذبية الشمس هي التي تحكم مدارات الكواكب، مما وفر أساسًا رياضيًا لنظرية مركزية الشمس.

مع تقدم التحليل الطيفي في القرن التاسع عشر، تمكن العلماء من دراسة التركيب الكيميائي للشمس، حيث اكتشف جوزيف فون فراونهوفر في 1814 خطوط الامتصاص الداكنة، مما كشف عن العناصر المكونة لها. وفي 1925، أثبتت سيسيليا باين-جابوشكين أن الشمس تتكون أساسًا من الهيدروجين والهيليوم، وهو اكتشاف أحدث ثورة في الفيزياء الفلكية.



مسبار باركر الشمسي.

أما في قرننا هذا، فقد وفرت البعثات الفضائية مثل SOHO وParker Solar Probe وSolar Orbiter رؤى غير مسبوقة حول النشاط الشمسي والطقس الفضائي، مما عزز فهمنا لدور الشمس في النظام الشمسي. نعلم اليوم أن الشمس نجم من النسق الرئيسي يخضع لعملية الاندماج النووي، حيث يتحول الهيدروجين إلى هيليوم، مطلقًا طاقة هائلة تُبقيها مشتعلة لمليارات السنين. هكذا، انتقل فهمنا للشمس من التصورات الأسطورية إلى العلم الحديث، مدعومًا بالرصد الفلكي، والقوانين الفيزيائية، والتقنيات المتطورة.

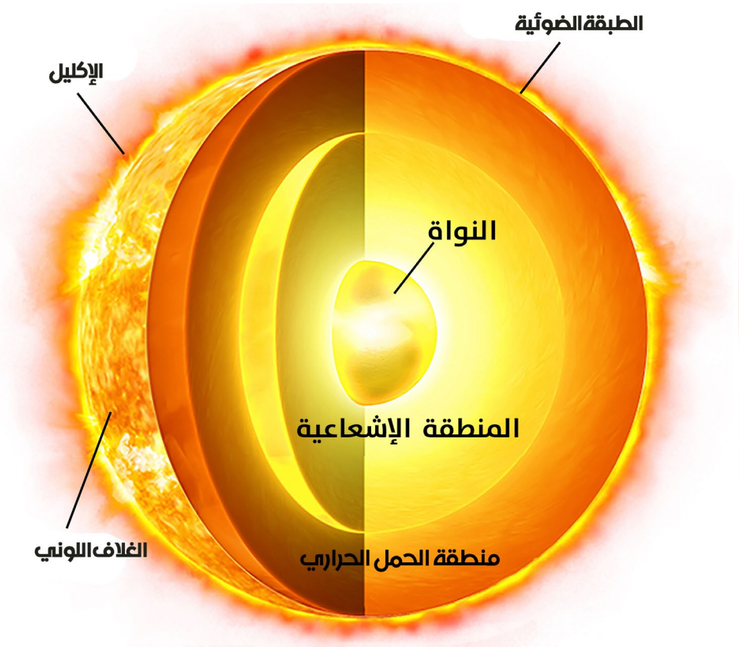
نجم خاص في طبيعته وتكوينه

الشمس ليست جسمًا صلبًا كالأرض، ولا تمتلك سطحًا محددًا، بل هي كرة ضخمة من الغاز الساخن المتأين تُعرف بالبلازما، حيث تُجرَّد الذرات من إلكتروناتها، مما يؤدي إلى تكوين سائل من الجسيمات المشحونة التي تستجيب للمجالات المغناطيسية والكهربائية، وهذه الطبيعة الديناميكية والمضطربة هي ما يُحرك معظم نشاط الشمس.

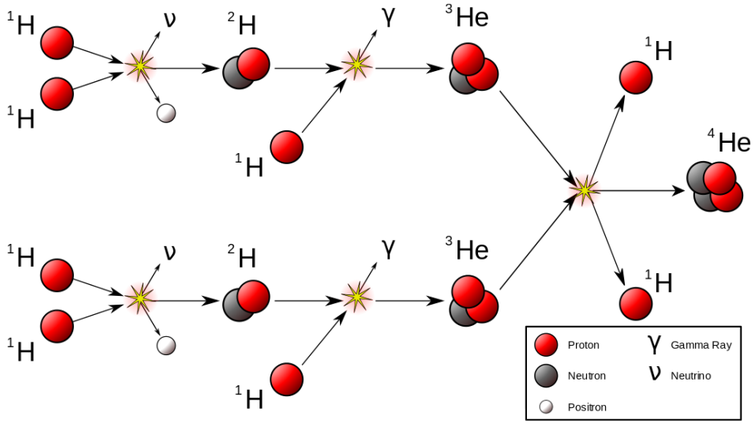
تتكون الشمس في المقام الأول من الهيدروجين بنسبة 74%، وهو الوقود الأساسي للاندماج النووي في قلبها، ومن الهيليوم بنسبة 24%، وهو الناتج الثانوي لاندماج الهيدروجين ويتراكم مع مرور الوقت، بالإضافة إلى عناصر نزرة بنسبة 2%، تشمل الأكسجين والكربون والنيون والحديد وغيرها، والتي تؤثر على الخصائص الطيفية للشمس. ويحدد العلماء تركيب الشمس من خلال التحليل الطيفي، وهي تقنية تُحلل امتصاص وانبعاث الضوء عند أطوال موجية مختلفة، وقد وفّر اكتشاف الخطوط الطيفية في ضوء الشمس فهمًا أعمق لتركيبها الكيميائي، مما ساهم في الكشف عن طبيعتها الخاصة مقارنةً بالنجوم الأخرى.

التركيب الطبقي للشمس

على الرغم من أن الشمس تبدو موحدة،



التركيب الطبقي للشمس.



الإندماج النووي - سلسلة البروتون-البروتون.

إلا أنها تتكون من عدة طبقات، ولكل منها خصائص ووظائف مميزة

النواة: المنطقة الداخلية التي يحدث فيها الاندماج النووي، وتصل درجة حرارتها إلى 15 مليون درجة مئوية.

المنطقة الإشعاعية: تتحرك الطاقة إلى الخارج من النواة من خلال عملية بطيئة من الإشعاع، وتستغرق آلاف السنين حتى تخرج

المنطقة الحملية: يتم نقل الطاقة عن طريق الحمل الحراري، حيث يرتفع البلازما الساخنة، ثم يبرد، ثم يهبط مرة أخرى إلى الأسفل.

الطبقة الضوئية: السطح المرئي للشمس، حيث يشع الضوء والحرارة إلى الفضاء.

الطبقة اللونية (Chromosphere): طبقة رقيقة فوق الغلاف الضوئي، تتوهج باللون الأحمر بسبب انبعاثات الهيدروجين.

الإكليل الشمسي (كورونا): هي الطبقة الخارجية للشمس التي تمتد ملايين الكيلومترات وتصل حرارتها إلى ملايين الدرجات، رغم أن حرارة السطح لا تتجاوز 5500 درجة مئوية. لا يزال سبب السخونة الشديد للهالة الشمسية لغزًا، لكن العلماء يرجحون أن الموجات المغناطيسية وانفجارات الطاقة من سطح الشمس تلعب دورًا رئيسيًا في رفع درجة حرارتها.

محطة توليد الطاقة في النظام الشمسي - فيزياء طاقة الشمس

الاندماج النووي

في قلب الشمس تكمن عملية تُغذي ليس فقط نظامنا الشمسي، بل نجوم الكون أجمع، وهي الاندماج النووي. يحدث هذا التفاعل في قلب الشمس، حيث يُمكّن الضغط ودرجة الحرارة الهائلة ذرات الهيدروجين من الاندماج، مُشكّلةً الهيليوم ومُطلقةً كمية هائلة من الطاقة. تتبع عملية الاندماج السائدة في الشمس تفاعلًا خطوة بخطوة يُعرف باسم سلسلة البروتون-البروتون.

اندماج البروتونات: تصطدم نواتان من الهيدروجين (بروتونات)، لتشكل نواة الديوتيريوم (بروتون واحد ونيوترون واحد) وتطلق بوزيترون ونيوترينو.

تكوين الهيليوم3-: يصطدم بروتون آخر بالديوتيريوم، مكونًا الهيليوم3-.

تكوين الهيليوم4-: تندمج نواتان من الهيليوم3- لتكوين الهيليوم4-، مما يؤدي إلى إطلاق بروتونين زائدين مرة أخرى في العملية.

كل خطوة من هذه العملية تطلق الطاقة، التي تشق طريقها إلى الخارج من قلب الشمس في شكل فوتونات. تمر الفوتونات برحلة طويلة ومعقدة من النواة إلى السطح، حيث يتم امتصاصها وإعادة انبعاثها مرات لا تُحصى قبل أن تصل أخيرًا إلى الطبقات الخارجية وتتحرر في الفضاء. لا تصل الطاقة مباشرة إلى السطح، بل تستغرق الفوتونات ما بين 100,000 إلى 200,000 سنة لعبور باطن الشمس الكثيف بسبب الامتصاص وإعادة الانبعاث المستمرين.

تبدأ هذه الرحلة في المنطقة الإشعاعية، حيث تنتقل الطاقة عبر الإشعاع مع ارتداد الفوتونات في جميع الاتجاهات، ثم في المنطقة الحملية، حيث تتحرك الطاقة من خلال تيارات الحمل الحراري التي تدفع البلازما الساخنة إلى الأعلى بينما تهبط البلازما الأكثر برودة، مما يسرّع نقل الطاقة. وأخيرًا، تصل الطاقة إلى الغلاف الضوئي، وهو الطبقة الخارجية المرئية التي يخرج منها الضوء إلى الفضاء، ليصل إلى الأرض في حوالي 8 دقائق.

تلعب نظرية أينشتاين لتكافؤ الكتلة والطاقة دورًا أساسيًا في تفسير إنتاج الطاقة في الشمس، حيث تشرح معادلته الشهيرة E=mc2 كيف تتحوّل كمية ضئيلة من الكتلة الناتجة عن اندماج الهيدروجين إلى كمية هائلة من الطاقة، مما يُحافظ على إشعاع الشمس واستمراريتها لمليارات السنين. هذه العملية النووية المستمرة هي التي تمد الشمس بالطاقة اللازمة لإضاءة وتسخين النظام الشمسي بأكمله.

مصدر للطيف الكهرومغناطيسي

تُصدر الشمس كميات هائلة من الطاقة عبر الطيف الكهرومغناطيسي، مما يجعلها مصدرنا الرئيسي للإضاءة والحرارة. ومع ذلك، فإن الضوء المرئي الذي نراه بأعيننا لا يُمثل سوى جزءا ضئيلا من الإشعاع الشمسي. كان تحليل طيف الشمس ضروريًا لفهم تركيبها ودرجة حرارتها وسلوكها، حيث يتكون ضوء الشمس من موجات كهرومغناطيسية مختلفة، تصنف حسب أطوالها الموجية. تنشأ أشعة جاما والأشعة السينية من قلب الشمس لكنها تُمتص في الغلاف الجوي للأرض، مما يستلزم دراستها باستخدام التلسكوبات الفضائية. أما الأشعة فوق البنفسجية، فتلعب دورًا في الكيمياء الجوية ويتم امتصاص معظمها بواسطة طبقة الأوزون، لكنها قد تسبب حروق الشمس. الضوء المرئي هو الجزء الذي تدركه أعيننا، ويتراوح بين البنفسجي والأحمر. أما الأشعة تحت الحمراء، فنشعر بها على شكل حرارة وهي أساسية في تدفئة الأرض، بينما تُستخدم الموجات الراديوية في دراسة النشاط المغناطيسي للشمس من خلال الرصد الشمسي.

خطوط فراونهوفر.. البصمة الطيفية للشمس

في عام 1814، اكتشف الفيزيائي الألماني جوزيف فون فراونهوفر خطوطًا داكنة في طيف الشمس تُعرف اليوم باسم خطوط فراونهوفر. تتشكل هذه الخطوط عندما تمتص عناصر معينة في الغلاف الجوي الشمسي أطوالًا موجية محددة من الضوء، مما أتاح للعلماء تحديد التركيب الكيميائي للشمس بدقة. يُعد خط H- ألفا للهيدروجين من أبرز الخطوط الطيفية، بينما يُعتبر الهيليوم العنصر الوحيد الذي اكتُشف في طيف الشمس قبل العثور عليه على الأرض. كما تساهم عناصر أخرى مثل الأكسجين، الكربون، الحديد، والكالسيوم في البصمة الطيفية للشمس، ما جعل التحليل الطيفي أداة أساسية في دراسة تكوين النجوم وفهم العمليات الفيزيائية التي تحدث في داخلها.

ماذا يخبرنا ضوء الشمس عن الشمس؟

يتيح تحليل طيف الشمس للعلماء استنتاج العديد من المعلومات المهمة حول طبيعتها وسلوكها. يمكن تحديد درجة حرارة السطح من خلال شدة إشعاع الغلاف الضوئي، والذي تبلغ حرارته حوالي 5500 درجة مئوية. كما تكشف التغيرات في الخطوط الطيفية عن النشاط المغناطيسي للشمس، مثل البقع الشمسية والانفجارات الشمسية. بالإضافة إلى ذلك، توفر تحولات دوبلر في الطيف أدلة على حركة أجزاء مختلفة من الشمس، مما يساعد في معرفة ما إذا كانت مناطق معينة تتحرك نحونا أو تبتعد عنا، مما يعزز فهمنا لديناميكيات الشمس وتأثيراتها على الأرض.

الطاقة الشمسية

المصدر الأساسي لكهرباء المستقبل

الطاقة، الماء والغذاء، ثلاثة عناصر أساسية لاستمرار الحياة فوق كوكب الأرض واستحوذت على اهتمام الدول، حيث تزايد عدد البحوث المنشورة بخصوص ترابط هذه العناصر بصفة أسية منذ سنة 2015.
مشكلة المياه ليست في شحها، فالبحار والمحيطات تغطي 71 % من سطح الأرض، لكنها غير صالحة للشرب ولا للزراعة بسبب ملوحتها. هناك تقنيات مختلفة لتحلية المياه لكنها شرهة للطاقة. تستهلك تقنية التناضح العكسي من 3 الى 5 كيلوواط ساعة (kWh) لتحلية المتر المكعب الواحد، أما التحلية الحرارية فتستهلك من 10 إلي 16 كيلوواط ساعة لكل متر مكعب.
أما الطاقة فهي كذلك متوفرة في أشكال مختلفة. فالشمس على سبيل المثال ترسل لنا في الساعة الواحدة ما يكفي لاستهلاك سكان الأرض جميعا سنة كاملة! وبالنسبة للجزائر فنحن نحضى بما يقارب 2000 ساعة من سطوع الشمس في السماء سنويا تمدنا الشمس خلالها بطاقة قيمتها 5 مليون تيرا واط ساعة (TWH)، بينما تقدر الطاقة الكهربائية التي استهلكناها سنة 2023 بـ 80 تيرا واط ساعة (TWH) فقط! يعني ذلك أن الطاقة التي تسقط علينا من السماء خلال دقيقتين من وجود الشمس في السماء تكفي لسد حاجتنا السنوية للكهرباء!
المشكلة إذن ليست في شح الطاقة وإنما تكمن في حاجتنا إلى تحويل الطاقة الشمسية إلى كهرباء حتى نتمكن من استخدامها في التطبيقات المختلفة. هذا أصبح ممكنا منذ اختراع الخلية الشمسية سنة 1954 لكن تكلفة العملية ظلت عالية جدا حتى مطلع هذا القرن مقارنة باستخدام المصادر الأحفورية للطاقة كما يحدث في محطات الغاز لتوليد الكهرباء.

الأشكال المختلفة للطاقة

يُعرّف الفيزيائيون مفهوم الطاقة بقدرة نظام على القيام بشغل أو إحداث تغيير أو نقل الحرارة. قد يبدو التعريف مبهما لأنه لا يتحدث عن طبيعة الطاقة وإنما عن أثرها وتجلياتها في ما نشاهد حولنا من مظاهر. لكننا جميعا نعرف أن لها أشكالا مختلفة قد تكون كيميائية مخزنة في الروابط بين ذرات المواد المختلفة مثل الغاز والبترول، وقد تكون نووية مخزنة بين مكونات نوى الذرات، أو كهربائية تحملها شحن تتنقل بحرية في المواد الموصلة مثل أسلاك النحاس، أو ميكانيكية تحملها جزيئات متحركة في وسط مادي مثل الرياح وأمواج البحر. إلى جانب هذه الأشكال الطاقوية، هناك طاقة كهرومغناطيسية مثل ضوء الشمس الذي ينتقل من مكان إلى مكان دون حاجة إلى وسط مادي يحمله.
نعلم منذ القرن التاسع عشر بفضل أبحاث عدد من العلماء مثل جول وهلموتز وكارنو، أن الطاقة محفوظة ولا يمكن أن تنتج من عدم وهو ما يعرف بقانون حفظ الطاقة. لكن يمكننا أن نحولها من شكل إلى آخر.

الطاقة الشمسية.. من نواة الشمس إلى سطح الأرض

الطاقة الضوئية التي ترسلها الشمس مثلا، هي في الحقيقة ناتجة عن تفاعل بين نوى ذرات الهيدروجين في نواة الشمس نتيجة الضغط العالي ودرجة حرارة تقدر بـ 15 مليون درجة مئوية. ينتج عن التفاعل النووي اندماج لنوى ذرات الهيدروجين وإنتاج لذرات الهيليوم وانبعاث طاقة كهرومغناطيسية عالية. تقطع هذه الطاقة المسافة بين نواة الشمس وسطحها خلال آلاف السنين وتفلت منها في شكل ضوء يصل إلى سطح الأرض بعد ثماني دقائق تقريبا. يعني ذلك أنه يمكن اعتبار الشمس مفاعلا نوويا ضخما يحول الطاقة النووية إلى طاقة ضوئية تمد الأرض بكمية الطاقة التي تجعلها صالحة للحياة.
يمتص الغلاف الجوي حوالي 20% مما يستقبل من طاقة شمسية ويعكس 30% تقريبا، فينتشر في الفضاء. أما النصف المتبقي فيخترق الغلاف الجوي ويصل إلى سطح الأرض فيتحول معظمه (75%) إلى حرارة تنتشر في طبقات الأرض والجو المحيط بها، وتمتص مياه البحار ما يزيد عن 23% فتتكون السحب. أما القليل المتبقي (2%) فتمتصه الأشجار والنباتات وتحوله إلى مواد كيميائية مختلفة تساعدها على النمو وزيادة كتلتها الحيوية من خلال عملية التمثيل الضوئي. يتبين لنا من هذا العرض المبسط أن الشمس هي المصدر الأساسي للطاقة المتواجدة في الأرض على اختلاف أشكالها.

الطاقة الأحفورية و إنتاج الكهرباء من الغاز

تم اكتشاف أول بئر للنفط في بنسلفانيا بالولايات المتحدة الأمريكية في منتصف

عميد كلية العلوم بجامعة الشارقة

أ. د. نوار ثابت

البروفيسور نوار ثابت هو باحث في الفيزياء الصلبة والطاقة الشمسية، حصل على شهادة الدراسات المعمقة في الفيزياء الصلبة من جامعة منتوري قسنطينة بالجزائر سنة 1977، ثم انتقل إلى فرنسا للحصول على الدكتوراه في علوم المواد من جامعة باريس - ساكلي بأورساي، حيث أجرى بحوثاً حول الخواص الكهربائية للجرمانيوم متعدد البلورات. شغل مناصب عديدة منها مدير جامعة قسنطينة ورئيس الباحثين في معهد قطر لبحوث البيئة والطاقة (QEERI) وهو حاليا عميد كلية العلوم بجامعة الشارقة.
تكمن مجالات خبرته في الخلايا الشمسية المصنعة من السيليكون والبيروفسكايت، والعيوب في أشباه الموصلات والأكاسيد، والأفلام الرقيقة، والمواد النانوية، ومختلف الطيفيات. للبروفيسور ثابت عدة براءات اختراع، منها أساليب تحلل الكبريت العميق، وتحضير النانو جسيمات والحلقات النانوية الفضية، وأنظمة الطاقة الكهروضوئية والخلايا الشمسية الهجينة، كما تحصل على عدة جوائز دولية مرموقة نظير أبحاثه.

Dr. Nouar Tabet

Pr. Nouar Tabet is a distinguished scientist specializing in solid-state physics and solar energy. He earned his Advanced Studies Diploma in Solid-State Physics from the University of Constantine, Algeria, in 1977. Subsequently, he pursued his doctoral studies in Material Sciences at the University of Paris-Saclay - Orsay, France.

Pr. Tabet has held several prominent positions, including President of the University of Mentouri Constantine, Principal Investigator at the Qatar Environment and Energy Research Institute (QEERI), and he currently serves as the Dean of the College of Sciences at the University of Sharjah.

He holds many patents in Solar Energy Physics. He has also received several prestigious international awards in recognition of his groundbreaking research contributions.

القرن التاسع عشر، لكن النفط كان مستخدما في بلاد ما بين النهرين لأغراض مختلفة منذ 6000 سنة قبل الميلاد. وكان الصينيون يستخدمون النفط الخام والغاز الطبيعي للإضاءة والتدفئة منذ منتصف القرن الرابع بعد الميلاد.

أحدثَ اكتشاف البترول والغاز تطورات جمة في جميع المجالات مثل النقل وصناعة السيارات والسفن والطائرات وتطور الصناعات البتروكيماوية التي أنتجت مواد جديدة مثل البلاستيك ومشتقات تستخدم في الأدوية والمزلقات وغير ذلك من التطبيقات

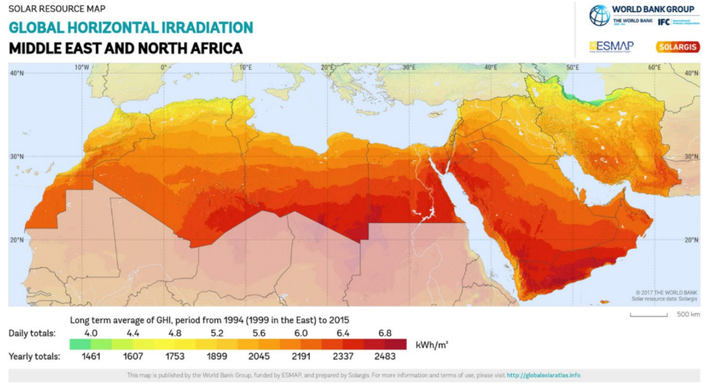
ظهرت أول محطة لتوليد الكهرباء تعمل بالغاز بنيوكاسل في الولايات المتحدة الأمريكية سنة 1901، حيث كانت تعتمد على مولد توربيني يعمل بالغاز. بدأت التجارب المبكرة على محركات الغاز في أواخر سبعينيات القرن التاسع عشر. ثم حدثت تطورات سريعة في تقنيات توربينات الغاز والبخار أواخر القرن التاسع عشر وفي أوائل القرن العشرين أصبح توليد الكهرباء بالغاز أكثر انتشارا. وتم الانتقال من توليد الكهرباء باستخدام الفحم إلى الغاز الطبيعي الذي يعد مصدرًا رئيسيًا للطاقة الكهربائية إلى يومنا هذا. 20% من الطاقة الكهربائية في العالم تنتج باستخدام محطات الغاز. (يبيّن الشكل 1 صورة لمحطة عين أرناط في سطيف بقدرة إنتاجية تزيد عن ألف ميجاواط أي مليون كيلوواط)

الشكل 1: محطة عين أرناط بقدرة إنتاجية تزيد عن ألف ميجاواط (مليون كيلوواط)

الخلية الشمسية: إنتاج الكهرباء من ضوء الشمس

في سنة 1954 تم تطوير أول خلية شمسية في مختبرات «بل لاب» الأمريكية، مصنعة من مادة السيليكون (Si) التي تستخرج من الرمل. كتبت حينها صحيفة نيويورك تايمز مقالاً بعنوان» استغلال طاقة الشمس الهائلة بواسطة بطارية تستخدم مكونًا رمليا». تم استخدام مصطلح «بطارية» قصد التبسيط من خلال مقارنتها بشيء مألوف في ذلك الوقت لكن الحقيقة غير ذلك تماما. فالبطارية الكيميائية التقليدية تخزن الطاقة التي تشحن بها فحسب، ويمكن استرجاعها متى نحتاجها. أما الخلية فهي تحول الطاقة الشمسية مباشرة إلى طاقة كهربائية، حيث تمتص الضوء الذي يحرر شحنات كهربائية داخل مادة الخلية فينتج عن ذلك تيار كهربائي. كانت الخلية الشمسية اختراعا مهما، لكن تطوير التكنولوجيا واستخدامها على نطاق واسع لإنتاج الكهرباء استغرق قرنا من الزمن بسبب ارتفاع تكلفتها

نستعرض في ما يلي العوامل التي سمحت بتقليص هذه التكلفة لتصبح الشمس المصدر الأقل تكلفة لإنتاج الكهرباء في الدول المتواجدة ضمن ما يسمى بالحزام الشمسي الذي يشمل العالم العربي من المحيط إلى الخليج. أقل تكلفة من الكهرباء المنتجة في محطات الغاز والمحطات النووية. السبب هو غزارة الطاقة الشمسية التي تسقط على الأرض في هذه المنطقة من العالم حيث تقارب 7 كيلو واط ساعة في المتر المربع (7KWh/m2) (الشكل 2)



الشكل 2: كثافة الطاقة الشمسية في منطقة الحزام الشمسي تزيد عن 6 كيلوواط ساعة في المتر المربع يوميا.

تكنولوجيات تحويل الطاقة الشمسية إلى كهرباء

هناك تكنولوجيتان رئيسيتان لتحويل ضوء الشمس إلى كهرباء، وهما التكنولوجيا الكهروضوئية (Photovolaics-PV) التي تستخدم الخلايا والألواح الشمسية، وتكنولوجيا القدرة الشمسية المركزة (Concentrated Solar Power -CSP) التي تُحول ضوء الشمس إلى حرارة تستخدَم لإنتاج كهرباء بواسطة توربينات

تُحوّل التكنولوجيا الكهروضوئية جزءا من ضوء الشمس مباشرة إلى كهرباء بواسطة الخلايا التي تتضمنها الألواح الشمسية لكن بعض الأشعة تنعكس على سطح الخلايا فتضيع في الهواء بدل أن تمتص وتولد تيارا كهربائيا، وحوالي الثلث من الضوء الممتص يولد حرارة مضرة بدل تحرير شحنات كهربائية تزيد في كمية الطاقة الكهربائية المنتجة! بالإضافة إلى ذلك هناك عوامل أخرى تحول دون تحويل كل الطاقة الشمسية التي تستقبلها الخلية إلى كهرباء لا يتسع المجال لعرضها هنا كفاءة أو مردود الخلية هو تحديدا نسبة الطاقة المحولة إلى الطاقة الساقطة على الخلية. مردود أول خلية سيليكونية المصنعة سنة 1954 في مختبر «بيل لاب» لم يتجاوز 6%. أما اليوم فقد بلغ مردود أحسن خلية مصنعة في مختبر بحوث 27.3% أنجزته الشركة الصينية لونجي سنة 2024. أما الألواح التجارية فالرقم القياسي لمردودها بلغ 25.4% وحققته نفس الشركة الصينية. تم هذا الإنجاز بفضل جهود مئات الآلاف من الباحثين استمرت عبر أكثر من نصف قرن من الزمن ولا زالت متواصلة. المردود النظري الأقصى لخلية السيليكون هو 30 % تقريباً. يعني ذلك أن الرقم القياسي الحالي يقل بنسبة 2.7% عن المستحيل!

الحديث عن الخلية مهم لأن كفاءتها تؤثر بصفة كبيرة على تكلفة الطاقة الكهربائية التي تنتجها. تتقلص التكلفة بتزايد كفاء الخلية. وهذا ما يفسر وجود سباق حميم بين مختبرات البحوث في الجامعات والشركات من أجل تصميم خلايا وألواح ذات كفاءة عالية لكن كفاءة الخلية ليست العامل الوحيد الذي يحدد تكلفة الكهرباء الشمسية. علينا أن ننظر في ما يسمى بسلسلة قيمة السيليكون (Silicon value chain) أي في كل مراحل الصناعة الكهروضوئية من استخراج مادة السيليكون من الرمل وتنقيته من الشوائب إلى صناعة الرقائق والخلايا وأخيرا الألواح! هي في الحقيقة سلسلة من المصانع المختلفة لا يمكن التعرض لتفاصيلها. ما يهمنا هنا هو الإشارة إلى العوامل التي أدت إلى تقليص تكلفة الطاقة الكهروضوئية منذ بداية هذا القرن. يمكن تلخيص الأسباب الرئيسية في ما يلي:

1. تحسين كفاءة الخلايا الشمسية بفضل البحث العلمي: تم تطوير تصاميم جديدة وتصنيع خلايا ثنائية الوجه تلتقط الضوء الذي يسقط عليها من السماء وكذلك المنعكس على سطح الأرض. مكن هذا التصميم بزيادة أكثر من 15% من الطاقة الإنتاجية للألواح الشمسية.
2. اقتصادات الحجم (Economies of scale): تزايد الإنتاج العالمي للطاقة الكهروضوئية من 1.5 جيجاوات سنة (2000) إلى أكثر من 1500 جيجاوات سنة 2024، أي تضاعف 1000 مرة! كانت الصين تستورد الخلايا من تايوان في بداية هذا القرن وتقوم بتجميعها لصنع الألواح! ثم قررت أن تطور صناعة وطنية تشمل كل سلسلة قيمة السيليكون. أما الوضع في سنة 2024 فإنه يختلف جذريا! حيث أصبحت الصين تهيمن على صناعة الطاقة الشمسية والإنتاج العالمي للألواح الشمسية، بحصة سوقية ساحقة. كما تبينه الأرقام التالية:
   - إنتاج البوليسيليكون التي تمثل المادة الخام الرئيسية لصنع الألواح الشمسية: بلغت حصة الصين: 80-85% من الإنتاج العالمي.
   - إنتاج رقائق السيليكون : تقدر حصة الصين بـ 97-98% من الإمدادات العالمية.
   - تصنيع الخلايا الشمسية والوحدات الجاهزة: تنتج الصين 80-85% من الإنتاج العالمي.
   - اقتصادات الحجم: شيدت بعض الشركات الصينية مصانع ضخمة كما فعلت على سبيل المثال شركة لونجي التي تتجاوز قدرتها الإنتاجية لرقائق السيليكون 100 جيجاواط.

انخفض سعر البوليسيليكون المستخدم لصنع الرقائق والخلايا من 400 دولار للكيلوجرام سنة 2008 إلى 10 دولار (يتراوح بين 7 و12) سنة 2024!

زرت مصنعا لتصنيع الخلايا الشمسية بالقرب من مدينة نيودلهي بالهند سنة 2012 فأخبرني حينها مدير المصنع أنهم قرروا التحول من صناعة الخلايا إلى صناعة الأقراص المضغوطة لأن «الصينيين قتلوا جميع منافسيهم!».

وخلال عملي بمؤسسة قطر بين 2013 و 2019، كنا على تواصل مع المشرفين على مشروع لإنتاج مادة البوليسيليكون باستخدام عملية سيمنز (Siemens process) من خلال مشروع مشترك بين قطر لتقنيات الطاقة الشمسية (QSTec) وسولار وورلد إيه جي (Solar World AG)(ألمانيا). يقدر إجمالي الاستثمار في المشروع بما يزيد عن 1.3 مليار دولار أمريكي. كانت تكلفة الكيلوجرام المنتج في المصنع تقدر بـ 120 دولارا! لكن الإنتاج الصيني المفرط أدى إلى انهيار أسعار البوليسيليكون عالمياً من 400 دولار/كجم عام 2008 إلى 15-20 دولار/كجم بحلول 2014 فتوقف المشروع بينما كانت التجارب جارية للبدء في الإنتاج!

الأهم بالنسبة للمستهلك هي تكلفة الطاقة الكهربائية التي تصل الى منزله. هذه الكلفة تقلصت 10 مرات خلال العقد الأخير. أكبر مشروع للطاقة الشمسية في العالم يقع في دبي، وسوف تبلغ قدرته الإنتاجية 5000 ميجاواط (أي 5 جيجا واط) حين يكتمل إنجاز المجمع سنة 2030. في سنة 2021، سجلت المملكة العربية السعودية رقماً قياسياً عالمياً لأقل سعر للكهرباء المنتجة من الطاقة الشمسية، عبر مشروع «سكاكا للطاقة الشمسية» في منطقة الجوف حيث بلغ 0.0104 دولار (أي 1.04 سنت) للكيلوواط ساعة.

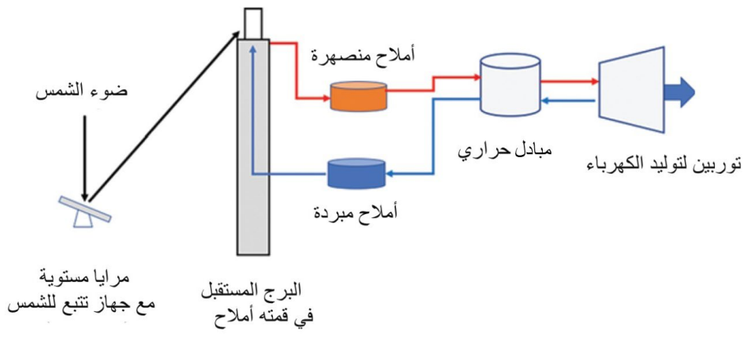
يمكن مقارنة هذا السعر بسعر الكهرباء السكنية في المملكة العربية السعودية خلال سنة 2024 حيث كان سعر الشريحة الأولى، وهو أقل سعر يدفعه المستهلك، 0.048 دولار أمريكي للكيلو واط ساعة. يعني ذلك أن الكهرباء المنتجة في محطات الغاز تزيد عن أربعة أضعاف تكلفة الكهرباء المنتجة في المحطات الشمسية.

أما في الدول الأخرى فقد تبلغ تكلفة الكهرباء المنتجة في محطات الغاز 0.13 دولار/كيلوواط ساعة، ما يعادل 10 أضعاف تكلفة الكهرباء المنتجة في المحطة الشمسية بمنطقة الجوف السعودية. كذلك الحال في الجزائر حيث أكد وزير الطاقة في فبراير 2021 أن تكلفة إنتاج الكهرباء في محطات الغاز تزيد عن 16 دينارا أي ما يعادل 0.11 دولار.

يبقى أن نشير إلى أن التكلفة التي نتحدث عنها لا تشمل تكاليف نقل الطاقة من المحطة إلى مكان استهلاكها. زيادة على أن التغيرات اليومية للأحوال الجوية تُمثل تحديا تكنولوجيا كبيرا لما لها من آثار سلبية على استقرار الشبكة الكهربائية. كما أن غياب الشمس في الليل يتطلب تخزين جزء من الطاقة المنتجة من أجل ضمان استقرار الشبكة الكهربائية في النهار أو استخدامها في الليل. فالتكلفة التي تحدثنا عنها أعلاه لا تشمل إضافة بطاريات للتخزين.

وتختلف تكلفة الطاقة الكهروضوئية من دولة إلى أخرى للأسباب التالية:

- اختلاف كثافة الطاقة الشمسية التي تسقط سنويا في المتر المربع.
- الأحوال الجوية وخاصة الحرارة العالية التي تضعف مردود الألواح وتسرع من تدهورها بمرور الزمن. كذلك تراكم الغبار على الألواح بما يستوجب تنظيفها دوريا. تقدير المستثمرين لمخاطر الاستثمار لأسباب جيوسياسية.
- طبيعة العقود بين الشركات المستثمرة والحكومات.



الشكل 4: رسم تخطيطي لمحطة للطاقة المركزة

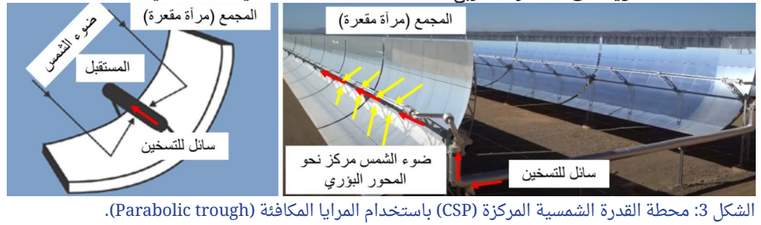
الطاقة الشمسية المركزة

تعتمد تكنولوجيا القدرة الشمسية المركزة (CSP) على تركيز ضوء الشمس باستخدام أنواع مختلفة من المرايا منها المكافئة (Parabolic trough)، والمستوية، أو عواكس صحنية .

في حالة المرايا المكافئة، يتم تسخين سائل (زيت أو ماء) بواسطة الضوء المركز الذي يضخ عبر أنبوب موضوع في الخط البؤري للعاكس (الشكل 3). يتم تسخين الزيت إلى حوالي 400 درجة مئوية واستخدامه لإنتاج بخار عالي الضغط عبر مبادل حراري ثم يقوم البخار بتدوير توربين لتوليد الكهرباء. تُثبّت المرايا المكافئة على أنظمة تتبع لتعزيز الكفاءة الحرارية.

أما في محطات الطاقة الشمسية المركزة ذات الأبراج، فتُستخدم المرايا المستوية المزودة بأنظمة تتبع (هيليوستات) (Heliostat) لتركيز ضوء الشمس نحو أعلى برج يتوسط حقل المرايا (الشكل 4-5).

يتم تسخين خليط من الأملاح، مثل نترات الصوديوم ونترات البوتاسيوم، إلى حوالي 565 درجة مئوية، ثم يتدفق الملح المنصهر من أعلى البرج إلى خزان أو يُوجه مباشرة إلى مبادل حراري لإنتاج البخار وتوليد الكهرباء عبر توربين. أما الملح المبرد الذي يخرج من المبادل الحراري عند حوالي 260 درجة مئوية



الشكل 3: محطة القدرة الشمسية المركزة (CSP) باستخدام المرايا المكافئة (Parabolic trough).

الشكل 5: محطة صينية بمدينة دونهانج تبيّن برجا محاطا بمرايا مستوية مزودة بأنظمة تتبع (هيليو ستات)

فيتم تخزينه في خزان ثانٍ أو إعادة تدويره إلى البرج ليتم تسخينه مرة أخرى.

الميزة الأساسية للطاقة الشمسية المركزة تكمن في إمكانية تحويل الطاقة الشمسية إلى حرارة تخزّن لتوليد الكهرباء في غياب الشمس! لكن كفاءة تكنولوجيا (CSP) تبقى محدودة بسبب عدم قدرتها على استغلال الضوء المنتشر، حيث تتعقب فقط الضوء المباشر باستمرار ولا يمكنها تركيز الضوء الذي يصلها من اتجاهات مختلفة. تكون هذه التكنولوجيا أكثر جدوى في المناطق ذات إشعاع شمسي مباشر عالٍ يتجاوز 2000 كيلوواط ساعة/م² سنوياً.

التحدي الثاني الرئيسي الذي يواجه الانتشار الواسع لتكنولوجيا القدرة الشمسية المركزة هو ارتفاع تكلفة الطاقة الكهربائية المنتجة (LCOE) مقارنة بالطاقة الكهروضوئية ومصادر الطاقة الأخرى، وهو أحد الأسباب التي أدت إلى فشل المشروع الألماني ديزيرتيك الذي نتحدث عنه في ما يلي.

مشروع ديزيرتيك

ظهر المشروع الألماني ديزيرتيك (Desertec) عام 2009، وكان الهدف منه إنشاء شبكة من محطات للطاقة الشمسية المركزة (CSP) وبعض الألواح الكهروضوئية (PV) في شمال إفريقيا والشرق الأوسط لتوفير 15-20% من احتياجات أوروبا من الكهرباء عبر خطوط نقل تيار مستمر عالي الجهد. لكن المبادرة انهارت سنة 2014 بسبب عوامل عديدة منها ما هو جيوسياسي حيث كانت هناك مخاوف كبيرة لدى الدول الأوروبية التي ترددت في دعم مشروع كبير على غير أراضيها!

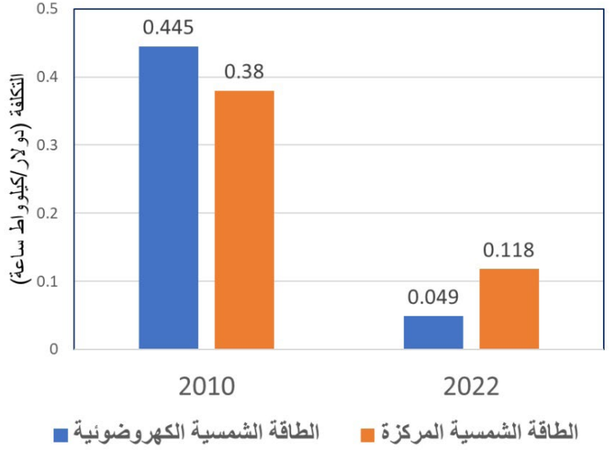
بالإضافة إلى ذلك كانت الكلفة لإنشاء خطوط نقل عبر البحر المتوسط عالية جدا تصل إلى 400 مليار يورو. كما أن التنظيف الدوري للمرايا من الغبار المتراكم عليها ضروري لأنه يقلل بصفة معتبرة من الطاقة المنتجة. يستوجب ذلك استخدام كميات ضخمة من المياه تزيد كلفة الطاقة المنتجة. و زاد في متاعب المروجين للمشروع التقلص الكبير والسريع لتكلفة طاقة الرياح والطاقة الشمسية الكهروضوئية.

لهذه الأسباب وأخرى، أصبحت الطاقة الكهروضوئية وطاقة الرياح الخيار المهيمن في أوروبا بحلول عام 2010، مما قلل من الحاجة إلى استيراد الطاقة الشمسية من الصحراء وأدى إلى انسحاب الشركات الداعمة الكبرى والمستثمرين مثل سيمنز وبوش.

وتواصل التناقص الأسي لتكلفة الطاقة الكهروضوئية خلال العقد الأخير فتقلص بعشرة أضعاف حيث تغير من 0.445 دولار / كيلوواط ساعة سنة 2010 إلى 0.044 دولار/ كيلوواط ساعة سنة 2022 كما يبيّنه الشكل 6.

أما تكلفة الطاقة المركزة التي كانت مقاربة للطاقة الكهروضوئية بل أقل منها بقليل سنة 2010 (0.38 دولار للكيلوواط ساعة)، فقد بلغت 0.118 دولار للكيلوواط ساعة سنة 2022، لكن رغم تقلصها، أصبحت تُمثل تقريبا ثلاثة أضعاف تكلفة الطاقة الكهروضوئية.

رغم ذلك لا زالت هناك محطات لتكنولوجيا القدرة الشمسية المركزة تُدمج في المشاريع الكهروضوئية الكبرى، لأنها تمكن من تخزين الطاقة بتكلفة أقل من استخدام البطاريات. فمثلاً، أقل تكلفة في مشروع دبي الضخم (5 جيجا واط أي 5 مليون كيلوواط) الذي يتم إنجازه على مراحل، بلغت 0.017 دولار للكيلو واط ساعة سنة 2019، بينما محطة القدرة المركزة التي أنشئت في نفس الموقع بقدرة إنتاجية تبلغ 700 ميجاواط فهي تنتج طاقة كهربائية بتكلفة 0.07 دولار للكيلو واط ساعة أي أكثر من أربعة أضعاف تكلفة الطاقة الكهروضوئية.



المصدر IRENA/Agency/Publication/2023/Aug/IRENA_Renewable_power_generation_costs_in_2022.pdf

الشكل 6: تناقص تكلفة الطاقة الكهروضوئية والمركزة بين 2010 و 2022

ورغم التكلفة العالية، تظل محطات القدرة الشمسية المركزة (CSP) لحد الآن خيارا ممكنا لضمان استقلالية المحطات الشمسية بعد غروب الشمس أو في حال انخفاض إنتاج محطات (PV) بسبب الظروف الجوية الآنية، لأنها تُمكّن من تخزين الطاقة بكلفة أقل من تكلفة التخزين في البطاريات.

ولذلك يبدو إنشاء محطات هجينة (CSP-PV) بديلا جذابا لتصميم المحطات الشمسية الكبيرة. وقد تم إنشاء عدد من مثل هذه المحطات في مختلف مناطق العالم منها محطة شوهانغ للطاقة الشمسية المركزة بقدرة 10 ميجاوات في دونهوانغ في الصين، محطة ريدستون للطاقة الحرارية الشمسية في جنوب أفريقيا، ومحطة سيرو دومينادور في تشيلي، ومجمع دبي للطاقة الشمسية.

لقد أطلقت الجزائر السنة الماضية مشروعا مهما لإنشاء محطات شمسية كهروضوئية بقدرة إنتاجية تبلغ 2 جيجاواط (2000 ميجا واط). وهناك مبادرات فردية محدودة للإنشاء صناعة وطنية للطاقة الشمسية. نجاح التحول الطاقوي في البلاد يستوجب تشجيع هذه المبادرات بشتى الوسائل ومنها دعم البحث والتطوير في الجامعات ومراكز البحوث لأنه لا يمكن لصناعة وطنية ناشئة أن تتطور وتقوى على التنافس الدولي الشرس دون دعم حكومي سخي للبحث والتطوير. للجزائر تجربة وخبرة في مجال الطاقة الشمسية منذ الثمانينيات وقد تكون الجزائر هي الدولة الوحيدة في العالم العربي التي يتم فيها صنع الرقائق والخلايا الشمسية السيليكونية منذ عقود. هي تجربة يجب الاستفادة منها لتطوير صناعة كهروضوئية تمكن البلاد من تحقيق الانتقال الطاقوي المأمول.

الشمس
هل هي صديق أم عدو؟

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

الطبيعة الديناميكية للشمس

الشمس، نجمنا الذي يمنحنا الحياة، بعيدة كل البعد عن كونها جسماً سماوياً هادئاً وساكناً. فهي كرة من البلازما ديناميكية ومتغيرة باستمرار، تمر بعمليات فيزيائية معقدة. يُنتج هذا الجسم الضخم كميات هائلة من الطاقة من خلال عملية الاندماج النووي في قلبه. ومع ذلك، فإن إنتاج الطاقة ليس الجانب الوحيد اللافت للنظر في الشمس. فهي أيضًا تمر بدورات من النشاط تؤثر ليس فقط على كوكبنا، بل على النظام الشمسي بأكمله.

يتجلى هذا النشاط بعدة طرق، مثل التغيرات في عدد البقع الشمسية، والانفجارات المفاجئة للإشعاع المعروفة بالتوهجات الشمسية، والانبعاثات الكتلية الإكليلية (CMEs) التي تقذف كميات هائلة من المادة الشمسية إلى الفضاء. تُحرك هذه الظواهر الحقول المغناطيسية القوية للشمس، والتي تلتف وتتفاعل بطرق لا يزال العلماء يعملون على فهمها بشكل كامل. يتبع النشاط الشمسي نمطًا يُعرف بـ «الدورة الشمسية»، والتي تستمر حوالي 11 عامًا وتحدد فترات النشاط الشمسي المرتفع والمنخفض.

يعد فهم هذه الدورات والآليات الأساسية للنشاط الشمسي أمرًا بالغ الأهمية لتوقع الطقس الفضائي. إذ يمكن للعواصف الشمسية القوية أن تعطل الاتصالات عبر الأقمار الصناعية، وإشارات تحديد المواقع العالمية (GPS)، وحتى شبكات الطاقة الكهربائية على الأرض. بالإضافة إلى ذلك، فإن رواد الفضاء والمركبات الفضائية التي تعمل خارج الغلاف الجوي للأرض معرضون لمخاطر الإشعاع المتزايد خلال فترات النشاط الشمسي المرتفع. يساعدنا البحث في الشمس على تطوير نماذج تنبؤية أفضل واستراتيجيات للتخفيف من تأثيراتها، مما يضمن حماية عالمنا الذي يعتمد بشكل متزايد على التكنولوجيا.

من البقع الشمسية إلى العواصف الشمسية، يوفر كل جانب من جوانب النشاط الشمسي رؤى جديدة حول سلوك نجمنا. إن استكشاف هذه العمليات الديناميكية لا يعمق فهمنا للشمس فحسب، بل يكشف أيضًا عن آليات الفيزياء النجمية وتفاعلات الكواكب مع بيئاتها الفضائية.

ما هو النشاط الشمسي؟

يشير النشاط الشمسي إلى مجموعة متنوعة من الظواهر التي تحدث على سطح الشمس وفي غلافها الجوي، والتي تتحكم فيها الحقول المغناطيسية القوية التي يولدها النجم. تشمل هذه الظواهر البقع الشمسية، التوهجات الشمسية، الانبعاثات الكتلية الإكليلية (CMEs)، والرياح الشمسية. تتغير مستويات النشاط الشمسي بشكل دوري في دورات تستمر عادةً حوالي 11 عامًا، تُعرف باسم الدورة الشمسية.

تتميز الدورة الشمسية بمرحلتين رئيسيتين: الحد الأقصى الشمسي والحد الأدنى الشمسي. خلال الحد الأقصى الشمسي، يزداد عدد البقع الشمسية بشكل كبير، مما يؤدي

إلى نشاط مغناطيسي مكثف، يزيد من تواتر التوهجات الشمسية والانبعاثات الكتلية الإكليلية. تؤدي هذه الظواهر إلى اضطرابات في البيئة الفضائية المحيطة بالأرض، مما قد يؤثر على الأقمار الصناعية وأنظمة الاتصالات والملاحة.

أما خلال الحد الأدنى الشمسي، فينخفض عدد البقع الشمسية إلى أدنى مستوياته، وتصبح الشمس أكثر هدوءًا نسبيًا، مما يقلل من حدة الطقس الفضائي. ومع ذلك، فإن الرياح الشمسية لا تتوقف أبدًا، بل تستمر في التدفق عبر النظام الشمسي، حاملة معها جزيئات مشحونة تؤثر على الأغلفة المغناطيسية للكواكب.

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

لغز مغناطيسية الشمس

تنتج الشمس مجالًا مغناطيسيًا معقدًا وقويًا من خلال عملية تُعرف باسم الدينامو الشمسي. يحدث هذا الدينامو في أعماق الشمس، حيث تتحرك البلازما المشحونة كهربائيًا بطريقة تؤدي إلى توليد المجالات المغناطيسية. هذه العملية مسؤولة عن تقلبات المجال المغناطيسي، بما في ذلك انعكاس الأقطاب المغناطيسية الشمسية الذي يحدث مع كل دورة شمسية.

يتكون الدينامو الشمسي من طبقتين أساسيتين هما

المنطقة الإشعاعية، التي تمتد من قلب الشمس إلى منطقة الحمل الحراري، حيث يكون النقل الحراري بالإشعاع.

منطقة الحمل الحراري، التي تمتد إلى السطح، حيث تتحرك البلازما في أنماط دورانية تؤدي إلى تضخيم المجال المغناطيسي.

إن التدفق التفاضلي داخل الشمس، حيث تدور المناطق الاستوائية بسرعة أكبر من المناطق القطبية، يلعب دورًا رئيسيًا في توليد الدينامو المغناطيسي. عندما تتداخل الحقول المغناطيسية وتنحني، تتشكل التوهجات الشمسية والانبعاثات الكتلية الإكليلية، مما يؤدي إلى تأثيرات بعيدة المدى تمتد إلى الأرض والكواكب الأخرى.

لا يزال العلماء يحاولون فهم التفاصيل الدقيقة للدينامو الشمسي بالكامل، حيث يمثل هذا المفتاح الرئيسي للتنبؤ بالنشاط الشمسي. تعتمد النماذج الحديثة على بيانات المراصد الشمسية، مثل تلسكوب هينود الياباني، ومركبة باركر سولار بروب، التي تقترب من الشمس أكثر من أي مركبة أخرى لدراسة الحقول المغناطيسية والبلازما الشمسية بشكل غير مسبوق.

البقع الداكنة على الشمس

البقع الشمسية هي مناطق داكنة مؤقتة على سطح الشمس، تنشأ بسبب النشاط المغناطيسي المكثف الذي يمنع تدفق الحرارة من الطبقات الداخلية إلى السطح. ونتيجة لذلك، تكون هذه البقع أكثر برودة من المناطق المحيطة بها، على الرغم من أنها لا تزال شديدة السخونة مقارنة بأي نقطة على الأرض.

غالبًا ما ترتبط البقع الشمسية بظواهر شمسية عنيفة، مثل التوهجات الشمسية والانبعاثات الكتلية الإكليلية (CMEs)، حيث تنشأ هذه الأحداث نتيجة للحقول المغناطيسية القوية والمتشابكة في هذه المناطق. يكون عدد البقع الشمسية متغيرًا ويخضع لدورة النشاط الشمسي، حيث يصل إلى ذروته خلال الحد الأقصى الشمسي، عندما تكون الشمس أكثر نشاطًا مغناطيسيًا، وينخفض خلال الحد الأدنى الشمسي، عندما تصبح الشمس أكثر هدوءًا

البقع الشمسية ليست مجرد ظاهرة سطحية، بل تعتبر نافذة لفهم العمليات المغناطيسية المعقدة التي تحدث في باطن الشمس. من خلال دراسة هذه البقع، يمكن للعلماء التنبؤ بالتغيرات في النشاط الشمسي وتأثيراته على الأرض، مما يساعد في تطوير استراتيجيات لحماية التكنولوجيا الحديثة من العواصف الشمسية.

الانفجارات العنيفة على سطح الشمس

التوهجات الشمسية هي انفجارات مفاجئة وعنيفة للإشعاع تنبعث من سطح الشمس نتيجة لتراكم الطاقة المغناطيسية وتحريرها بشكل مفاجئ. تحدث هذه التوهجات غالبًا بالقرب من البقع الشمسية، حيث تتراكم الحقول المغناطيسية وتصل إلى نقطة حرجة، مما يؤدي إلى إطلاق كميات هائلة من الطاقة. تصل خلال دقائق إلى ساعات إلى الأرض وتستمر لفترات قصيرة.

يمكن أن تعادل الطاقة المنبعثة من التوهجات الشمسية ملايين القنابل النووية، مما يجعلها من أقوى الظواهر الكونية. تنتشر هذه الطاقة عبر الطيف الكهرومغناطيسي، من الأشعة السينية إلى الموجات الراديوية، ويمكن أن تؤثر بشكل مباشر على الغلاف الجوي للأرض.

الانبعاثات الكتلية الإكليلية

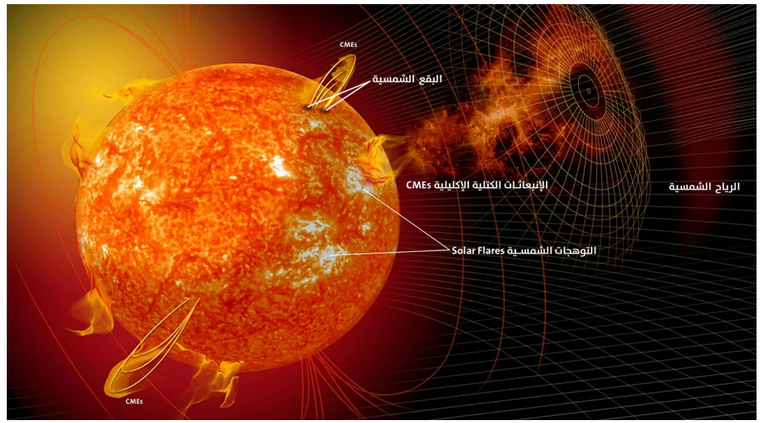
الانبعاثات الكتلية الإكليلية (CMEs) هي انفجارات ضخمة من البلازما والحقول المغناطيسية تُقذف من الإكليل الشمسي إلى الفضاء بسرعة تصل إلى ملايين الكيلومترات في الساعة. عندما تكون هذه الانبعاثات موجهة نحو الأرض، فقد تصل خلال يوم أو يومين، ويمكنها أن تتسبب في عواصف جيومغناطيسية، والتي قد تؤثر بشدة على تكنولوجيا الفضاء.

تتسبب العواصف الجيومغناطيسية الناتجة عن CMEs في اضطرابات في الأقمار الصناعية، مما يؤدي إلى انقطاع الاتصالات والتشويش على أنظمة تحديد المواقع العالمية (GPS). كما يمكن أن تؤثر على شبكات الطاقة الكهربائية، مما يؤدي في بعض الأحيان إلى انقطاع واسع النطاق للتيار الكهربائي، كما حدث خلال العاصفة الشمسية الكبرى عام 1989 التي تسببت في انقطاع الكهرباء في كندا. تتم مراقبة CMEs باستمرار من قبل وكالات الفضاء مثل مرصد الطاقة الشمسية الديناميكي (SDO) ومرصد سوهو (SOHO)، حيث يحاول العلماء التنبؤ بمدى تأثيرها واتخاذ التدابير اللازمة لحماية البنية التحتية الحيوية من آثارها المحتملة.

الرياح الشمسية

الرياح الشمسية هي تيار مستمر من الجسيمات المشحونة، مثل الإلكترونات والبروتونات، التي تنطلق من الغلاف الجوي الخارجي للشمس، والمعروف باسم الإكليل الشمسي. تتحرك هذه الجسيمات بسرعة عالية، تصل أحيانًا إلى 800 كيلومتر في الثانية، مما يجعلها تنتشر عبر الفضاء بين الكواكب، مؤثرة في بيئة النظام الشمسي بأكمله.

قد تصل الرياح الشمسية إلينا في بضع أيام وتستمر لفترات طويلة ولكن عندما تصل إلى الأرض فهي تصطدم بالغلاف المغناطيسي للأرض، والذي يشكل درعا يحمي كوكبنا



لوحة فنية توضح الفرق بين مختلف الظواهر الشمسية - NASA

من التأثير المباشر للجسيمات الشمسية. ومع ذلك، في بعض الأحيان، يمكن للرياح الشمسية القوية، خاصة خلال فترات النشاط الشمسي المرتفع، أن تتفاعل بقوة مع المجال المغناطيسي للأرض، مما يؤدي إلى ظواهر مثل العواصف الجيومغناطيسية.

إحدى الظواهر الأكثر روعة الناتجة عن تفاعل الرياح الشمسية مع الغلاف المغناطيسي للأرض هي الشفق القطبي، والذي يظهر في سماء المناطق القطبية الشمالية والجنوبية على شكل أضواء مبهرة تتراقص بألوان زاهية مثل الأخضر والأحمر والبنفسجي. يحدث الشفق عندما تصطدم الجسيمات المشحونة من الرياح الشمسية بجزيئات الغازات في الغلاف الجوي العلوي للأرض، مما يؤدي إلى إطلاق الطاقة على هيئة أضواء مرئية.

تمتد تأثيرات الرياح الشمسية إلى ما هو أبعد من الأرض، حيث تؤثر على أجواء الكواكب الأخرى، خصوصًا تلك التي تمتلك حقولًا مغناطيسية مثل المشتري وزحل. كما تلعب دورًا رئيسيًا في تشكيل الغلاف الشمسي، وهو المنطقة التي يهيمن فيها تأثير الشمس على الفضاء بين النجوم.

كيف تؤثر الشمس على الكواكب؟

تمتد تأثيرات الشمس إلى ما هو أبعد من سطحها، لتصل إلى أقاصي النظام الشمسي. فالرياح الشمسية والإشعاع الشمسي يتفاعلان مع الأغلفة الجوية للكواكب، ويمكن أن يؤدي هذا التفاعل إلى إزالة الغلاف الجوي على مدى فترات زمنية طويلة، مما يؤثر على تطور البيئات الكوكبية.

أحد الأمثلة الواضحة على ذلك هو كوكب المريخ، الذي فقد معظم غلافه الجوي عبر الزمن بسبب تعرضه المستمر للرياح الشمسية. نظراً لافتقاره إلى مجال مغناطيسي قوي مثل الأرض، لم يكن لدى المريخ درع يحميه من الجسيمات المشحونة القادمة من الشمس، مما أدى تدريجياً إلى تآكل غلافه الجوي وجعل سطحه أكثر عرضة للإشعاع الشمسي القاسي.

على النقيض من ذلك، فإن الأرض محمية بفضل مجالها المغناطيسي القوي، الذي يعمل كدرع ضد الرياح الشمسية. هذا الحقل المغناطيسي يحرّف مسار معظم الجسيمات المشحونة بعيدًا عن الغلاف الجوي، مما يساعد على الحفاظ على استقرار مناخ الكوكب ويمنع فقدان الغازات الحيوية مثل الأكسجين والنيتروجين.

تؤثر الشمس أيضًا على الكواكب الأخرى بطرق مختلفة. على سبيل المثال، يمتلك كوكب المشتري وزحل مجالات مغناطيسية قوية جدًا، تعمل على تشكيل أضواء الشفق القطبي العملاقة التي تمتد عبر أقطابهما. أما عطارد، فهو كوكب يفتقر إلى غلاف جوي كثيف، مما يجعله عرضة للتأثير المباشر للرياح الشمسية التي تؤدي إلى تجريد سطحه من الذرات والجزيئات بشكل مستمر.

إن فهم تأثيرات الغلاف الشمسي على الكواكب يساعد العلماء في دراسة كيفية تطور الأجواء الكوكبية، ليس فقط في نظامنا الشمسي، ولكن أيضًا في الأنظمة النجمية الأخرى، حيث يمكن أن تؤثر التفاعلات بين النجوم وكواكبها على إمكانية وجود حياة خارج الأرض.

الإكليل الشمسي.. لماذا هو أكثر حرارة من سطح الشمس؟

يعد الإكليل الشمسي، وهو الطبقة الخارجية من الغلاف الجوي للشمس، أحد أكبر الألغاز في الفيزياء الشمسية. فرغم أن سطح الشمس (المعروف باسم الفوتوسفير) تبلغ حرارته حوالي 5,500 درجة مئوية، فإن درجة حرارة الإكليل الشمسي تصل إلى ملايين الدرجات المئوية، وهو ما يتناقض مع المنطق الفيزيائي التقليدي، حيث يُفترض أن تنخفض درجة الحرارة كلما ابتعدنا عن مصدر الحرارة. يعتقد العلماء أن هذا التسخين الشديد يرجع إلى تفاعلات مغناطيسية معقدة داخل الشمس. هناك نظريتان رئيسيتان لتفسير هذه الظاهرة

تسخين الموجات المغناطيسية: تتسبب الحقول المغناطيسية القوية للشمس في توليد موجات تنتقل عبر البلازما الشمسية وتنقل طاقتها إلى الإكليل، مما يؤدي إلى تسخينه بشكل كبير.

إعادة الاتصال المغناطيسي: عندما تلتقي خطوط المجال المغناطيسي للشمس وتعيد ترتيب نفسها، يتم إطلاق كميات هائلة من الطاقة على شكل حرارة، مما يساهم في رفع درجة حرارة الإكليل.

لا تزال آلية التسخين الدقيق للإكليل الشمسي قيد البحث والدراسة. تسعى المراصد الشمسية مثل مسبار باركر الشمسي ومرصد الطاقة الشمسية الديناميكي (SDO) إلى جمع بيانات جديدة لفهم هذه الظاهرة الغامضة بشكل أفضل. إن التوصل إلى تفسير دقيق لكيفية تسخين الإكليل الشمسي قد يساعدنا على فهم العمليات الفيزيائية التي تحدث في النجوم الأخرى عبر الكون.

الشمس ومناخ الأرض

تعتبر الشمس المصدر الأساسي للطاقة التي تدعم مناخ الأرض، إذ تؤثر أشعتها وحرارتها بشكل مباشر على درجات الحرارة وأنماط الطقس على الكوكب. ومع ذلك، فإن التغيرات في النشاط الشمسي، مثل اختلاف عدد البقع الشمسية أو تغير شدة الإشعاع الشمسي، يمكن أن تلعب دورًا في التأثير على المناخ على مدى فترات زمنية طويلة.

على مدار العصور، أظهرت الدراسات أن هناك علاقة بين الدورات الشمسية وتغير المناخ التاريخي. على سبيل المثال، يُعتقد أن العصر الجليدي الصغير، الذي حدث بين القرنين الـ 17 والـ 19، كان مرتبطًا بانخفاض طويل الأمد في النشاط الشمسي خلال دورة ماوندر الدنيا (Maunder Minimum)، حيث كان هناك عدد قليل جدًا من البقع الشمسية، مما قد يكون قد ساهم في تبريد المناخ الأرضي.

ورغم أن الشمس تلعب دورًا في تغير المناخ عبر العصور الجيولوجية، فإن التغير المناخي الحديث يُعزى بشكل رئيسي إلى الأنشطة البشرية، مثل حرق الوقود الأحفوري، وإزالة الغابات، والانبعاثات الغازية التي تزيد من تأثير الاحتباس الحراري. أظهرت الدراسات أن التأثيرات البشرية على المناخ في العصر الصناعي تفوق بشكل كبير أي تأثيرات ناتجة عن التغيرات الطبيعية في النشاط الشمسي.

لكن دراسة الدورات الشمسية تظل ذات أهمية كبيرة، حيث تساعد العلماء على فهم كيفية تفاعل المناخ الأرضي مع التغيرات الفلكية. كما أن رصد النشاط الشمسي المستمر يساهم في تحسين التوقعات المناخية والتنبؤ بالتغيرات المستقبلية.

بفضل التكنولوجيا الحديثة، يمكننا تتبع النشاط الشمسي وتأثيراته على الغلاف الجوي للأرض بشكل أفضل من أي وقت مضى، مما يساعد في التمييز بين التأثيرات الشمسية والتأثيرات البشرية في تغير المناخ، ويوفر رؤى قيمة حول مستقبل المناخ على كوكبنا.

الاهتزازات الشمسية

موسيقى الشمس

بقلم د. نسيم سغواني

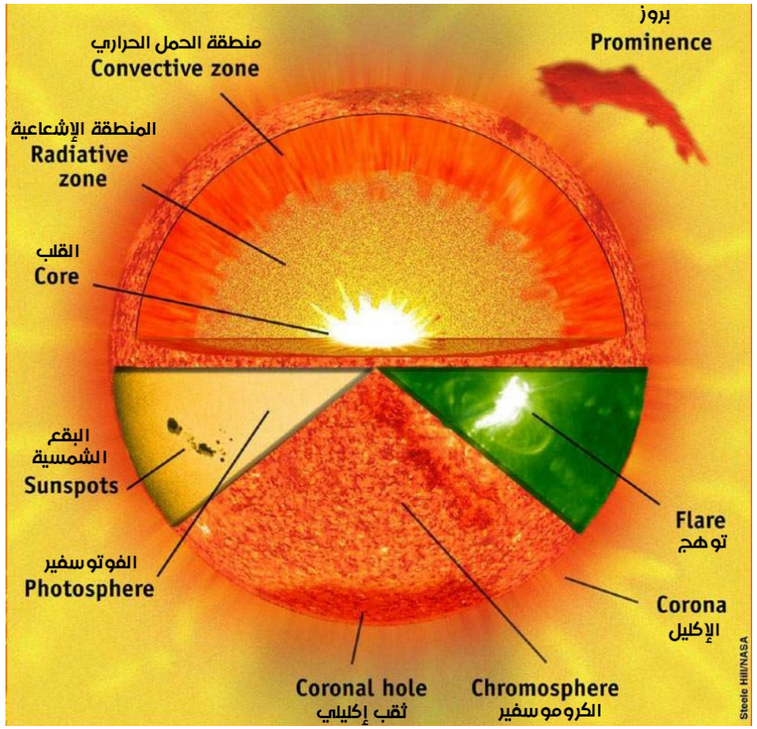
مركز البحث في علم الفلك والفيزياء الفلكية والجيوفيزياء

لطالما أثار نجمنا الشمس، اهتمام العلماء. تعود أولى الملاحظات للخصائص البنيوية على سطح الشمس إلى حوالي ثلاثة آلاف عام، حيث لاحظ الفلكيون الصينيون البقع الشمسية الشهيرة، والتي نعرف اليوم أنها تعبر عن النشاط الشمسي وتظهر على السطح المرئي للشمس، أي الطبقة الضوئية. بعد ذلك ومنذ نحو ألف عام، تم اكتشاف الغلاف الجوي الخارجي المذهل للشمس، والذي يمتد بعيداً فوق السطح المرئي، يمكن رؤيته أثناء الكسوف الكلي للشمس. أما باطن الشمس، فقد بدا في البداية بعيداً تماماً عن أي رصد أو قياس مباشر.

ومع ظهور علم التحليل الطيفي، بعد اكتشاف خطوط الامتصاص المعروفة بخطوط «فرونهوفر»، تغيّر الوضع تماماً، حيث أصبح من الممكن معرفة التركيب الكيميائي للشمس والنجوم، وكثافة هذه العناصر الكيميائية، وسرعات الدوران، وكذلك السرعات الشعاعية بفضل تأثير دوبلر.

في أوائل ستينيات القرن الماضي، حدث اكتشاف كبير آخر غيّر فهمنا للشمس. حيث كان عالمان في مرصد جبل ويلسون يراقبان بنية «قرص العسل» على سطح الشمس، والتي كانت في حالة «غليان» مستمر. بفضل تأثير دوبلر، لاحظا أن مناطق صغيرة على السطح الشمسي المرئي تهتز صعوداً وهبوطاً بشكل متكرر، وبفترة تكرار قدرها 5 دقائق. تم تأكيد هذه الملاحظات من قِبل باحثين آخرين وجدوا نفس الظاهرة في مناطق مختلفة من الشمس. في البداية، اعتقدوا أن هذه الاهتزازات ناتجة عن موجات ضغط في الغلاف الجوي الشمسي. لكن في نهاية الستينيات، اقترح باحثون آخرون أن السر لفهم هذه الاهتزازات يكمن داخل الشمس، وليس في غلافها الجوي.

فقد وُضِعت فرضية أن هناك موجات صوتية محاصَرة في الطبقات الخارجية للشمس، تصدر ترددات رنين تُلاحَظ على السطح، مما يجعل من الشمس آلة موسيقية عملاقة. وبالرغم من أن هذه «النغمات» غير مسموعة، إلا أنها تتجلى في اهتزازات دقيقة جداً في الغاز الشمسي نتيجة لضغط الموجات الصوتية



الشكل 1: الجزء الداخلي من الشمس وخصائص السطح والغلاف الجوي أعلاه. مرصد SOHO، ESA/ ناسا

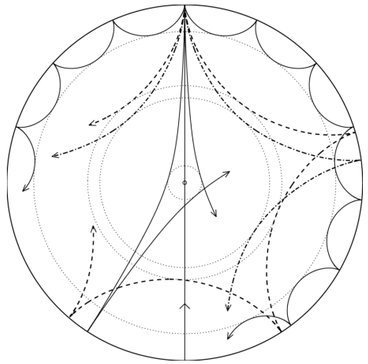
يمكن التنبؤ بأنماط الرنين هذه نظرياً، وعلى الرغم من الظن الأولي بأن هذه الموجات تؤثر فقط على الطبقات الخارجية، إلا أنه تبيّن لاحقاً أن الشمس بأكملها تهتز، وأن الموجات الصوتية تجتاز كل باطنها.

تم تطوير نماذج دقيقة تربط بين البنية الداخلية للشمس والموجات الاهتزازية التي تُرى على السطح (الصورة 2). وقد أدّى ذلك إلى ولادة علم جديد: الاهتزازات الشمسية (الهيلوزيزمولوجيا).

لقد أصبح ذلك ممكناً بفضل أدوات عديدة وُزّعت في شبكات على الأرض (مثل BiSON، GONG أو في الفضاء مثل GOLF و MDI على متن مركبة SOHO، وكذلك STEREO وHMI على مركبة SDO. قدّمت هذه الأدوات أطيافاً دقيقة تُظهر وجود ملايين الأنماط الاهتزازية التي تعبر داخل الشمس.

تتصرف الشمس كآلة موسيقية ضخمة، وتخبرنا هذه الاهتزازات بمعلومات دقيقة عن بنيتها الداخلية، تماماً كما يستخدم الجيوفيزيائيون الموجات الزلزالية الطبيعية أو الاصطناعية لدراسة باطن الأرض.

وهكذا يمكننا استخراج معلومات دقيقة عن درجة الحرارة، الضغط، الكثافة وغيرها، حسب نصف القطر، بالإضافة إلى سرعات الدوران والنشاط المغناطيسي، مما يسمح لنا بفهم الطبقات الداخلية للشمس، وتقديم تفسير لمشكلة نقص النيوترينوات (من خلال اكتشاف تحول النيوترينوات إلى أنواع غير قابلة للكشف بالأجهزة المستخدمة).

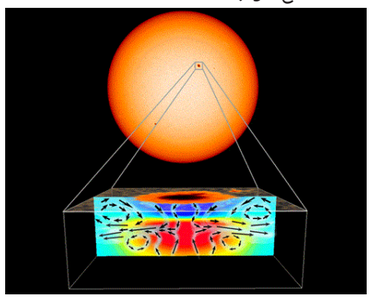


الشكل 2: مقطع عرضي للجزء الداخلي من الشمس، يُظهر عدة مسارات تتبعها موجات صوتية ذات أعداد موجية مختلفة، بما في ذلك بعض الموجات ذات الأعداد الموجية المنخفضة التي تخترق النواة (تم عرض أعمق اثنتين). ج كريستنسن دالسجارد.

كما تساعدنا الهيلوزيزمولوجيا على فهم ديناميكية نواة الشمس بشكل أفضل، وقياس دورانها الداخلي، والتعرف على تأثير ذلك على الظواهر الشمسية كالبقع والانفجارات الشمسية، ما يمكّن من التنبؤ بالدورات الشمسية وفهم الطقس الفضائي.

من المهم التمييز بين دراسة الشمس بشكل عام (الاهتزازات الشمسية العامة) ودراستها بشكل محلي (الاهتزازات الشمسية المحلية). وقد استفاد هذا الفرع الأخير من بيانات دقيقة جداً خلال السنوات الأخيرة بفضل البعثات الفضائية MDI/SOHO، HMI/SDO، وطوّر منهجيات خاصة به مثل تحليل «الزمن والمسافة»، وتحليل «مخطط الحلقات»، والتي تركز على مناطق محددة جداً من الشمس، كالنشاط تحت البقع الشمسية (الصورة 3) أو العمليات التي تسبق الانفجارات الشمسية. يساعدنا هذا على فهم التفاعل بين الحمل الحراري والمجالات المغناطيسية، والنشاط الشمسي على نطاق ضيق، وتحليل الانفجارات الشمسية بهدف التنبؤ بانبعاثات الكتلة الإكليلية (CME) أو العواصف الشمسية، من خلال دراسة منشئها المحلي وتطورها.

من خلال الاستماع إلى سمفونية الشمس، يكشف لنا هذا النجم عن أعمق أسراره، مما يمكّننا من فهمه بشكل أفضل، وكذلك فهم تفاعله مع كوكبنا.



الشكل 3: تغير سرعة الموجة وتدفق المواد تحت البقعة الشمسية. أ ج كوسوفيتشيف، فريق برنامج MDI، وكالة الفضاء الأوروبية/ناسا

على خطى القدامى

من آلهة الشمس إلى إعادة اكتشاف رصد البقع الشمسية

من إله، وفأل، ورمز في التنجيم، إلى مجال فيزيائي فلكي، أصبحت الشمس محور أبحاث متقدمة، وواحد من أكثر الأجرام دراسة في العلم الحديث.

بقلم كاتية بشكر

مخبر الفيزياء النظرية - جامعة بجاية

«الشمس هي اللغز الأساسي في الكون»، هويجن باركر. هذه العبارة التي صرّح بها أحد أبرز الروّاد المعاصرين للأبحاث حول الشمس، ليست مبالغة على الإطلاق، فهذا «النجم العادي» في بحر من النجوم، يُعدّ مختبرًا طبيعيًا لفهم سلوك النجوم، وديناميكيات البلازما، والعديد من الظواهر الفيزيائية الأخرى. وفوق كل ذلك، فهي تزوّد كوكبنا بالضوء والحرارة والطاقة، مما يجعل الحياة على الأرض ممكنة. اليوم، ومع اقترابنا من ذروة الدورة الشمسية الحالية رقم 25، تحظى النشاطات الشمسية باهتمام متجدد؛ ليس فقط في الأوساط العلمية التي تسعى إلى فهمها والتنبؤ بها، بل أيضًا في المجال العام، كما يتّضح من الاهتمام الواسع بمشاهدات الشفق القطبي الأخيرة حول العالم، والتي وصلت حتى إلى مناطق منخفضة العرض الجغرافي، مثل الجزائر. لكن هذا الاهتمام بالشمس ليس وليد العصر الحديث، فمنذ فجر الحضارات، كانت الشمس موضع افتتان وتقديس وتأمل في ثقافات عديدة، فالإله الشمسي كان مركزًا في أنظمة المعتقدات والأساطير لدى العديد من المجتمعات القديمة عبر التاريخ، ويمكننا أن نجد إشارات عديدة إلى الشمس في الفولكلور الشعبي تحت أسماء متعددة وصور رمزية متنوعة.

رع حوراختي وأمنتيت، إله الشمس وإلهة الغرب عند قدماء المصريين. من حجرة دفن نفرتاري.

آلهة الشمس القديمة حول العالم

كان رع (Ra) في مصر القديمة يُعد ملك الآلهة وخالق الكون، و رمزًا للسلطة الإلهية والخلود. وفي أواخر الإمبراطورية الرومانية، عُبد الإله سول إنفيكتوس (Sol Invictus)، الذي يُعتقد أنه مستوحى من الإله الفارسي ميثرا (Mithra) والإله السوري الجبل (Elagabal) الذي كان يُبجل في مدينة إميسا وهي مدينة في المقاطعة السورية ضمن الإمبراطورية الرومانية، تُعرف اليوم باسم حمص في سوريا، في تجلٍّ واضح للتداخل الثقافي والديني بين الحضارات.

في الجزيرة العربية، ظهرت شمس (Shams) كآلهة قوية للضوء والحرارة، بينما مثّلت أماتيراسو (Amaterasu) في اليابان، الإلهة السماوية الأسمى في ديانة الشينتو (Shinto)، وكانت تُعد مصدر النور والنظام الكوني. وفي الصين القديمة، برزت شيه (Xihe) كإلهة للشمس ومرافقة لعربتها النارية عبر السماء. أما حضارات الأزتك، فقد عبدت تواتيوه (Tonatiuh)، وإنتي (Inti) لدى الإنكا، وكينيش أهاو (Kinich Ahau) عند المايا، وكلهم ربطوا الشمس بالقوة والحرب والزراعة. في اليونان، كان هيليوس (Helios) يركب عربته عبر السماء يوميًا، يقابله أوتو (Utu) في الميثولوجيا السومرية.

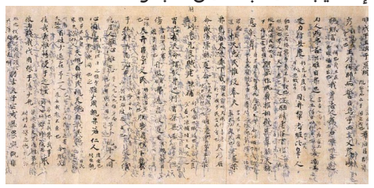
وفي إفريقيا الغربية، مثّل ليزا (Lisa) أحد أوجه الثنائية الكونية، مرتبطًا بالشمس والذكورة. كما ظهرت أسماء أخرى لإله الشمس في حضارات مختلفة، مثل آتون (Aten) في مصر، وميترا (Mitra)، وأديتيا (Aditya)، وفيفاسفانت (Vivasvant) في الهند، وهويتزيلوبوتشتلي (Huitzilopochtli). كل هذه الأسماء تمثل وجوهًا متعددة لفكرة واحدة: الشمس كقوة مقدسة ومركز للكون في وعي الإنسان القديم. كما سعى الأباطرة والملوك عبر العصور إلى ربط أنفسهم بالشمس واكتساب صفة إلهية أو رمزية منها، فمثلًا، كان يُنظر إلى سابا إنكا، حاكم إمبراطورية الإنكا، على أنه «ابن الشمس». وربط رمسيس الثاني نفسه بالإله رع، إله الشمس في مصر القديمة. وبالمثل، كان يُعتبر الأباطرة اليابانيون من نسل الإلهة أماتيراسو. واستخدم الملوك الفُرس رموزًا شمسية في شعاراتهم الملكية. أما الملك لويس الرابع عشر ملك فرنسا، فقد لُقّب بـ«ملك الشمس» (Le Roi Soleil).

لم تُغفل الحضارات القديمة بناء المعابد والمزارات والنُّصب التذكارية المخصصة للشمس، مثل معبد الشمس في موقع ماتشو بيتشو الأثري (Machu Picchu)، ومعبد كونارك للشمس (Konark Sun Temple)، وهو معبد هندوسي، وهرم الشمس في المكسيك (Pyramid of the Sun)، ومزار إيسي الكبير (Ise Grand Shrine) - أقدس المزارات في ديانة الشنتو اليابانية- المُكرَّس للإلهة الشمس أماتيراسو (Amaterasu). وقد بُني معظم هذه المعالم بحيث يتماشى مع حركة الشمس؛ فعلى سبيل المثال، هرم إل كاستيو (El Castillo) في المكسيك تم تصميمه بحيث تُلقي الشمس في فصلي الربيع والخريف (الاعتدالين) ظلالاً على الدرجات تُشبه ثعباناً يتلوى نزولًا على سلالم الهرم. ومثال آخر هو موقع ستونهنج (Stonehenge) الحجري في إنجلترا، والذي يشير نحو شروق الشمس خلال الانقلاب الصيفي (Summer Solstice) وغروبها خلال الانقلاب الشتوي (Winter Solstice). وبالمثل، فإن الهرم الأكبر في الجيزة (Great Pyramid of Giza) يُعد إنجازًا هندسيًا وروحيًا فريدًا، نظرًا لتطابقه التام مع الاتجاهات الأساسية الأربعة. كما خُصّصت مهرجانات ورقصات للشمس، مثل عيد «سول إنفيكتوس» (Sol Invictus) الذي كان يُقام بمناسبة الانقلاب الشتوي (Winter Solstice)، ويُحتفل به اليوم باسم عيد الميلاد (Christmas)، وكذلك رقصة الشمس (Sun Dance) الخاصة بسكان السهول الأصليين في أمريكا الشمالية (Plains Indians of North America).

من عبادة الشمس إلى الحكمة العملية: التقويمات، الزراعة، والإرث الحضاري

كانت الشمس مصدرًا للنور والبركة، ورمزًا للقوة الإلهية، والخير والطهارة، في مقابل الظلام الذي جسّد الشر والفوضى، النور والظلام، النهار والليل، الشمس والقمر. لكنها كانت أكثر من مجرد رمز؛ فقد أدّت الشمس دورًا مهمًا كـ«حافظة للزمن»، شكّلت الأساس في بناء التقويمات التي تنظم حياة الإنسان اليومية، وتعاقب الفصول، والزراعة، من خلال تحديد أفضل الأوقات للزراعة والحصاد، وضمان الأمن الغذائي وحتى الملاحة. وكأنّ القدماء أدركوا، بفطرتهم، أهمية الشمس كشرط أساسي للحياة. حتى افتتان البشرية القديم بالذهب (Gold)، والذي كان يُعتبر «لحم الآلهة»، يبدو اليوم أكثر إثارة للدهشة، خاصة بعد أن علمنا أن الذهب في الواقع يتكوّن داخل النجوم!

في عصرنا الحاضر، ورغم أننا لم نعد نؤمن بالمعتقدات القديمة التي كانت تُعظّم الشمس وتعبدها، إلا أننا ما زلنا نستخدم التقويم الشمسي. ويُعدّ «Sunday»، أي «يوم الشمس»، أول أيام الأسبوع في معظم الدول الأوروبية، ويعود أصله إلى الكلمة الإنجليزية القديمة «Sunandæg»، والتي تعني «يوم الشمس». ولا تزال اليابان تُعرف بـ«أرض الشمس المشرقة» (Land of the Rising Sun). مع ذلك، فإن ما ورثناه من الماضي لا يقتصر على الأساطير والمعابد، أو المعتقدات والخرافات، بل يتجاوز ذلك ليصل إلى إرثٍ أكثر قيمة: مخطوطات وسجلات لظواهر فلكية دوّنها المراقبون الأوائل للسماء، والتي تُعدّ أدوات علمية ثمينة اليوم، تُستخدم مثلاً في إعادة بناء تاريخ النشاط الشمسي. وكما قال إسحاق نيوتن: «إننا نرى أبعد لأننا نقف على أكتاف العمالقة»، ففهمنا الحالي للكون ما هو إلا نتيجة لما بَنَاه من سبقونا.



وثيقة الآثار القديمة المكتوبة بخط قديم (Guwen Shangshu، والمعروفة أيضًا باسم كتاب الوثائق أو 古文尚書 ،Shujing)، المجلد 6.

ورغم أن العديد من الحضارات ساهمت في توثيق الأحداث الفلكية، إلا أن الصين القديمة (Ancient China) تبرز كأهم تلك الحضارات بفضل سجلاتها المبكرة والدقيقة للظواهر السماوية كالكسوف، النجوم المستجدة (Novae)، المذنبات، الشهب، وحتى البقع الشمسية (sunspots) والتي تمتد لفترة أطول من أي حضارة أخرى، مما أكسبها اسم «الإمبراطورية السماوية» (Celestial Empire). وما يثير الإعجاب أكثر هو النهج شبه المنتظم لتلك السجلات، حيث تم توثيقها بدقة وانتظام يشبه إلى حد كبير الأساليب العلمية الحديثة في جمع البيانات.

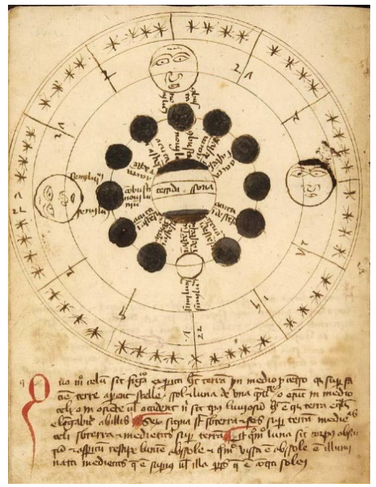
رسم غير مؤرخ من مخطوطة تيان يوان يولي شيانغيفو 305-257 م في نايكاكو بونكو، كتب شوهيزاكا غاكومونجو.

بدايات تطور علم الفلك الصيني

ترجع السجلات الفلكية التي وضعها المراقبون الصينيون إلى ما يقارب أربعة آلاف سنة. وكما تم توضيحه سابقًا، فقد كان الناس شديدي الحذر من الظواهر السماوية، نتيجة إيمانهم الخرافي بأن ما يحدث في السماء يرتبط مباشرة بما يحدث على الأرض. علاوة على ذلك، كانوا يعتقدون أن هذه الظواهر تؤثر على صحة ومصير الحكّام، مما دفعهم إلى تعيين مراقبين رسميين للسماء في البلاط الإمبراطوري. فكل ظاهرة سماوية كانت تُفسَّر كعلامة على خير قادم أو شر وشيك. على سبيل المثال، كان يُعتقد أن الكسوف نذير شؤم، ويُفسَّر على أنه تنّين سماوي يهاجم الشمس ويبتلعها.

في وقت مبكر يصل إلى عام 2137 قبل الميلاد، يُسجل كتاب صيني يُعرف باسم «كتاب الوثائق» (Shūjīng)» أول كسوف شمسي معروف، مرفقًا بعبارة مثيرة للاهتمام: «لقد أُكِلت الشمس». ويُقال إن اثنين من المنجّمين، هما Hsi و Ho، أُعدما لأنهما فشلا في التنبؤ بالكسوف مسبقًا. وبحلول حوالي

رسالة في علم الفلك منسوبة إلى ابن سينا ويُظهر الرسم التوضيحي كسوفًا. المكتبة الوطنية بالجزائر.



الصورة 98 من Tractatus novus de astronomia أو رسالة جديدة في علم الفلك بقلم رامون يول (1316-1232)

2000 قبل الميلاد، تمكن الصينيون من تحديد دورة كوكب المشتري (Jupiter) حول الشمس بدقة، وهي دورة تستغرق 12 سنة، وهي نتيجة مذهلة في ذلك العصر.

حدثت نقلة نوعية في فهمنا للسجلات التاريخية مع اكتشاف «كتاب الحرير» (The Book of Silk)، وهو مخطوط يعود إلى أسرة «هان» (Han Dynasty) في -220 206 قبل الميلاد، ويحتوي على رسم توضيحي لـ 29 شكلًا مختلفًا من المذنبات، مما يجعله أول أطلس مذنبات في العالم. على مر الزمن، تم تسجيل العديد من الملاحظات الفلكية المهمة، مثل رصد مذنب سنة 613 قبل الميلاد والذي يُعتقد أنه مذنب هالي (Halley) وظهور نوفا (nova) في سنة 532 قبل الميلاد، وتوثيق العديد من الكسوفات الشمسية والقمريّة، وتقسيم السماء إلى كوكبات نجمية (constellations)، وأيضًا التوثيق المبكر لظاهرة البقع الشمسية (sunspots). وفيما يخص الأخيرة، فإن تاريخ أول تسجيل معروف للبقع الشمسية يختلف بحسب المصادر.

ففي كتاب التغيّرات (Book of Changes)، الذي جُمع في الصين حوالي سنة 800 قبل الميلاد، وردت عبارات مثل: «شوهد Dou في الشمس» وشوهد Mei في الشمس، وهي تعبيرات يُفسّرها الباحثون عادة على أنها إشارات إلى البقع الشمسية. كما أن الفلكي الصيني Gan De قد سجل بقعًا شمسية في كتالوج نجمي سنة 364 قبل الميلاد. مع ذلك، بدأ تسجيل هذه البقع بشكل منتظم أكثر ابتداءً من سنة 28 قبل الميلاد، خلال فترة أسرة «هان».

رغم الأهمية السياسية للملاحظات الفلكية في المجتمع الصيني، إلا أننا نجد فترات من الانقطاع والثغرات في السجلات، والتي يمكن أن تعود إلى عدة عوامل، من بينها الحروب والمجاعات أو الغزوات. فعلى سبيل المثال، يشتبه بعض الباحثين الجزائريين في وجود نقص في البيانات خلال الفترة الممتدة من عام 1175 إلى 1237 ميلادي. والتي يُحتمل أن تكون بسبب الغزو المغولي لكل من الصين وكوريا. وقد تكون بعض السجلات قد فُقدت أو أُتلفت.

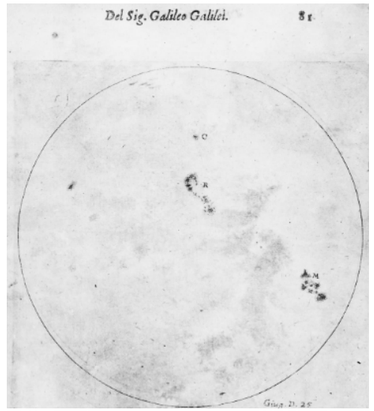
بدءًا من تعيين المسؤولين والعلماء والمنجّمين المتفرغين لمراقبة السماء، تطوّر هذا النظام تدريجيًا إلى هيكل يُعرف بـ «مكتب السماء» (Celestial Office) التابع للبلاط الإمبراطوري، ثم تطوّر لاحقًا إلى «مكتب الفلك الإمبراطوري» (Imperial Astronomical Bureau)، فأصبح العلم الفلكي الصيني مدمجًا بالكامل في إدارة الدولة وهيكلها. لاحقًا، خلال حكم أسرتي تانغ (618–907م) وسونغ (960–1279م)، تم نقل هذا العلم إلى دول أخرى مثل كوريا، اليابان، وفيتنام، كما تأثر بدوره بالفلك الإسلامي. وقد تم ذلك من خلال إدخال» (Zij) الإسلامية، والأسطرلابات (Astrolabes)، وغيرها من الأدوات المتقدمة، بالإضافة إلى اعتماد تقويم الأسبوع المكون من سبعة أيام، وتبادل العلماء، وترجمة المخطوطات، بل وحتى إنشاء مكتب فلكي إسلامي في بكين إلى جانب المكتب الفلكي التقليدي الصيني. كما ساهم علم الفلك الهندي في هذا التبادل، ولاحقًا، في أواخر القرن السادس عشر، تم إدخال علم الفلك الغربي من خلال المنجمين اليسوعيين (Jesuit missionary astronomers). وقد أدى هذا إلى تبادل ثقافي غني وسّع من آفاق المعرفة الفلكية لدى مختلف الحضارات وغيّر نظرتهم إلى علم الفلك إلى الأبد.

غاليليو وثورة التلسكوب

نقفز في الزمن إلى القرن السابع عشر، وتحديدًا إلى الستينيات من 1600، حين أدّى اختراع التلسكوب إلى ثورة في رؤيتنا للكون. ومع هذا الاكتشاف، بدأ علم الفلك يبتعد تدريجيًا عن علم التنجيم، وأصبح تخصصًا علميًا مستقلاً. في هذه الفترة بالذات، بدأت مراقبة البقع الشمسية بدقة غير مسبوقة، ويبدو أن توماس هاريوت (Thomas Harriot) كان أول من رصدها عبر تلسكوب، ولكنه لم ينشر نتائجه في ذلك الوقت.

أما يوهانس فابريشيوس (Johannes Fabricius) فكان أول من نشر دراسة عن البقع الشمسية، تلاه كل من غاليليو غاليلي (Galileo Galilei) وكريستوف شاينر (Christoph Scheiner)، واللذين ادعى كل منهما اكتشافها. اعتقد شاينر أن البقع أجسام صغيرة تدور حول الشمس، بينما اقترح غاليليو أنها موجودة على سطح الشمس نفسه، مثل السُحب. لقد تحدّت هذه الملاحظات المفهوم الأرسطي (Aristotelian) الذي كان يرى السماء كروية مثالية غير قابلة للتغيير. ومن الجدير بالذكر أنه في عام 1612، وخلال عدة أشهر، قام غاليليو بمراقبة البقع الشمسية بشكل منتظم وفي نفس الوقت تقريبًا كل يوم، مما سمح له بملاحظة حركتها، وبالتالي استنتاج أن الشمس تدور حول محورها.

ومن المثير للاهتمام أن كيبلر (Kepler)، قبل



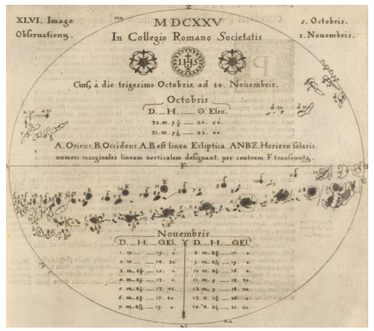
رسم توضيحي للبقع الشمسية لجاليليو جاليلي (1642–1564).

بضع سنوات من ذلك، استخدم كاميرا مظلمة (Camera Obscura) لمراقبة بقعة شمسية، إلا أنه ظنها عبورًا لكوكب عطارد. وبالمثل، فإن بعض الملاحظات التاريخية التي فسّرت على أنها عبور لعطارد (Mercure) كانت في الواقع بقعًا شمسية مرئية بالعين المجردة.

أحد أشهر الأمثلة على ذلك حدث في القرن الثاني عشر، حين وصف ابن رشد المعروف أيضًا باسم Averroès، رؤية بقعة مظلمة خلال كسوف جزئي للشمس. وقد تم تفسير هذه الملاحظة خطأً على أنها عبور عطارد، حتى أن كوبرنيكوس (Copernicus) أشار إلى هذه الملاحظة في كتابه الشهير De revolutionibus. لكننا نعلم اليوم أن عبور عطارد لم يكن مرئيًا في قرطبة في ذلك الوقت، كما أنه لم يكن من الممكن رؤيته بدون أدوات فلكية. لذا، من المرجّح أن ما رآه ابن رشد كان في الواقع بقعة شمسية بالعين المجردة (Naked-eye sunspot).

من الرصد الشمسي إلى دورة الشمس ونشاطها

بعد ما يقرب من قرنين، اكتشف Samuel Heinrich Schwab في عام 1843 دورة البقع الشمسية التي تدوم حوالي 11 عامًا، وذلك بعد 17 عامًا من الرصد اليومي. قام خلال مسيرته برسم ما لا يقل عن 8486 رسماً لقرص الشمس وما يحتويه من بقع شمسية. وبعد بضع سنوات، في عام 1848، قدم Wolf ما يُعرف بـ «عدد وولف» (Wolf number)، وهي صيغة تجريبية لتقدير عدد البقع الشمسية وقياس ما نُسميه نشاط الشمس. لا يقتصر نشاط الشمس على البقع فقط، بل يشمل أيضًا مجموعة متنوعة من الظواهر الشمسية الأخرى مثل الانفجارات الشمسية flares، الرياح الشمسية solar wind، الشفق القطبي auroras، الانبعاثات الكتلية الإكليلية coronal mass ejections، والنتوءات اللامعة faculae. ثم في عام 1908، قام George Hale باكتشاف كبير عندما كشف عن الطبيعة المغناطيسية للبقع الشمسية، وذلك من خلال تأثير Zeeman.



دوران الشمس حسب شاينر هو أول رسم بياني علمي

ما هي البقع الشمسية؟

البقع الشمسية هي مناطق أكثر برودة على سطح الشمس، حيث يكون المجال المغناطيسي أكثر تركيزًا. تنشأ هذه البقع نتيجة لظهور خطوط المجال المغناطيسي على الطبقة الضوئية للشمس (photosphere)، وتبدو داكنة مقارنة بالمنطقة المحيطة بها بسبب الفرق في درجة الحرارة. تختلف البقع الشمسية في الحجم وطول العمر، فمتوسط حجمها يعادل تقريبًا حجم كوكب الأرض، لكن بعضها قد يكون أكبر بعدة مرات. هذا النوع من البقع هو ما يمكن رؤيته بالعين المجردة، إذ تشير الدراسات إلى أن البقعة الشمسية يجب أن تكون أكبر من الأرض بمرتين إلى ثلاث مرات حتى تتمكن العين البشرية من تمييزها. مع اقتراب الشمس من ذروة دورتها، يزداد عدد البقع الشمسية، وترتفع بذلك احتمالية ظهور البقع الكبيرة القابلة للرؤية. كما تؤثر عوامل أخرى في إمكانية الرصد، مثل ظروف الغلاف الجوي، وجود الغبار، وحالة بصر الراصد. تجدر الإشارة إلى أن هذا النوع من البقع هو ما كان يُرصد قديمًا بالعين المجردة. وحتى اليوم، لا تزال البقع الشمسية أفضل مؤشر على النشاط الشمسي، لكونها الأطول تسجيلًا والأكثر مباشرة.

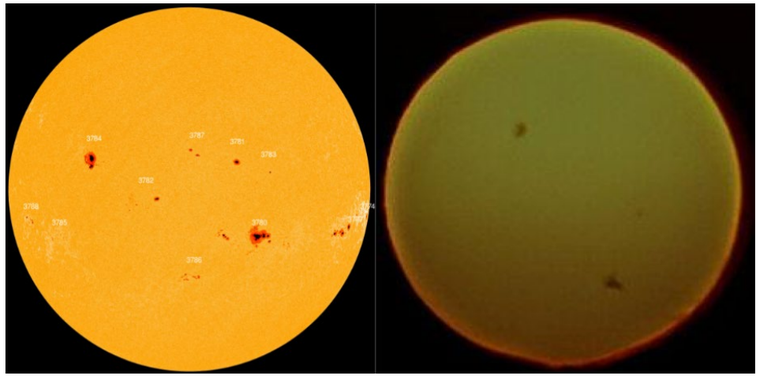
ولا يمكن الحديث عن الاكتشافات الكبرى المتعلقة بالبقع الشمسية دون التطرق إلى تطور نظرية الدينامو (Dynamo theory)، التي تشكّل الإطار النظري لفهم نشوء وتطور الحقل المغناطيسي الشمسي، بدءًا من نموذج Horace Babcock سنة 1961، ووصولًا إلى النماذج الأحدث مثل نماذج الدينامو الاضطرابية (Turbulent Dynamo Models) ومحاكاة المغناطيسية الهيدروديناميكية (MHD simulations). وقد شكّلت المراقبة من الفضاء وتطور علم الاهتزازات الشمسية (helioseismology) نقطة تحول مفصلية، إذ أتاح هذا العلم إمكانية «استكشاف» باطن الشمس، ووفّر بيانات عالية الدقة بشكل يومي.

«مي» كمؤشر غير مباشر لإعادة بناء التقلّبات الشمسية

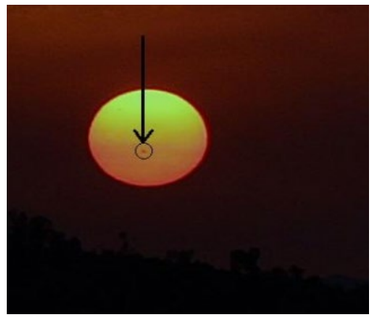
رغم التقدّم الكبير في أبحاث الشمس، لا تزال العديد من الأسئلة دون إجابة، بدءًا من عجزنا عن التنبؤ بالنشاط الشمسي على المدى الطويل. تُستخدَم مؤشرات متعددة، لكن فعاليتها تبقى محدودة بزمن الرصد ونتيجة لذلك أصبحت إعادة بناء النشاط الشمسي التاريخي أمرًا بالغ الأهمية. في الواقع، تحتوي السجلات والمخطوطات القديمة على ملاحظات قيّمة للبقع الشمسية وغيرها من الظواهر الشمسية، توفّر لنا رؤى مهمة حول النشاط الشمسي في الماضي.

وقد اقترحت العديد من الدراسات استخدام مؤشرات غير مباشرة (proxies)، مثل النظائر الكونية (cosmogenic isotopes) كـ ^{14}C (الكربون14-) و^{10}Be (البريليوم10-) بالإضافة إلى تحاليل متعددة المؤشرات (multi-proxy analysis)، لإعادة بناء النشاط الشمسي. لكن من أهم التحديات التي تواجه هذه البيانات هو ندرتها وعدم انتظامها، فضلًا عن أن الملاحظات تأثرت كثيرًا بالظروف الجوية. من هنا تبرز أهمية استغلال سجلات البقع الشمسية التاريخية، والتي رغم التحيزات المرتبطة بظروف الرصد أظهرت ارتباطًا قويًا مع النظائر الكونية، ولا ينبغي التقليل من شأنها.

من مراقبي السماء القدماء إلى



رصد البقع الشمسية AR3780 و AR3784 في 12 أوت 2024. تم التقاط الصورة اليسرى باستخدام SDO/HMI بينما تم التقاط الصورة اليمنى بواسطة السيد بكلي بكاميرته الشخصية.



رصد البقعة الشمسية AR3780 في ظهورها الأول، في 10 أوت 2024. تم التقاط الصورة من طرف السيد بكلي باستخدام كاميرته الشخصية.

الرصد بالعين المجردة في العصر الحديث

على الرغم من أننا نستطيع الآن مراقبة البقع الشمسية بدقة مذهلة باستخدام التلسكوبات والأقمار الصناعية، فإن رصد البقع الشمسية بالعين المجردة ليس شيئًا من الماضي. في السنوات الأخيرة خاصة خلال فترات ذروة النشاط الشمسي، تم رصد العديد من البقع الشمسية الكبيرة بالعين المجردة. على سبيل المثال، تم رصد المنطقة النشطة AR3190 في يناير 2023، وقد قُدّر حجمها بأربعة أضعاف حجم كوكب الأرض، وكانت مرئية دون استخدام أي أدوات بصرية.

لقد صادفنا العام الماضي تسجيل أربع مشاهدات، من أبرزها بقعة شمسية بحجم يقارب 15 ضعف حجم كوكب الأرض (AR3664)، بالإضافة إلى رصد بقعتين في الوقت نفسه (AR3780 وAR3784) في شهر أغسطس، وقد قمنا برصدهما مع مشرفنا، الدكتور محمد رضا بكلي. وصلت البقعة الشمسية AR370 إلى حجم يقارب سبعة أضعاف حجم الأرض، بينما كانت AR3784 أصغر قليلاً، إذ بلغ حجمها نحو أربعة أضعاف الأرض. على مدى أسبوعين، قمنا بتتبع وتوثيق منطقتي البقع الشمسية هاتين، مما عمّق فهمنا لها. كان الأمر أشبه بالسير على خطى أسلافنا، بينما نحاول سبر أغوار الغموض الذي قد تخفيه هذه البقع الشمسية؛ تماماً كما تساءل عدد لا يُحصى من مراقبي السماء من قبلنا.

قال كارل ساغان ذات مرة: «يجب أن تعرف الماضي لتفهم الحاضر.» وأثناء تأملنا للكون، قد يتساءل المرء عن نوعية الملاحظات أو البيانات غير المفسرة التي نمتلكها اليوم، والتي قد تشكّل يوماً ما أساساً لفهم الحضارات المستقبلية للكون. من المذهل أن نفكر بأن بعض الحقائق التي نعتبرها اليوم راسخة، أو أكثر أنظمتنا الفكرية صلابة، قد تُعدّ خرافات في نظر من سيأتون بعدنا. فلنتذكر ذلك ونحن نتأمل أعمال الآخرين ووجهات نظرهم؛ مع الحفاظ دائماً على روح النقد والفضول!

«فيزياء الشمس من النواة إلى الإكليل»

البحث عن أسرار النجم الأقرب

دافيد أوروزكو سواريز

David Orozco Suàrez

باحث إسباني مختص في الفيزياء الشمسية. حصل على درجة الدكتوراه في عام 2008 من جامعة غرناطة، حيث أجرى أبحاثه في معهد الفيزياء الفلكية بالأندلس (IAA-CSIC). ونظير هذا العمل، حصل على جائزة الجمعية الفلكية الإسبانية لأفضل دكتوراه وطنية في علم الفلك في 2008–2009

يمتلك أوروزكو سواريز أكثر من 15 عاماً من الخبرة بعد الدكتوراه، وقد شغل مناصب في المرصد الفلكي الوطني في اليابان ومعهد الفيزياء الفلكية في جزر الكناري. ويشغل حالياً منصب باحث رئيسي في معهد الفيزياء الفلكية بالأندلس (IAA-CSIC)، ويقود اتحاد الفيزياء الشمسية الفضائية الإسباني (S3PC)، منسقاً الجهود بين خمس مؤسسات إسبانية كبرى

David Orozco Suárez is a Spanish solar physicist. He earned his Ph.D. in 2008 from the University of Granada, conducting his research at the Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC). For this contribution, he received the Spanish Astronomical Society's award for the best national Ph.D. in astronomy in 2008–2009.

With over 15 years of postdoctoral experience, Orozco Suárez has held positions at the National Astronomical Observatory of Japan and the Instituto de Astrofísica de Canarias. Currently, he serves as a staff scientist at the IAA-CSIC and leads the Spanish Space Solar Physics Consortium (S3PC), coordinating efforts across five major Spanish institutions.

حاوره: جمال ميموني

بداية نرحب بك ديفيد ضيفا لمجلة الشهاب العلمي. تعمل في مجال الشمس منذ سنوات طويلة، وربّما لعقود، ونريد منك أولا التعريف بنفسك وبمسيرتك المهنية واهتماماتك في الفيزياء

أنا باحث إسباني. بدأت مسيرتي المهنية في عام 2004، عندما بدأت دراسة الفيزياء الفلكية في جزر الكناري. ثم انتقلت إلى غرناطة، وهي المدينة التي أعيش فيها الآن، في جنوب إسبانيا، وهناك أنجزتُ أطروحة الدكتوراه الخاصة بي حول مغناطيسية الشمس. نقل الإشعاع داخل البلازما المستقطبة هو تخصصي الرئيسي. بعد أن أمضيت بعض الوقت في غرناطة، عشت في اليابان، حيث عملت لمدة أربع سنوات في المرصد الوطني الفلكي الياباني. ثم عدت أولًا إلى جزر الكناري، وبعدها إلى غرناطة. وبعد مرور 20 سنة منذ أن بدأت مسيرتي، أترأس حاليًا مجموعة فيزياء الشمس في غرناطة، ونحن نعمل في مجالي الأجهزة الفضائية والبحث العلمي.

هل تقصد الشبكة الإسبانية للطاقة الشمسية الفضائية؟

نعم، هذا هي الشبكة الإسبانية لفيزياء الشمس الفضائية. غرناطة تقود هذا الكونسورتيوم، ويتكوّن من خمس مؤسسات في إسبانيا. نحن في غرناطة، ضمن المعهد الأندلسي للفيزياء الفلكية (IAA)، بالإضافة إلى جامعة مدريد، ومرافق INTA في مدريد، وجامعة فالنسيا، ومعهد الفيزياء الفلكية في جزر الكناري، نعمل جميعا على تطوير أجهزة شمسية تُستخدم في المهمات الفضائية، وتحديدًا في المهمات التي تدور حول الشمس أو ترتفع إلى مدار شمسي.

إذن أنت رئيس هذه الشبكة؟

أجل.

يكرّس العلماء حول العالم، أبحاثهم لما يبدو في الوهلة الأولى أبسط الأجرام في السماء: الشمس. يراها الجميع، لكننا لم نبدأ في فهم كيف تعمل إلا منذ عشرينيات وثلاثينيات القرن الماضي مع ولادة الفيزياء النووية. أليس من المذهل أن البشرية استغرقت وقتًا طويلاً لتصل إلى مستوى من المعرفة في الفيزياء يجعلنا نقول الآن: «نحن نعلم كيف تعمل الشمس»؟

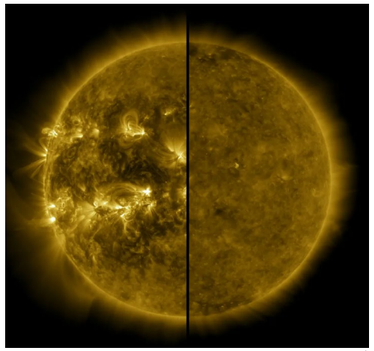
نعم، في الواقع أنا أتفق معك، ليس فقط لأن فهم الشمس استغرق وقتًا طويلاً، ولكن أيضًا لأننا حتى الآن لا نعرف الكثير عنها، مع أنها أقرب نجم إلينا! هناك الكثير من الأسئلة التي لا تزال دون إجابة والسبب في ذلك بسيط: هناك الكثير من الفيزياء المعقدة تحدث داخل الشمس، بدءًا من مركز الشمس، حيث تحدث التفاعلات النووية، فقد استغرق الأمر وقتًا طويلًا لتطوير فيزياء نووية تمكّننا من فهم ما يجري هناك. حتى اليوم، لسنا متأكدين تمامًا أننا على حق. على سبيل المثال، هناك مشكلة النيوترينوهات الشمسية المعروفة، فالنظرية تخبرنا بعدد النيوترينوهات التي ينبغي أن نرصدها من الشمس، لكن عندما نحاول عدّها فعليًا، نجد عددًا أقل مما نتوقع. إذًا، السؤال المطروح هو: هل نظريتنا خاطئة؟ أم أن هناك شيئًا ناقصًا في طريقتنا في الرصد؟ لذلك، إذا أردت أن تفهم الشمس من مركزها إلى غلافها الجوي الخارجي، فأنت بحاجة إلى تعلم وتطوير الكثير من الفيزياء. إنها منظومة غنية ومعقدة للغاية.

مشكلة النيوترينوهات، كما قلت، كانت لغزًا كبيرًا في الستينيات، لكن أظن أنها حُلّت الآن، وهناك من حصلوا على جائزة نوبل لذلك، على غرار ماك آرثر. لذلك أعتقد أنها بالفعل وسيلة للتأكد من أننا نفهم فيزياء مركز الشمس الأساسية، هذا على الأقل لغز واحد تم حله، أليس كذلك؟

نعم، لكن على أي حال، ما حاولت قوله هو أنه عندما تنتقل من مركز الشمس وتصعد إلى الأعلى نحو الغلاف الجوي، عليك أن تفهم العديد من مجالات الفيزياء المختلفة. نظرًا لديناميكا الشمس، يجب دراسة الديناميكا المغناطيسية لنمذجة الدينامو الشمسي. رغم أننا نعرف، بشكل عام، كيف يعمل، فإننا لا نزال نواجه صعوبات كبيرة في فهم كيف يُنتج الدينامو الشمسي المناطق النشطة ودورة النشاط الشمسي. وفي الواقع، لا يمكننا حتى الآن التنبؤ بالدورة الشمسية بدقة بسبب هذا النقص في الفهم. عندما نصعد أكثر إلى الغلاف الجوي الشمسي، نحتاج أيضًا إلى دراسة انتقال الإشعاع.

نحن الآن على وشك الوصول إلى الحد الأقصى لدورة النشاط الشمسي، فما هي الفيزياء التي تقف وراء دورة الشمس وهل لها علاقة ببنية الشمس الداخلية، أم أنها مرتبطة بسطح الشمس والتأثيرات المغناطيسية؟ لماذا، رغم كل هذا الكم من المعرفة التي اكتسبناها عن هذا النجم، لا زلنا لا نفهم النشاط الشمسي بشكل كامل ولا نعرف حتى الآن ما إذا كانت الدورة القادمة ستكون ضعيفة أم قوية؟

نعم، هذه مشكلة كبيرة بالفعل. النموذج القياسي يصف الشمس بأنها تتكوّن من نواة مركزية، ومنطقة حمل حراري، ودوران تفاضلي حيث تدور الشمس بسرعة أكبر عند خط الاستواء مقارنةً بالقطبين. يُعتقد أن هذا الدوران التفاضلي هو ما يُولّد النشاط

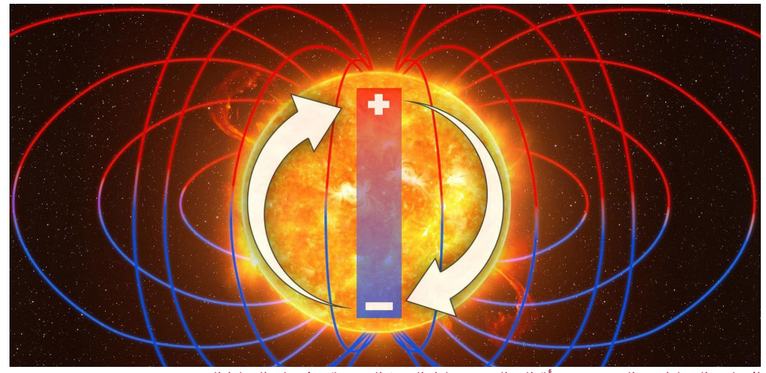


تُظهر هذه الصورة المُقسّمة الفرق بين شمس في ذروة نشاطها (على اليسار، أبريل 2014) وشمس هادئة خلال أدنى نشاط شمسي (على اليمين، ديسمبر 2019).

الشمسي، من خلال التواء خطوط المجال المغناطيسي المرتبطة بمركز الشمس. مع مرور السنوات، تزداد هذه الالتواءات، وفي النهاية تتكوّن مناطق نشطة في نصفي الكرة الشمسية. وعندما نصل إلى نهاية الدورة الشمسية، يغيّر المجال المغناطيسي للشمس قطبيته، ويبدأ هذا كله من جديد.

لكن النماذج الحالية الخاصة بالحمل الحراري الشمسي لا تزال غير مفهومة بشكل جيد. ولهذا السبب تُعتَبر بعثات مثل Solar Orbiter ضرورية، فهي تهدف إلى قياس ديناميكا سطح الشمس ودراسة منطقة الحمل من منظور مختلف، أي الخروج من مستوى الكسوف والنظر نحو أقطاب الشمس. وهذا مثير للغاية، فهذه من الأسئلة المفتوحة فعلاً لفهم الدينامو الشمسي. منذ شهر تقريبًا، غيّرت المركبة Solar Orbiter مسارها باستخدام مساعدة جاذبية من كوكب الزهرة، لتبدأ بمراقبة الأقطاب الشمسية. وفي غضون أسبوعين، سنبدأ فعليًا بتلقي بيانات من تلك المناطق. هذه وسيلة لرؤية «ما بداخل» الشمس، ومع الوقت، ستصل المركبة إلى 35 درجة من خطوط العرض الشمسية، لذا لن نرى القطب بشكل مباشر، لكن من زاوية أفضل بكثير مما هو ممكن حاليًا.

Solar Orbiter، مهمة تابعة لوكالة الفضاء الأوروبية، تم إطلاقها سنة 2017 لمراقبة ورصد النشاط الشمسي عن كثب.



الانقلاب المغناطيسي الشمسي: تغيّر أقطاب الشمس خلال الدورة الشمسية يؤثر على النشاط الشمسي.

نعلم أن التغير في القطبية له علاقة، كما شرحت، بأن خطوط المجال المغناطيسي تتشوه تدريجيًا أكثر فأكثر، حتى تنفصل أو تعيد تنظيم نفسها في لحظة ما. لكن ما هي الفيزياء الحقيقية وراء هذا؟ هل هي فيزياء باطن الشمس؟ فيزياء الغلاف الجوي أو ما يقع تحت الغلاف الجوي؟

هذا أحد الأسئلة الرئيسية. أعتقد أن جميع النماذج تعتمد على ديناميكا منطقة الحمل الحراري في الشمس، وتفاعلاتها وسلوكها، لكننا لا نعرف بدقة مدى سُمك هذه المنطقة ولا نفهم تمامًا ديناميكيتها، خاصةً بالقرب من القطبين. لذا، فإن رؤيتنا لتلك المنطقة الداخلية من الشمس لا تزال جزئية، ومعظم المعلومات المتاحة نحصل عليها من خلال علم الإهتزازات الشمسية (Helioseismology). لكن هذا العلم يسمح لنا فقط بمراقبة المناطق القريبة من خط الاستواء. وهناك علامة استفهام كبيرة حول المناطق القطبية. وبناءً على ما إذا كنت تفترض أن هذه المنطقة أسمك أو أرق، فإن سلوك الدينامو يتغير بشكل كبير، فالنماذج حساسة جدًا لهذا العامل وهذا كله ناتج عن نقص في الرصد والملاحظات.

لكننا نملك المعادلات الصحيحة، فالمغناطو هيدروديناميكا موثوقة جيدًا. ونحن نعرف المعادلات وكيف نحلها، رغم أنها بالطبع معقدة جدًا. الطريقة الأخرى، كما تفضلتَ، هي علم الإهتزازات الشمسية أين لا يتم القيام بحسابات أو محاكاة كما في النماذج الأخرى، بل مراقبة الرنينات (resonances) وتحليلها. فهل هاتان الطريقتان منفصلتان؟ أم يتم دمجهما معًا؟

كلا، فالأمر واحد. علم الزلازل الشمسية هو النظير الرصدي للنمذجة النظرية. النماذج النظرية والمحاكاة تتنبأ بكيفية سلوك الشمس، أما علم الزلازل الشمسية فهو الجانب الرصدي الذي يخبرك إذا كانت حساباتك صحيحة أم لا. ولكن بما أننا لا نستطيع رصد الأقطاب، فهناك معلومات أساسية مفقودة. لذلك، لا يمكننا ربط جميع النقاط والقول بثقة: «نعم، النماذج صحيحة».

مرّ مسبار فضائي فوق أقطاب الشمس قبل حوالي 20 أو 30 سنة، وهو يوليسيس (Ulysses). بالطبع، بياناته قديمة وليست دقيقة جدًا، لكن في ذلك الوقت تم الوصول إلى ما فوق أقطاب الشمس.

نعم، لكن تلك المهمة كانت تقتصر على القياسات الميدانية (in situ). كانت تحمل أدوات لقياس الخصائص الموضعية للشمس أو الإكليل الشمسي أو الرياح الشمسية، لكنها لم تكن مزودة بأجهزة لإجراء علم الزلازل الشمسية. لذلك، لم يكن بالإمكان رصد باطن الشمس. والمهمة الوحيدة التي تستطيع القيام بذلك حاليًا هي Solar Orbiter. هناك خطط من وكالة ناسا لإطلاق المزيد من هذه المهمات، لكن في المستقبل.

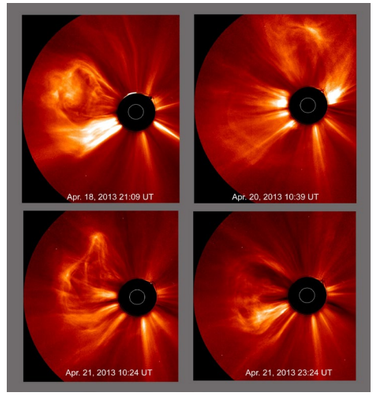
هل هذه المهمة مشتركة بين ناسا ووكالة الفضاء الأوروبية (ESA)؟

نعم إنها مهمة مشتركة بين ESA وناسا، لكنها في الغالب أوروبية، باستخدام صاروخ إطلاق تابع لوكالة الفضاء الأوروبية.

الآن، دعنا نتحدث عن ظاهرة عنيفة تحدث في الشمس، وهي الانبعاث الكتلي الإكليلي (CME) الذي لا يزال لغزًا كبيرًا. فما هو الانبعاث الكتلي الإكليلي بطريقة بسيطة؟ ولماذا لا يمكننا التنبؤ به؟ ولماذا يُعتبَر خطرًا، ليس فقط على الأرض إذا كان موجّهًا نحوها، بل أيضًا على رحلات الفضاء المستقبلية للبشر؟

عندما يتحدث الناس عن الانبعاث الكتلي الإكليلي (CME)، فإنهم هم يقصدون تلك الأحداث التي تطلق فيها الشمس كميات كبيرة من المادة من غلافها الجوي. يحدث ذلك عادةً بالتزامن مع الانفجارات الشمسية، حيث يتم تمزيق جزء كبير من الغلاف الجوي للشمس من على السطح، وينطلق مع الرياح الشمسية. عندما يحدث ذلك، يتم قذف كمية هائلة من الجسيمات عالية الطاقة والبلازما، وهذه تكون ضارة جدًا للبشر. حتى بالنسبة للبعثات الفضائية والأقمار الصناعية، فإن الـ CME يشكل خطرًا كبيرًا.

لكي يحدث CME، تحتاج عادة إلى نشاط



الإنبعاثات الكتلية الإكليلية خلال الدورة 24 للنشاط الشمسي، أفريل 2024، ملتقطة بواسطة المهمة SOHO لوكالة ناسا.

شمسي، وخاصةً المناطق النشطة. عندما نلاحظ المناطق النشطة على سطح الشمس، فإننا نراها غالبًا على شكل بقع شمسية مع خيوط بلازمية، وهي مشاهد جميلة جدًا. هذه البقع الشمسية تكون عادةً ذات قطبية مغناطيسية متعاكسة، لأن خطوط المجال المغناطيسي القادمة من باطن الشمس ترتفع إلى السطح وتشكل قوسًا مغناطيسيًا. لذا نرى غالبًا زوجًا من البقع الشمسية، واحدة «قائدة» والأخرى «تابعة»، تتوافق مع قطبيتين مختلفتين. عادةً، تظهر هذه البقع، وتدور مع الشمس، ثم تختفي دون أن يحدث شيء كبير. لكن أحيانًا، لا يكون الأمر بهذه البساطة. القوس المغناطيسي قد يتشوش أو يتداخل مع قوس آخر، وفي هذه الحالة، تزداد التعقيدات المغناطيسية، ولا تحدث فقط عن بقعة واحدة بل عن أكثر من بقعة شمسية، مع تفاعل معقد بين خطوط المجال المغناطيسي. خطوط المجال هذه تبدأ بالتفاعل، حتى «تصطدم» ببعضها البعض، ما يخلق حالة فوضوية من الناحية المغناطيسية. كما أن البقع الشمسية تتعرض إلى ضغط من البلازما المحيطة، لأن الشمس في حالة حمل حراري دائم ونشاط ديناميكي شديد. كل هذا النشاط المغناطيسي والحمل الحراري يتسبب في تراكم الضغط والتوتر المغناطيسي. وفي لحظة ما، يصبح النظام غير مستقر، وتقوم خطوط المجال المغناطيسي بـ«تغيير» ترتيبها. وكأنها تقول: «لا يعجبني هذا التكوين، عليّ تغييره إلى تكوين أكثر استقرارًا».

كما تعرف، الفيزياء تسعى دائمًا إلى تقليل

لوحة فنية توضح مدى ضخامة وامتداد الإنبعاثات الكتلية الإكليلية CEMs.

الطاقة وزيادة الإنتروبيا، للوصول إلى التوازن. وعندما يحدث هذا التغيير في البنية المغناطيسية، يتم إطلاق كمية هائلة من الطاقة، لأن الطاقة المغناطيسية تتحول إلى طاقة حرارية. وهذا هو الأصل الأساسي للإنبعاث الكتلي الإكليكي. وأحيانًا، تحمل هذه الخطوط المغناطيسية معها كمية كبيرة من مادة الشمس، والتي يتم قذفها أثناء هذا الانفجار.

هي تأتي أيضا مصحوبة بالكثير من الطاقة الحركية، بحيث يتم قذف هذا الجزء الكبير من المادة بعيدًا جدًا وبسرعة عالية جدًا، لمئات أو آلاف الكيلومترات في الثانية. هل هذه السرعة أكبر بكثير من تلك الخاصة بالتوهجات الشمسية؟

أحيانًا، تكون هناك توهجات شمسية بطيئة في تطورها. يمكنك أن ترى وتتخيل كيف يُعاد تكوين المجال المغناطيسي، وكيف يتم قذف المادة على شكل مقذوفات تاجية (CMEs). ولكن في أحيان أخرى، تكون التوهجات سريعة جدًا وساطعة للغاية، لأن إعادة التكوين تحدث بسرعة كبيرة، مما يؤدي إلى إطلاق جسيمات عالية السرعة وذات طاقة عالية، وهي الأخطر لأنها تحمل قدرًا كبيرًا من الطاقة على شكل جسيمات سريعة الحركة.من الصعب جدًا التنبؤ بها بدقة.

يمكنك أن تقول بشكل عام: «حسنًا، هناك نشاط كبير، لذا قد أتوقع حدوث شيء ما»، ولكن عندما يتعلق الأمر بالكشف عنها في اللحظة نفسها، يصبح الأمر بالغ الصعوبة، خاصةً عند استخدام بيانات منخفضة الدقة. تخيل أنك لا تستطيع رؤية تلك البُنى الصغيرة المعزولة. تحتاج إلى ملاحظات عالية الدقة، وتحقيق ذلك ليس بالأمر السهل.

حتى مع بعثات مثل SDO، التي تمتلك دقة عالية نسبيًا في تصوير سطح الشمس - حوالي 700 كيلومتر لكل بكسل - فإن ذلك يُعتبر كثيرًا. لكن عندما نأخذ في الاعتبار صغر الجزء الذي نراه من الشمس مقارنة بحجمها الكامل، نجد أنه من الصعب حتى حينها تحديد مواقع اتصال هذه الخطوط المغناطيسية ومتى تبدأ بالتفاعل مع بعضها البعض. فهي تجمع

التلسكوب الشمسي السويدي بجزر الكناري.

الطاقة في تلك المنطقة، وما زال من الصعب تتبّع هذه العملية بالتفصيل.

أتذكر عندما كنت في جزر الكناري، كان هناك التلسكوب الشمسي السويدي بقطر متر واحد، والذي يُقال إنه يوفر أعلى دقة لرؤية الخلايا الحبيبية الشمسية، لكن ما تشير إليه هو الصور التي نحصل عليها من الأقمار الصناعية، وليس حتى من الأرض. إذن نحن نتحدث عن دقة رؤية الخلايا الحبيبية الشمسية، أليس كذلك؟

يمكنك مراقبة الشمس طوال الوقت، لكنك تفتقر إلى الدقة اللازمة.

ما هي أفضل دقة يمكن أن نحصل عليها من الأقمار الصناعية؟ وما هي الدقة التي يمكن أن تحققها لرؤية الخلايا الحبيبية الشمسية من المدار؟

أعتقد أن دقة مرصد SOHO كانت حوالي 4 ثوان قوسية على سطح الشمس. وللمعلومة، الثانية القوسية الواحدة تعادل تقريبًا 750 كيلومترًا. يمكن لـ SDO أن يصل إلى دقة تبلغ 1 ثانية قوسية. أما بالنسبة لـمسبار Solar Orbiter، فعندما نقترب من الشمس، يمكنه أن يحقق دقة تصل إلى حوالي 0.3 ثانية قوسية.

على أي مسافة من سطح الشمس يكون مسبار Solar Orbiter؟

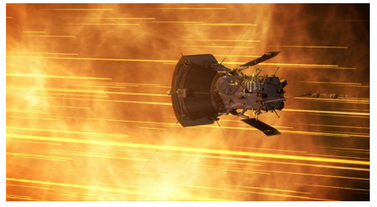
إنه يغير مداره فهو في الواقع بيضوي جدًا. أحيانًا يكون قريبًا من عطارد، وأحيانًا أخرى يصل إلى 1.2 أو 1.3 وحدة فلكية. وعندما نكون قريبين، تكون الدقة حوالي 200 كيلومتر.

هل يُعتبر Solar Orbiter أفضل مرصد شمسي لدينا اليوم، مقارنةً بالمراصد الأخرى مثل SDO وسوهو وغيرها؟

هذا سؤال جيد. أنا أعمل في مهمة Solar Orbiter وهي مهمة رائعة بسبب الإمكانيات العلمية التي تتيحها. لكن لدينا أيضًا المهمة اليابانية (Hinode)، وهناك العديد من المهمات الشمسية الأخرى. كما تعلم.

تقصد مهمة باركر، ألا تُعتبَر أفضل من مهمتكم ؟

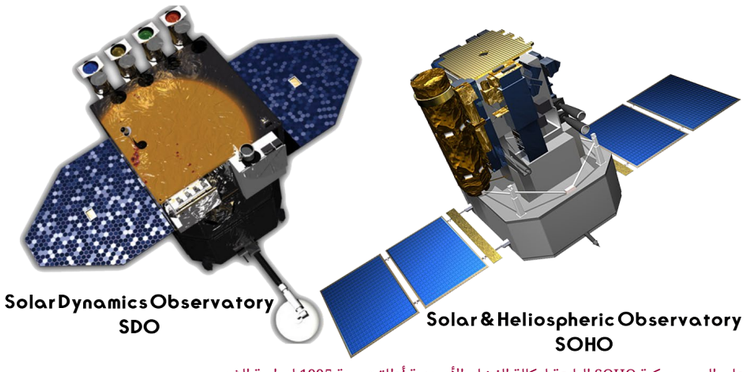
إنها مهمة جدًا، لأنها تقترب كثيرًا من سطح الشمس. لكن تلك المهمة تعتمد فقط على أدوات تقيس البيانات في الموقع (in situ)، ولا تحتوي على أي كاميرات تراقب الشمس مباشرة. توجد كاميرات تراقب ما خلفها، لذا فإنه يتم رصد الإكليل الشمسي والرياح الشمسية، لكن لا يُنظَر إلى السطح. لأنه يتم الاقتراب كثيرًا من الشمس، وما يوجد أمامها أساسًا هو درع حراري كبير لحماية المركبة من التدمير.



مهمة باركر التابعة لناسا، والمخصصة لدراسة الرياح الشمسية، أطلقت سنة 2018.

ذكرتَ أن مهمة باركر الشمسية تقوم بقياسات مباشرة في محيط المركبة، لكن هل تحمل هذه المركبة كاميرات لالتقاط صور الشمس؟ أم لا يتم ذلك بسبب الحرارة الشديدة؟

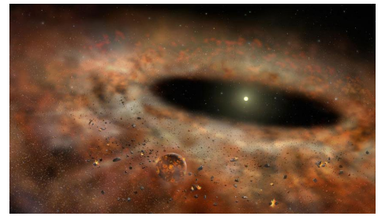
توجد كاميرا واحدة على جانب من المركبة، تلتقط الرياح الشمسية. وهي مجرد كاميرا للضوء الأبيض. إذا لم يسبق لك أن شاهدت الصور التي التقطتها مركبة باركر، أنصحك بشدة بمشاهدتها، لأنك سترى الغبار بين الكواكب بوضوح. وعندما تقترب المركبة من الشمس، يمكنك أن ترى كيف يتم دفع ذلك الغبار بواسطة الرياح الشمسية. إنه أمر مذهل حقًا، شيء يثير الدهشة!



على اليمين مركبة SOHO التابعة لوكالة الفضاء الأوروبية أطلقت سنة 1995 لدراسة الشمس
على اليسار مركبة SDO التابعة لناسا أطلقة سنة 2010 لمتابعة الإشعاعات الشمسية وتأثيرها على الأرض و الطقس الفضائي.

ما مصدر هذا الغبار؟ هل هو من بقايا تشكّل المجموعة الشمسية في المستوى الكسوفي؟

نعم، بالفعل، هناك مصطلحات لوصف إكليل الشمس، كاستخدام حروف مثل A وF. هناك ما يسمى بإكليل F، وهو الذي يأتي من الغبار بين الكواكب. هذا الغبار موجود دائمًا، ويعود أصله إلى فترة تكوين النظام الشمسي. من المثير للاهتمام رؤية تفاعل هذا الغبار مع الرياح الشمسية، ويمكنك ملاحظة هذا من خلال الكاميرا الموجودة على مركبة باركر.



لوحة فنية توضح انتشار الغبار اثناء تشكل المجموعة الشمسية.

إلى أي مدى يمتد هذا الإكليل من الشمس؟

يمتد الإكليل الشمسي من سطح الشمس نفسه وحتى نهاية النظام الشمسي. نحن فعليًا داخل هذا الإكليل.

إذن تتحدث عن مفهوم موسّع جدًا للإكليل، وليس فقط الجزء الذي يحيط بالشمس والذي نراه أثناء الكسوف؟

نعم، الإكليل واسع جدًا بالفعل. هناك مهمة وافقت عليها وكالة ناسا الأمريكية، ستدرس الإكليل من مسافة تقدر بخمسين نصف قطر شمسي، أي بعيد جدًا، ومع ذلك تستطيع قياسه. لكن الإكليل الذي نراه في الكسوف عادةً لا يمتد سوى إلى ضعف حجم الشمس تقريبًا.

هل هي مهمة معتمدة رسميًا من وكالة «ناسا»؟

نعم، تم اعتمادها رسميًا من ناسا وأعتقد أنه قد بدأ العمل عليها بالفعل.

بصفتك متخصصًا في فيزياء الشمس، هل تعتقد أن مشكلة الانبعاثات الكتلية الشمسية وتأثيرها على رواد الفضاء في رحلة مستقبلية إلى المريخ قابلة للحل؟

أعتقد أن هذه المشكلة قابلة للحل. سيجد العلم وسيلة لمنع الانبعاثات الكتلية الشمسية من أن تتسبب في وفاة البشر.

ذكرتَ أن التنبؤ بالانبعاثات الإكليلية الكتلية ممكن، لكن هل من الممكن منعها تفاديها فهي قادرة على اختراق أي مادة؟

أتفق معك، سأعطيك مثالاً واحدًا، وهذا من وجهة نظري الشخصية، أنا لا أعرف الجواب بالتحديد، ولكني دائمًا أقول للشباب إن الخيال هو أول ما يجب امتلاكه للقيام بالعلم. نحن نعيش على الأرض، التي تتحرك في النظام الشمسي، ونتعرض للتوهجات الشمسية باستمرار، لكن لدينا نظام يحمي الأرض هو المجال المغناطيسي الأرضي، وهو بسيط وضعيف ولكنه فعّال جدًا.

أنا مقتنع أنه عندما يرغب البشر فعليًا بالذهاب إلى المريخ، وهذه خطوة كبيرة لا أعرف إن كانت ستتم خلال 50 أو 100 سنة، فإن الناس سيجدون من الناحية التقنية وسيلة لحماية رواد الفضاء من التوهجات الشمسية. أفضل طريقة هي السفر في فترة النشاط الشمسي المنخفض حيث تكون التوهجات قليلة أو منعدمة. لكنني مقتنع بأن خيال الإنسان ليس له حدود.

إذن أفضل استراتيجية هي تجنب الانبعاثات عبر السفر في فترة هدوء الشمس، أليس كذلك؟

نعم، هناك توهجات شمسية تحدث أحيانًا في مناطق نشطة وتتجه باتجاه واحد، وهناك توهجات أخرى تحدث وتنتشر على شكل موجات حول الشمس بالكامل. هذه الظواهر تسمى «هالو»، وهي تؤثر على كل الرياح الشمسية وليس باتجاه واحد فقط.

رائع، وما تأثيرها بالضبط؟

هي أكثر انتشارًا وتوسعا بدلًا من أن تكون متركزة باتجاه واحد فقط.

لكنها تخرج من الشمس؟

نعم، هناك الكثير من الجسيمات التي تتحرك مع الرياح الشمسية.

وماذا عن العلاقة بين النشاط الشمسي وتغيرات المناخ على الأرض؟

أعتقد أن الجواب يعتمد على من يطرح السؤال. الإجابة ليست ببساطة نعم أو لا. من الواضح تمامًا أن للشمس تأثير على الأرض على المدى الطويل. هناك مجموعات بحثية تدرس ما يسمى بـ»الحد الأدنى من نشاط مونـدر» والذي ارتبط بفترة باردة على الأرض. إذن هناك تأثير، لكن بمقياس زمني طويل، وليس على مدى عشر سنوات بل على مدى مئات السنين.

انتشار الرياح الشمسية عبر كواكب النظام الشمسي.

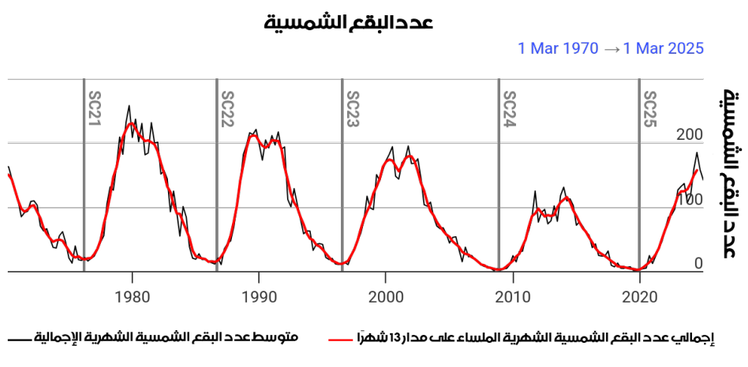
في مقياس دورة شمسية واحدة (نحو 11 سنة)، التأثير ضعيف جدًا. لكن هذا لا يعني أن الشمس لا علاقة لها بالاحترار العالمي، لأن إحدى نتائج الاحترار العالمي هي التغير في كثافة السحب. جزء من الإشعاع القادم من الشمس ينعكس على هذه السحب وإذا تغيرت السحب سيزداد الإشعاع الذي يصل إلى سطح الأرض. إذن الشمس هي التي تسخّن الأرض، لكن نحن نفتح ثغرات في الغلاف الجوي تسمح بوصول كمية أكبر من الإشعاع الشمسي. وبالتالي الشمس هي المسؤولة عن ارتفاع درجة حرارة الغلاف الجوي.

ما رأيك في الادعاءات بأن الأشعة الكونية لها تأثير على مناخ الأرض؟

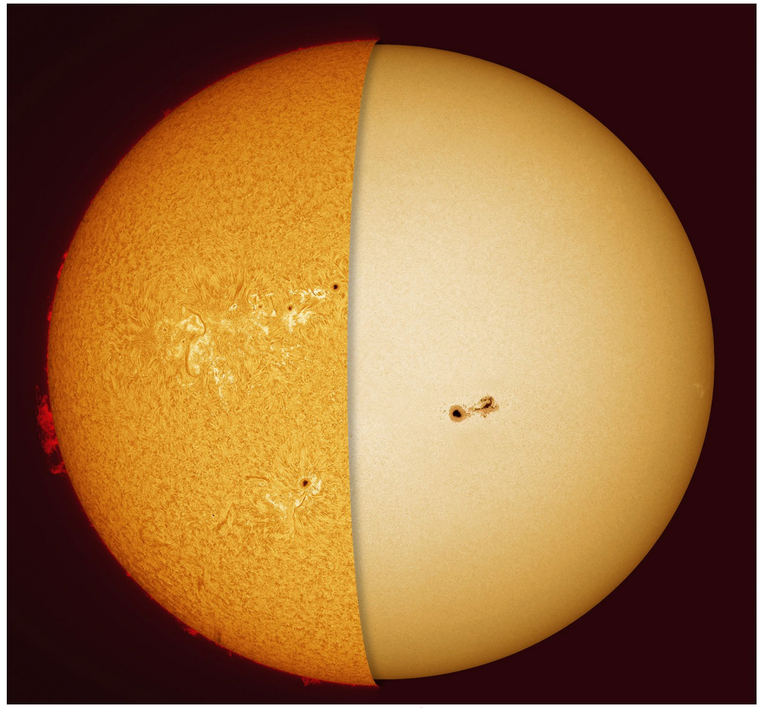
الأشعة الكونية لها علاقة قوية جدًا بتكوين السحب في الغلاف الجوي للأرض، لأن معدل تدفق هذه الأشعة يؤثر على زيادة أو نقصان تشكل السحب. هذا الارتباط مزعج، غير أنه موجود بالفعل. لكنني لست خبيرًا في مدى تغير معدل تدفق الأشعة الكونية في الكون. سمعت شخصًا مرة يقول إنه إذا انفجر نجم قريب مثل السوبرنوفا، فإن زيادة مفاجئة في الأشعة الكونية قد تؤثر حقًا على الأرض. لا أعرف إن كان هذا ممكنًا، لكنه احتمال وارد.

حسنًا، لنتحدث الآن عن النشاط الشمسي الحالي، وهل هناك توقع دقيق لموعد الذروة الحالية؟

ليست لدينا توقعات دقيقة، بل تلميحات فقط. يفترض أننا نقترب من ذروة الدورة، وبعدها يجب أن تنخفض. بعض العلماء يتوقعون أن الذروة ستكون في الأشهر القادمة، لكن بالنظر



الدورات الشمسية من SC21 إلى SC25 كما تُظهرها أعداد البقع الشمسية من عام 1970 إلى 2025.



الفرق بين الغلاف اللوني(Chromosphere) في الأعلى والغلاف الضوئي (Photosphere) للشمس.

لتاريخ الدورات الشمسية، نجد أن بعضها له ذروتان. لذا ربما نحن الآن نقترب من الذروة الأولى وقد تظهر نشاطات قوية لاحقًا.

هل الدورات الشمسية ثابتة المدة أم تختلف في طولها؟

هناك اختلاف طفيف. مشكلة التنبؤ بالدورات الشمسية تكمن في نقص البيانات. الدورات الأخيرة موثقة جيدًا بفضل الملاحظات الحديثة، لكن هناك مراجعة دائمة للقياسات التاريخية من الكتب القديمة. هناك مجموعات بحثية تعمل خصيصًا على تجميع هذه البيانات من مصادر مختلفة، وتظهر تناقضات أحيانًا بين المراقبين في مناطق مختلفة. رغم التكنولوجيا الحديثة، لا تزال معلوماتنا غير كافية لفهم الدورة الشمسية بشكل دقيق. نرى هذه الدورات على الرسوم البيانية، ولكن لا يمكننا التنبؤ بها بدقة.

ما هي أهم التحديات المستقبلية في مجال فيزياء الشمس والنجوم بشكل عام؟

في فيزياء الشمس خلال العقد القادم، هناك قضيتان رئيسيتان أتمنى أن يتم حلهما. الأولى هي مشكلة الدينامو الشمسي، حيث ستوفر البيانات الجديدة معلومات لم تكن متوفرة سابقًا، ما سيفتح بابًا جديدًا للاكتشافات. والثانية هي فهم تسخين الغلاف اللوني والإكليل الشمسي، وهي مشكلة قائمة منذ سنوات طويلة. الباحثون يقومون حاليًا بعمليات محاكاة متقدمة جدًا، وأعتقد أننا سنصل قريبًا إلى فهم سبب كون درجة حرارة الإكليل والغلاف اللوني أعلى بكثير من درجة حرارة سطح الشمس، وهي من أكبر الأسئلة المفتوحة في فيزياء الشمس. أعتقد أننا سنحل هذه الأسئلة في السنوات الخمس إلى العشر القادمة.

أود العودة إلى موضوع تسخين الطبقة اللونية، فقد كان يُعتقد في السابق أن موجات صوتية ما ترفع حرارته إلى ملايين الدرجات، ثم تراجع هذا التفسير. ما الآلية الأرجح لتفسير هذه الحرارة العالية الآن؟

الأمر معقد. هناك طريقتان رئيسيتان لتسخين الغلاف اللوني، وقد ثبت نظريًا أنهما ممكنتان، لكن لم يتم تأكيدهما بالملاحظة. الطريقة الأولى هي أن الموجات يمكن أن تبدد الطاقة في الغلاف الجوي بكفاءة، لكنك تحتاج إلى عدد كبير من هذه الموجات، وعند مراقبة الشمس

صورة توضح الإكليل الشمسي خلال كسوف كلي للشمس .

لا نرى الكثير من هذه الموجات التي يمكنها القيام بذلك. هذه إحدى العقبات.

أي نوع من الموجات؟ الصوتية أو الكهرومغناطيسية؟

لا، إنها موجات عادية، مجرد اضطرابات في الغلاف الجوي.

هل تقصد موجات فيزيائية في الغلاف الجوي، نوع من الاهتزازات التي ترفع درجة الحرارة؟

نعم، في سياق ديناميكيات الغلاف الجوي، وهو أكثر تعقيدًا مما يبدو. الآلية الثانية هي الطاقة القادمة من الحقل المغناطيسي، والتي تتحول إلى حرارة. إنها ببساطة تبديد للطاقة المغناطيسية.

إذن هذه الآلية الثانية؟ تبديد الطاقة المغناطيسية؟

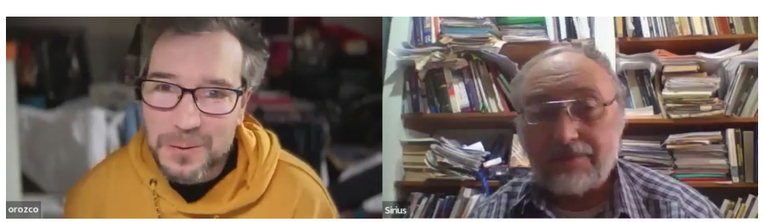
نعم، هذه هي الآلية الثانية. نعلم أن تبديد الطاقة في الحقل المغناطيسي يسبب التسخين بسهولة، لكننا عند فحص هذه الآليات، لا نجد أدلة واضحة. هناك أيضًا آليات أخرى اقترحت، وكل واحدة ربما تساهم بنسبة صغيرة، أو ربما يكون الأمر مزيجًا من جميع هذه العوامل. أعتقد أن مجتمع الباحثين سيتوصل خلال 5 إلى 10 سنوات إلى اتفاق بشأن ماهية هذه الآليات.

إذن فيزياء الشمس أمامها مستقبل واعد وأنت لا تزال شابًا، فبإمكانك مواصلة المساهمة لعقود قادمة في هذا المجال المتطور..

أرجو ذلك. نعم، أعتقد أنني في منتصف الطريق المهني.

أعتقد أننا تمكنا من استخلاص معلومات شيقة لقرّائنا من هذا الحديث. شكرًا جزيلًا.

شكرا على الاستضافة.



ضيف العدد

الدكتور السيد طلعت

«التحديات الكبرى في فهم الشمس واستكشاف الفضاء»

لقاء حصري مع الدكتور السيد طلعت

حاوره: جمال ميموني

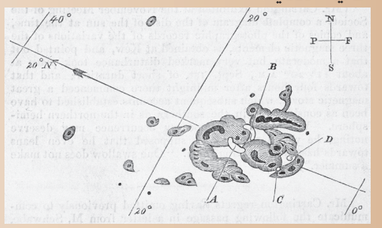
نرحب بك دكتور طلعت السيد ونتشرف بإستضافتك. تُعتبر أحد المتخصصين العالميين في مجال فيزياء الشمس، وقد كنتَ كبير العلماء في أحد أكثر أقسام وكالة «ناسا» شهرة. فما الذي يمكنك قوله عن التقدّم الذي تم إحرازه خلال العشرين سنة الماضية في فهم هذه الفيزياء الشمسية المعقدة، سواء على السطح أو تحته أو فوقه، والتي قد يكون لها تأثير كبير محتمل على الأرض؟

لقد شهدنا نموًا هائلًا وفهمًا متسارعًا للشمس وتأثيراتها على الأرض خلال العشرين عامًا الماضية، أو في الواقع منذ أن بدأنا في الوصول إلى الفضاء وتسارعت الأبحاث بشكل ملحوظ. فبمجرد أن بدأنا بإطلاق الأقمار الصناعية، أصبحنا نفهم بيئة الفضاء بشكل أفضل، سواء داخل الغلاف المغناطيسي، وهو الفقاعة المغناطيسية الواقية التي تحيط بالأرض، أو خارجه، حيث تكون المناطق معرضة للرياح الشمسية.

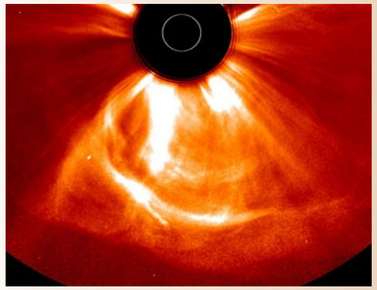
هكذا بدأنا نفهم خصائص هذا التدفق المستمر من الجسيمات المنبعثة من الشمس، والذي يُعرف بالرياح الشمسية، وكيف يُحرّك الفقاعة المغناطيسية، أي الغلاف المغناطيسي للأرض، وكيف يؤثر على طبقة الأيونوسفير، وهي الجزء المؤين من الغلاف الجوي، والذي يترك بدوره تأثيرًا واضحًا على بنيتنا التحتية التكنولوجية. لقد شهدنا مثالًا على ذلك في حادثة كارينغتون في القرن التاسع عشر، عندما وقع انفجار شمسي كبير تم توثيقه آنذاك، وقد رآه الناس بالتلسكوبات أو بالعين المجردة، ثم تم ربطه بعد يوم ونصف تقريبًا بانفجارات حدثت في أجهزة التلغراف على الأرض، والتي كانت تمثل البنية التحتية التكنولوجية في ذلك الوقت.

اليوم، نعلم أننا أكثر عرضة لمثل هذه الانفجارات الكبرى القادمة من الشمس، والتي تُعرف بانبعاثات الكتلة الإكليلية (CME) والتوهجات الشمسية. وبمجرد أن بدأنا في إرسال أجهزة الرصد إلى الفضاء، أصبح بإمكاننا قياس الجسيمات القادمة من الشمس، وكذلك هذه الانفجارات الكبيرة، عندما تكون موجهة نحو الأرض. وبالتالي، أصبحنا نستخدم هذه القياسات كمدخلات في نماذج تُحاكي تأثير هذه الظواهر على الأرض. هذا ما تم إنجازه فقط خلال العقود القليلة الماضية.

أمر آخر مهم هو أننا أصبحنا الآن قادرين على رصد الشمس بدقة غير مسبوقة، سواء من الأرض أو من الفضاء. لقد بدأ علم الشمس بالتطور خلال القرون الأخيرة، لكن من المعروف أن البقع الشمسية تم توثيقها في سجلات تعود لآلاف السنين. لكن بالطبع، الصور التي التُقطت سابقًا كانت محدودة الجودة بسبب ضعف الدقة من الأرض. أما اليوم، فبفضل أدوات التصوير الموجودة في الفضاء، يمكننا فعليًا رصد الشمس من خلال أطياف مختلفة من الطيف الكهرومغناطيسي مثل الأشعة فوق البنفسجية والأشعة السينية غير المرئية. تتوافق الأطوال الموجية المختلفة مع ارتفاعات مختلفة فوق سطح الشمس وعلى سطحها، مما يسمح لنا بقياس غلافها الجوي بدقة. وقد مكّنتنا هذه الأجهزة، على مدار العقود الأخيرة، من فهم ديناميكيات الشمس بشكل عميق، سواء على سطحها أو فيما نراه من تطور هذه البقع الشمسية بدقة عالية للغاية.



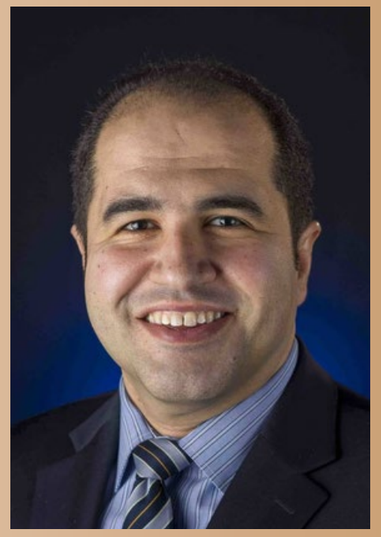
البقع الشمسية بتاريخ 1 سبتمبر 1859، كما رسمها ريتشارد كارينجتون.



صورة للعاصفة الشمسية التي حدثت في يوليو 2012، والتي أنتجت انبعاثات كتلية إكليلية مماثلة في قوتها لتلك التي حدثت في عام 1859.

نحن نعلم الآن أن هذه البقع الشمسية تلعب دورًا محوريًا في النشاط الشمسي المتفجر الذي قد يؤثر على بنيتنا التحتية التكنولوجية. فإذا سبق لك أن رأيت نشرة جوية تتحدث عن الأعاصير المدارية التي تتكون في حوض المحيط الأطلسي أو الهادئ، وتساءلت عما إذا كانت ستتحول إلى أعاصير في نصف الكرة الشمالي أو الجنوبي فذلك يشبه ما نقوم به مع البقع الشمسية. نحن نراقبها لأننا نعلم أنها قد تتحول إلى أحداث انفجارية. لذلك، أجرينا الكثير من الأبحاث حول شكل وتكوين هذه البقع الشمسية، وأصبح بإمكاننا تتبعها يومًا بيوم، ولدينا نوع من نظام التحذير المرتبط بكيفية تشكّلها.

كل هذا يتعلق بما يحدث على السطح، لكن أحد أكبر الألغاز التي ما زلنا نواجهها هو كيف أن نشاط المجال المغناطيسي الذي يتسبب في ظهور هذه البقع الشمسية، يحدث في مناطق تتحول فيها الطاقة الحرارية إلى طاقة مغناطيسية، ولهذا تكون هذه البقع أكثر برودة من بقية مناطق سطح الشمس. أما ما يحدث في أعماق نواة الشمس، فلا يمكننا إلا أن نلمح لمحة بسيطة أو خاطفة عمّا يجري هناك.



الدكتور السيد ر. طلعت

الدكتور السيد ر. طلعت هو الرئيس والمدير التنفيذي الحالي لرابطة أبحاث الفضاء بالجامعات (USRA)، التي تضم 121 جامعة منتسبة، معظمها من كبرى المؤسسات البحثية. شغل سابقًا منصب كبير العلماء في قسم الفيزياء الشمسية بوكالة ناسا، وعمل كعالم لبرنامج «العيش مع نجم» التابع لناسا، بالإضافة إلى مهمات فضائية في الفيزياء الشمسية والكواكب. يحمل الدكتور طلعت شهادة الدكتوراه في علوم الغلاف الجوي والفضاء من جامعة ميشيغان، وقد ألّف أكثر من 60 بحثًا في مجلات علمية، وشارك في أكثر من 400 ورقة بحثية في مؤتمرات علمية.

Dr. Elsayed R. Talaat

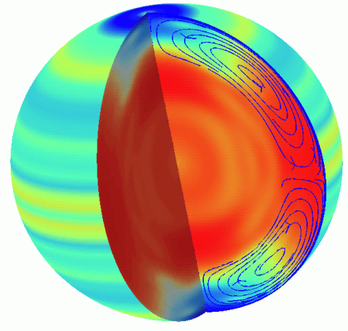
Dr. Elsayed R. Talaat is the current President and CEO of the Universities Space Research Association (USRA) with its 121 affiliated universities, which are primarily major research institutions. He was the Chief Scientist of NASA's Heliophysics Division and Program Scientist for NASA's Living with a Star program and other Heliophysics and Planetary missions. Dr. Talaat holds a Ph.D. in Atmospheric and Space Sciences from the University of Michigan and has authored over 60 journal papers and 400 conference papers.

في هذا السياق، نلاحظ أننا لا نزال غير قادرين على التنبؤ بالانفجارات الشمسية أو بالانبعاثات الكتلية الإكليلية. ما زلنا أيضًا لا نفهم فيزياء الشمس بالكامل. يمكننا أن نقوم بالنمذجة لكنها لا توفر فهماً حقيقياً. فهل هناك خطأ ما في الفيزياء التي نعتمدها؟ أم أن أمامنا طريقًا طويلاً لاكتساب الفهم الحقيقي؟

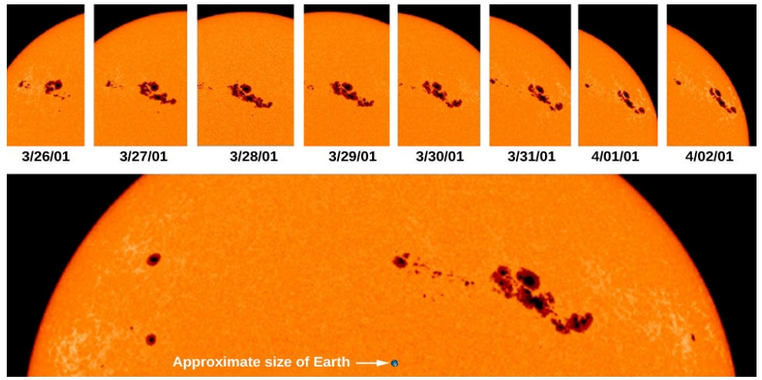
لا شك أن الطريق لا يزال طويلاً أمامنا، لكننا أحرزنا تقدماً ملحوظاً خلال العقود القليلة الماضية. على سبيل المثال، تطور مجال علم الزلازل الشمسية الذي يدرس الموجات والأنماط التي يمكن رصدها على سطح الشمس. تماماً كما نراقب أنماط الزلازل على الأرض ونستخدمها لفهم ما يحدث في باطنها، بدأنا الآن نطبق الأسلوب نفسه على الشمس. ومن بين ما لاحظناه وجود موجات واسعة النطاق تشبه إلى حد بعيد موجات «روسبي» التي تنتج أنماط الطقس الكبيرة عند خطوط العرض الوسطى على الأرض. ولدينا ظواهر مشابهة على الشمس، لأنها أيضًا جسم تدور فيه قوى الطرد المركزي وتتحكم في خطوط العرض الوسطى.

لذا يمكنني القول إننا أحرزنا تقدما في هذا المجال، لكن لا يزال الكثير من الغموض قائمًا، فلا يمكننا حتى الآن التنبؤ بالتوهجات الشمسية وبالانبعاثات الكتلية الإكليلية. ما نستطيع فعله هو مراقبة الشمس بحثًا عن الظروف التي قد تؤدي إلى توهجات أو انبعاثات كتلية، غير أن الجانب العلمي لا يزال بحاجة إلى دراسة أعمق. نحتاج إلى مزيد من التحقيقات لفهم الأسباب الكامنة، وما الذي يسبب هذه الأحداث بالضبط.

نحن لا نعرف حتى الآن كيف نتنبأ بالدورة الشمسية، مع أننا نرصدها من خلال البقع الشمسية منذ آلاف السنين. وعند اقتراب كل دورة شمسية، أو قبل بلوغ ذروتها، يجتمع فريق من الخبراء لتقديم تقدير توافقي للدورة القادمة، لكن نطاق التوقعات يختلف بشكل كبير بين هؤلاء الخبراء. هذا يدل على أننا لا نعرف بعد كيف نُنمذج الديناميكيات الداخلية للشمس بطريقة صحيحة تؤدي إلى تنبؤات دقيقة.



استخدام علم الإهتزازات الشمسية (الهيليوسيسمولوجي) لدراسة باطن الشمس.



حركة البقع الشمسية عبر نصف الكرة المرئية من سطح الشمس. في 30 مارس2001، امتدت هذه المجموعة من البقع الشمسية عبر مساحة تعادل حوالي 13 ضعف قطر الأرض. وقد أنتجت هذه المنطقة العديد من التوهجات والانبعاثات الكتلية الإكليلية. (المصدر: سوهو/ناسا/وكالة الفضاء الأوروبية)

نعم، وأعتقد كذلك أننا حتى الآن لا نفهم فعلياً لماذا تستغرق الدورة الشمسية الكاملة 22 عاماً. فهذا الرقم يُعد اختباراً لقدرتنا على الفهم، إذا كنا نفهم حقًّا. أليس كذلك؟

نعم، نعم، أنت مُحق، فدورة الـ 22 سنة هي متوسط عام، أو لنقل إن دورة الـ 11 سنة، من ذروة إلى ذروة، هي متوسط لما نرصده لكنها تتفاوت قليلًا. فعلى سبيل المثال، كانت الدورة الشمسية الأخيرة شاذة للغاية، لقد كانت منخفضة جدًا وطويلة جدًا خلال الحد الأدنى للنشاط الشمسي، ولم يتوقع أحد ذلك بدقة. أما الدورة الشمسية الحالية فقد تجاوزت التوقعات، بما في ذلك التوقع التوافقي الذي صدر سابقًا.

بالمناسبة، هناك من يقول إن الذروة الشمسية قد تحدث في أوت 2025 أو قبل ذلك. ما هو أفضل توقع حالي في تقديرك؟

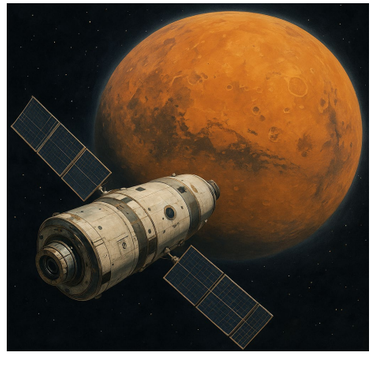
لا أعلم، فليس لديّ متابعة دقيقة للدورة الشمسية حاليًا، ولكن بالتأكيد، لا نعرف الذروة إلا بعد أن نتجاوزها، كما نعرف الحد الأدنى بعد تجاوزه أيضًا. لذا هذا أمر علينا متابعته. غالبًا ما تكون للدورات الشمسية ذروة مزدوجة بسبب طبيعة ديناميكيات المجال المغناطيسي للشمس. وبالتالي، قد تكون هناك ذروة مزدوجة ممتدة أيضًا.

ننتقل إلى الموضوع التالي وهو كوكب المريخ. هناك حديث متزايد عن السفر إلى المريخ ومواجهة الإشعاعات الهائلة التي قد يتعرض لها الإنسان هناك. حتى إيلون ماسك تحدّث عن إرسال طاقم بشري إلى المريخ. بناءً على ما نعرفه عن فيزياء الشمس، هل يُعد هذا الأمر مخاطرة محسوبة، أم أنه شيء يمكن تخيله في المستقبل، بأن يكون لدينا تحكم في الإشعاعات؟

حسنًا، دعني أقول أولًا إنني أؤمن تمامًا بأننا سنتمكن من إرسال أطقم بشرية إلى المريخ. فأي رحلة فضائية هي في النهاية مخاطرة محسوبة، سواء كان الطاقم بشريًا أو كانت المهمة باستخدام أقمار صناعية. علينا دائمًا موازنة المخاطر مع سبل التخفيف منها. اليوم نفهم بشكل عام الأنواع المختلفة من المخاطر، ومن ناحية الإشعاع، نعرف ما يمكن أن يتعرض له الطاقم، فهناك، بالطبع، الإشعاع الجسيمي والكهرومغناطيسي الذي يصدر عن الشمس النشطة بدءًا من التوهجات الشمسية، وأحداث الجسيمات الشمسية، والرياح الشمسية بشكل عام، بالإضافة إلى الانبعاثات الكتلية الإكليلية التي قد تحتوي على جسيمات نشطة تزيد من الجرعة الإشعاعية التي يتلقاها الطاقم.

لكن في الوقت نفسه، هناك أيضًا خلفية من الأشعة الكونية المجرّية التي سيتعرض لها الطاقم. وهنا نُلاحظ علاقة عكسية، فحين تكون الشمس نشطة، فإنها تُضعف أو تُخفف من تأثير الأشعة الكونية القادمة من المجرة. إذن، المسألة تتعلق بالتوازن، والمفتاح هو القدرة على النمذجة وفهم تأثيرات الإشعاع على صحة الطاقم.

هل يمكننا التخفيف من التعرض بإيجاد «النقطة المثالية»؟ إذا قررنا الذهاب في فترة الحد الأدنى للنشاط الشمسي، فما هو مقدار التعرض طويل الأمد للأشعة الكونية المجرية؟ وعلى العكس، خلال ذروة النشاط الشمسي، تكون الأشعة الكونية أقل، لكن في المقابل نواجه خطر الانفجارات الشمسية الكبيرة



التي تحتاج إلى استراتيجيات للتخفيف منها. من المؤكد أن المسؤولين عن وضع خطط رحلات الفضاء البشرية يفكرون بعمق في هذه الاحتمالات، ويعملون على إيجاد وسائل الحماية الممكنة للطاقم.

في الواقع، يتم تطبيق هذه التدابير بالفعل في الرحلات القريبة من الأرض. فعندما يحدث انفجار شمسي، يدخل الطاقم، على سبيل المثال، إلى محطة الفضاء الدولية، أو إلى داخل مكوك الفضاء كما في السابق، ويتوقف عن إجراء أي مناورات. توجد مناطق محمية مخصصة في المركبة، يتجمع فيها الطاقم لتقليل تعرضه للإشعاع. وهذا هو ما نُخطط له عندما نخرج من الغلاف المغناطيسي للأرض، أن تُصمّم المركبات الفضائية بحيث يتمكن الطاقم من الاحتماء خلف مناطق محمية. بالتأكيد، تُعدّ خزانات المياه من الوسائل الفعّالة لتقليل الإشعاع، أو أي كتلة مادية يمكن أن تُخفف من تعرض الطاقم له.

هل تعتقد أنه من المعقول فعلًا أننا سنتمكن في مرحلة ما من توفير الحماية الكافية لأفراد الطاقم مع العلم أن الرحلة تستغرق ثمانية أشهر ذهابًا وثمانية أشهر إيابًا وهذا تحدٍّ كبير؟

إنه بالفعل تحدٍّ، لكننا جنس بشري يحب الاستكشاف، وسنعمل على إيجاد حل تكنولوجي لتحقيق ذلك.

لنعد الآن إلى مسيرتك المهنية. هلا أعطيتنا لمحة عن العمل الذي تقومون به على مستوى جمعية أبحاث الفضاء الجامعية؟

حاليا أنا الرئيس والمدير التنفيذي لرابطة أبحاث الفضاء بالجامعات USRA، وهي منظمة غير ربحية تأسست عام 1969 بهدف تطوير علوم وتكنولوجيا الفضاء من خلال التعاون بين الأوساط الأكاديمية، والصناعة، والحكومة. لدينا 121 جامعة مانحة لشهادات الدكتوراه ضمن عضويتنا ونُدير عددًا من المؤسسات والبرامج بشراكة وثيقة مع العديد من مراكز وكالة ناسا، بالإضافة إلى جهات راعية فيدرالية أخرى، بما في ذلك مختبر أبحاث القوات الجوية وقوة الفضاء، كما لدينا أيضًا شراكات مع المؤسسة الوطنية للعلوم، على سبيل المثال. لدينا تطبيقات متنوعة تغطي طيفًا واسعًا من مجالات أبحاث الفضاء، بما في ذلك الفيزياء الشمسية، وعلوم الكواكب، والفيزياء الفلكية، وأبحاث الجاذبية المنخفضة والدقيقة، وعلوم الأرض، إلى جانب تطوير التكنولوجيا مثل الذكاء الاصطناعي، والتعلم الآلي، وتكنولوجيا الدفع النووي الفضائية، والتطبيقات الحرارية.

الإشعاعات الشمسية من أكبر مخاطر السفر في الفضاء.

رحلتك من بلدك مصر إلى وكالة «ناسا» كانت استثنائية. ما هي العوامل الخفية التي ساعدتك على النجاح وكيف استطعت تجاوز بعض العقبات الكبيرة مما مكّنتك من الوصول إلى ما أنت عليه اليوم؟ كذلك ما هو الدرس الذي تعلمته في الانتقال من العمل البحثي إلى جمعية غير ربحية تعمل كشركة تُطوّر مفاهيم وأدوات وطرقًا جديدة؟

بالتأكيد، لقد كنت محظوظًا جدًا في رحلتي إلى رابطة أبحاث الفضاء بالجامعات، وكان من حسن حظي أنني عملت في أماكن رائعة ومع أشخاص رائعين. أعتقد أن أحد الخطوط الثابتة التي رافقت مسيرتي المهنية هو أنني كنت دائمًا فضوليًا، ولديّ اهتمامات واسعة. ففي العادة، عندما تحصل على درجة الدكتوراه، تتعمق كثيرًا في موضوع واحد وتستمر فيه طوال مسيرتك، لكنني كنت محظوظًا بأن أتيحت لي الفرصة للقيام بأشياء متنوعة في مسيرتي. فعندما كنتُ باحثًا في مختبر الفيزياء التطبيقية بجامعة جونز هوبكنز، اخترت القسم الذي حصلت فيه على الدكتوراه جزئيًا لأنه يهتم بتطبيقات متعددة، حيث كان يُعنى بعلوم الغلاف الجوي والمحيطات والفضاء، وهي المجالات التي كنت مهتمًا بها. كان قسمًا هندسيًا، وبالتالي كان له أساس هندسي، لكنه كان يُطبّق المعرفة على علوم الغلاف الجوي، مثل علوم الأرض، وعلم المحيطات، وعلوم الفضاء، والكواكب، والغلاف الجوي العلوي، وغير ذلك، وهكذا استطعت التعمق في هذه التخصصات المتعددة. اخترت مختبر الفيزياء التطبيقية بجامعة جونز هوبكنز بعناية وكنت محظوظًا جدًا بانضمامي إليه، لأنه يهتم أيضًا بعلوم الكواكب وعلوم الأرض والفيزياء الشمسية وما إلى ذلك.

إنه مكان رائع. يبدو أنه كان بمثابة حلم بالنسبة لك

نعم، لقد كان حلمًا بالنسبة لي. لكن، مرة أخرى، عندما وصلتُ إلى هناك، استثمرت الفرص للقيام بأشياء مختلفة عبر أجهزة علوم الأرض، أجهزة فيزياء الشمس، نمذجة المريخ، وتحليل بيانات المريخ، هذه كانت أنواع المشاريع التي عملت عليها. وعندما طلبت مني «ناسا» أن أساعدها، كان الهدف أن أساهم في مجال فيزياء الفضاء، والفيزياء الشمسية، وعلوم الكواكب، لأنني كنت أمتلك هذا التنوع في الخلفية العلمية.

أثناء عملي في «ناسا»، عملت بالتأكيد على جوانب مختلفة من الفيزياء الشمسية وعلوم الكواكب، ثم انتقلت إلى الإدارة الوطنية للمحيطات والغلاف الجوي «نوا» (NOAA)، لأنني شعرت بالحاجة إلى تطبيق ما تعلمته في «ناسا». هكذا انضممتُ إلى «نوا» لمساعدتها في بناء برنامج للطقس الفضائي، بالإضافة إلى القيام بعلوم الأرض وتطبيقات مختلفة تهدف إلى تعزيز قدرات التنبؤ بالطقس. لذلك، أعتقد أن رسالتي هي أهمية أن نكون فضوليين، وألا نخاف من القيام بأمور مختلفة قليلًا.

خلال هذه التجارب المتنوعة كنت قادرًا على تطبيق ما تعلمته في مجالات أخرى، وتخصصات أخرى، وأظن أن على الناس أن يكونوا مرنين في التفكير حول كيفية تطبيق المعرفة. ما أقوله غالبًا هو أن أساس أطروحتي كان عن الموجات الجوية في الغلاف الجوي العلوي، وعن الأنواع المختلفة من هذه الموجات. في النهاية، كلها موجات. فكل هذه العلوم ما هي إلا معادلات تفاضلية تختلف فقط في المصطلحات، والحلول غالبًا ما تكون تحليلًا موجيًا. لذا، إذا كنتَ مرنًا في طريقة تفكيرك حول كيفية تطبيق هذه العلوم، ستدرك أن التطبيقات المختلفة ليست سوى تسميات مختلفة لنفس العلم، ولنفس المبادئ الأساسية، ولنفس الحقائق الجوهرية.

قد نكون مقبلين على ظواهر خطيرة مصدرها الشمس ولم نرها بعد، لأننا ما زلنا في الإطار التاريخي الحديث، فهل سبق لك أن قدمت، بصفتك كبير العلماء، نصيحة لحكومة وشعرت بأنها كانت حرجة وصعبة، وما هي الرسالة الأصعب التي اضطررت إلى إيصالها بخصوص المخاطر الكبرى التي قد نواجهها اليوم ونحن حضارة تعتمد على الفضاء؟

من الصعب دائمًا إيصال فكرة الاستعداد لحدث نادر الحدوث لكن تأثيره كبير. وهذا بالضبط ما نطلبه حين نتحدث عن طقس الفضاء. غالبًا ما يأتي الاستعداد فقط بعد وقوع الكارثة. يحدث إعصار هائل يدمّر البنية التحتية، فنقول: «حسنًا، الآن نحن بحاجة إلى نظام إنذار أفضل للأعاصير»، أو «نحن بحاجة إلى بنية تحتية أقوى لمواجهتها»، لكن مع طقس الفضاء، أعتقد أننا نجحنا في إيصال رسالة مهمة، وهي أن هذه الظواهر وعلى عكس الأعاصير أو الكوارث الجوية، لا تكون

الطقس الفضائي
Space Weather

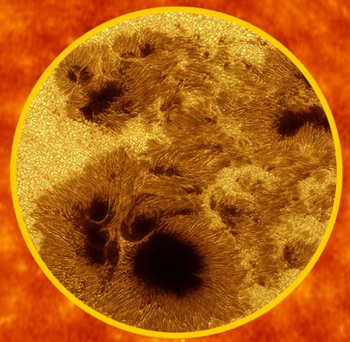
يشير الطقس الفضائي إلى الظروف والتغيرات في الفضاء المحيط بالأرض الناتجة عن نشاط الشمس. يتغير الطقس الفضائي بحسب دورة شمسية تستغرق حوالي 11 سنة، حيث يزداد النشاط الشمسي تدريجيًا ليبلغ ذروته، ثم ينخفض مجددًا. يؤثر الطقس الفضائي على الاتصالات، الملاحة، الأقمار الصناعية، وحتى شبكات الكهرباء الأرضية.

المجال الكهرومغناطيسي الأرضي

المجال الكهرومغناطيسي الأرضي هو درع غير مرئي يحيط بالأرض وتُنتجه نواة الكوكب الغنية بالحديد. يحمي المجال الأرضي الكوكب من الجسيمات المشحونة القادمة من الرياح الشمسية والانبعاثات الشمسية. بدونه، كانت الإشعاعات الكونية ستؤثر بشدة على الغلاف الجوي والحياة على الأرض.

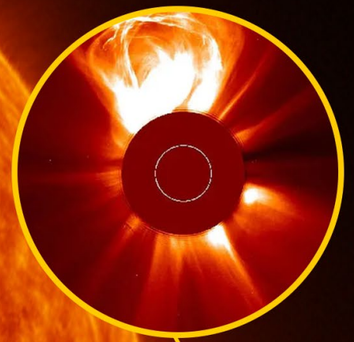
البقع الشمسية

البقع الشمسية هي مناطق داكنة تظهر على سطح الشمس بسبب انخفاض حرارتها مقارنة بالمناطق المحيطة. تتكون نتيجة للاضطرابات في المجال المغناطيسي الشمسي، مما يمنع انتقال الحرارة من الداخل إلى السطح. تُعد مؤشراً على النشاط الشمسي وتؤثر على الطقس الفضائي والإشعاعات الكونية.



الانبعاثات الكتلية الإكليلية

الانبعاثات الكتلية الإكليلية هي انفجارات ضخمة من البلازما والمجال المغناطيسي تنطلق من الإكليل الشمسي. تحمل كميات هائلة من الجسيمات المشحونة وقد تؤثر على الأرض إذا كانت موجهة نحوها.



العواصف الجيومغناطيسية

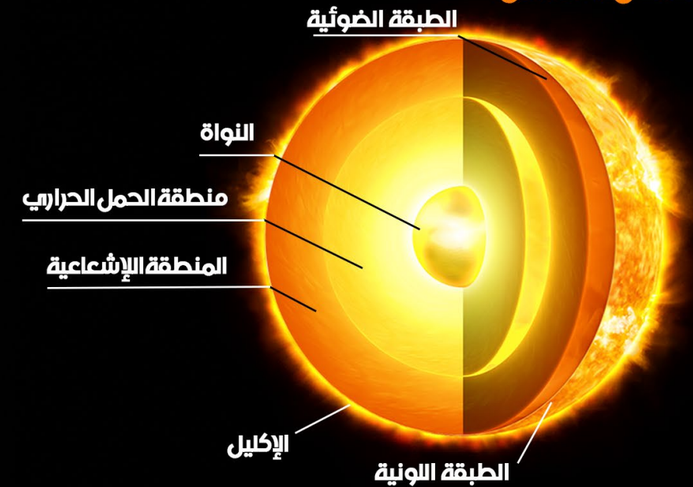
هي اضطرابات قوية في المجال المغناطيسي الأرضي ناتجة عن تفاعل الرياح الشمسية أو الانبعاثات الكتلية الإكليلية مع الأرض. تؤدي هذه العواصف إلى تغيرات مفاجئة في التيارات الكهربائية والمغناطيسية حول الكوكب.

الرياح الشمسية

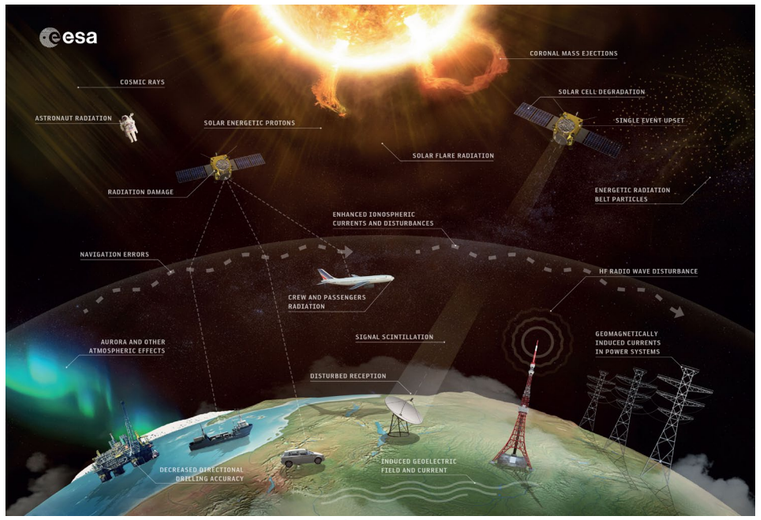
الرياح الشمسية هي تيار مستمر من الجسيمات المشحونة ينطلق من الغلاف الجوي الخارجي للشمس. تنتشر هذه الجسيمات عبر النظام الشمسي ويمكن أن تؤثر على المجال المغناطيسي للأرض. تساهم الرياح الشمسية في تكوين ظواهر مثل الشفق القطبي.

التوهجات الشمسية

التوهجات الشمسية هي انفجارات قوية للطاقة تحدث على سطح الشمس بالقرب من البقع الشمسية. تطلق كميات هائلة من الإشعاع عبر جميع أطوال الطيف الكهرومغناطيسي في وقت قصير.



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



لوحة فنية توضح مخاطر الفضاء والعواصف الجيومغناطيسية على تكنولوجيا الإتصالات وعلى الإنسان بشكل عام.

محلية فقط.

قد يكون الإعصار أو التسونامي مدمرًا للغاية، لكنه سيؤثر على منطقة محدودة فقط من العالم. أما طقس الفضاء، فله القدرة على التأثير، ليس فقط على الولايات المتحدة الأمريكية مثلاً، بل على العالم بأسره، إذا كانت الظاهرة قوية بما فيه الكفاية. وقد تمكنا من إيصال هذه الرسالة: أن الخطر عالمي وهو يتفاقم كلما ازدادت بنيتنا التحتية التكنولوجية تعقيدًا واعتمادًا على الفضاء. من الرسائل الأساسية أيضًا، أن الجميع يرى الآن مجموعات الأقمار الصناعية الضخمة التي تُطلَق إلى المدار الأرضي المنخفض، تُخبرنا عبر أجهزة الحاسوب المذهلة وهواتفنا إلى أين نذهب ومتى. نستخدم هذه الأجهزة لأنظمة تحديد المواقع GPS أو GNSS للملاحة والاتصال وغير ذلك، وبالتالي، كلما زاد اعتمادنا على هذه الأنظمة، زادت هشاشتنا أمام تهديدات طقس الفضاء.

تمكّنا من إيصال هذه الرسالة أيضًا، لكن هذا لا يعني أننا مستعدون لكل شيء، لا سيما عندما نتحدث عن استكشاف الفضاء أو التجارة الفضائية، حيث نحتاج إلى المزيد من الفهم والبحث، والمزيد من البنى التحتية التشغيلية، خاصة إذا كنا ننوي التوسع في النظام الشمسي. وجود نظام إنذار يساعد الأرض على الاستجابة شيء، أما وجود نظام إنذار قادر على مساعدة رواد الفضاء أو الطاقم الموجودين في المريخ أو في أي مكان آخر على الاستجابة، فهذا شيء مختلف تمامًا.

ما زلنا في طور التوعية والتعليم حول ما نحتاجه من حيث أبحاث طقس الفضاء وفهم الفضاء والشمس ومن حيث البنى التشغيلية كذلك، لكنني لا أستطيع أن أقول إن هذه الرسائل لم تجد صدى. لقد تمكّنا من إطلاق عدد من البرامج، غير أنني أعتقد أن التحدي الأكبر كان دائمًا في إيصال السؤال: «ماذا لو؟». مع ذلك، استطعنا أن ننجح من خلال الدراسات والتوقعات التي استندت إلى أدلة علمية قوية.

نظرًا للفجوات الحرجة التي لا تزال موجودة في أبحاث فيزياء الشمس، خاصة ما يتعلق بالتنبؤ بظواهر مختلفة مثل العواصف الشمسية، ما الذي ستُساهم به رابطة أبحاث الفضاء بالجامعات وما الذي يمكن أن تُقدّمه لتسريع التقدم في هذا المجال؟

هذه منظمة فريدة من نوعها. أُسّست من قبل الأكاديميات الوطنية، وهي واحدة من أبرز المؤسسات في مجال الخبرات الجامعية في الولايات المتحدة الأمريكية، بناءً على طلب من «ناسا»، من أجل توحيد الجهود بين الخبرات العلمية في الجامعات لمساعدة «ناسا» في البداية. أما الآن، فهي تُجري أبحاثًا علمية وتُطوّر تقنيات في مختلف مجالات عمل «ناسا»، بما في ذلك الفيزياء الشمسية، وطقس الفضاء، والوعي الظرفي الفضائي. أنا متحمس جدًا لوجودي هنا، وما تُقدّمه USRA هو منظور شامل وعابر للتخصصات، يربط بين مختلف التطبيقات العلمية والتقنية. على سبيل المثال، نعمل على تطبيق الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي، الذي نُطوره في أحد معاهدنا، ونتعاون مع معهد آخر لتطبيقه على طقس الفضاء وعلوم الأرض. كما ننظر في تكنولوجيا الطاقة النووية الفضائية، وكيف يمكن أن تُساعدنا على دفع عجلة الاستكشاف العلمي والبشري عبر النظام الشمسي.

إذا كنا نفكر في كيفية البقاء لفترات طويلة في المدار، أو النجاة من الليل القمري، أو البقاء على قيد الحياة على المريخ أو قرب الشمس، فنحن نبحث فعليًا عن حلول منها الطاقة النووية الفضائية وكذلك الأشرعة الشمسية كخيار آخر. نحن نُقيّم الأمور من منظور شامل، ونبحث في تقنيات متعددة، كما نجري أبحاثًا متقدمة في مجالي الجاذبية الصغرى والجاذبية المنخفضة، التي تُفيد رواد الفضاء سواء خلال وجودهم في المدار الأرضي المنخفض أو أثناء مهمات الاستكشاف خارج الأرض.

أعتقد أن الخبرة الموجودة لدينا هنا تُرافقها أيضًا جهود في تطوير الكفاءات البشرية، فـ USRA لديها سجل طويل في برامج ما بعد الدكتوراه، والبرامج الطلابية، والبرامج التعليمية، التي تُعِد الجيل القادم من العلماء والمهندسين، وهذا أمر أنا متحمس له للغاية لأنني من خلال عملي في «ناسا» و«نوا»، رأيت أننا لا نملك العدد الكافي من العلماء والمهندسين الذين نحتاجهم للمضي قدمًا في فهمنا العلمي وتحقيق جاهزيتنا التشغيلية. وهذا ما يمكن أن تُساهم فيه USRA التي تقوم بكل ذلك بطريقة مرنة وسريعة للغاية. هذا ما جذبني إليها. وكما قلت، أنا أحب المؤسسات ذات الرؤية الواسعة وUSRA بالتأكيد واحدة منها.

شكرًا جزيلًا لك على هذا النقاش المثمر للغاية.

سررت جدًا بهذا الحوار، أشكرك جزيل الشكر.

USRA
Universities Space Research Association

ثورة في الفيزياء الشمسية

أهم اكتشافات العقود الماضية

بقلم د . جمال ميموني

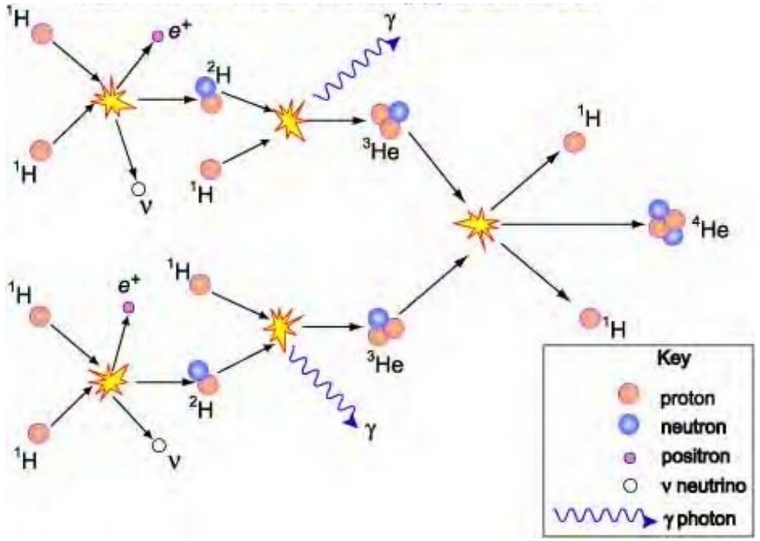
وحدة البحث في الوساطة العلمية - CERIST

الشمس، مصدر الضِّياءِ الكَوْنِيّ العملاق، كانت محلا لفضول البشر لآلاف السنين. ومع ذلك، لم نبدأ إلا في العقود الأخيرة فهم الفيزياء المعقدة التي تحكم بنيتها وإنتاجها للطاقة ونشاطها المغناطيسي. من حل لغز النيوترينو الشمسي الذي استمر لعقود إلى الكشف عن أصول الرياح الشمسية، حطمت الاكتشافات الحديثة ألغازاً قديمة وأثارت أسئلة جديدة. قامت البعثات الفضائية المتطورة، مثل مسبار باركر الشمسي وسولار أوربيتر، بتقريبنا أكثر - حرفياً ومجازياً - من فهم الغلاف الجوي المضطرب لنجمنا وتأثيره على النظام الشمسي بأكمله. تعيد الاكتشافات المتطورة في المجالات المغناطيسية وتسخين الهالة وفيزياء البلازما تشكيل معرفتنا ليس فقط بالشمس، بل وفيزياء النجوم ككل. بينما ندخل عصراً جديداً من الاستكشاف الشمسي، تستمر أسرار أقرب نجومنا في إلقاء الضوء على طبيعة النجوم عبر الكون. إليكم بعض الاكتشافات الرائعة في العقود القليلة الماضية.

رحلة تاريخية: من الجهل إلى الفهم

أ- التركيب النووي الأساسي

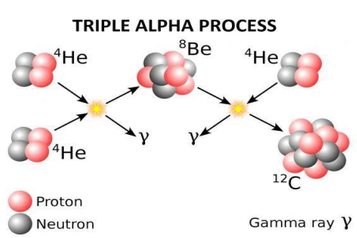
قبل فقط قرن من الزمن، كانت الشمس لغزاً. وفي أوائل القرن العشرين، كافح العلماء لتفسير كيف يمكنها أن تشع لمليارات السنين دون أن تستنفد إمداداتها من الطاقة. كانت النظريات السائدة – مثل التقلص الجاذبي أو الاحتراق الكيميائي – غير كافية، حيث تتنبأ بعمر أقصر بكثير مما تشير إليه الأدلة الجيولوجية والتطورية. هل تتخيل أن معظم الفيزياء الحديثة تطورت بينما كان أمثال رذرفورد، آينشتاين، بلانك، بور، شرودنغر، وديراك لا يملكون أدنى فكرة عن كيفية إشعاع



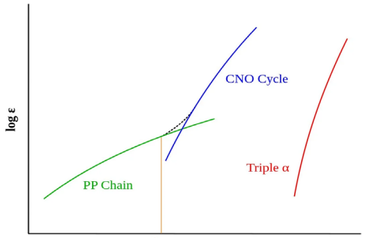
الشكل 1: التفاعل الرئيسي في النجوم مثل الشمس والأصغر منها هو سلسلة تفاعلات البروتون-البروتون، التي تنتج الهيليوم. ويكيميديا كومنز

نجمنا! دون أن نتحدث حتى عن العباقرة السابقين مثل نيوتن، جول، ماكسويل، لورنتز، ولورد كلفن.

لم يتحقق التقدم الحقيقي إلا مع تطور الفيزياء النووية، وذلك على مرحلتين: في الثلاثينيات مع كشف هانز بيته (Hans Bethe) وكارل فون فايتساكر (Carl von Weizsäcker) بصفة مستقلة عن تفاعلات الاندماج النووي التي تُشغل الشمس، موضحين أن نوى الهيدروجين (البروتونات) تندمج في قلب الشمس لتكوين الهيليوم، مما يطلق كميات هائلة من الطاقة. ثم في الخمسينيات بيّن



الشكل2 : تمكن عملية «الثلاثي ألفا» التركيب النووي من الاستمرار حتى الحديد.



الشكل 3: رسم بياني بمقياس لوغاريتمي يوضح الإنتاج النسبي للطاقة (ε) لعمليات الاندماج المختلفة عبر نطاق من درجات الحرارة. تهيمن سلسلة البروتون-بروتون (pp) عند درجة حرارة لب الشمس البالغة ١٥.٥ مليون كلفن، بينما تتساوى مع دورة الكربون-النيتروجين-الأكسجين (CNO) قرب 20 مليون كلفن.

الزوجان مارغريت وجيفري بيربيدج (M & G Burbridge)، ووليام فاولر (W. Fowler)، وفريد هويل (F. Hoyle) (B^2FH) كيف تُصنّع النجوم العناصر الأثقل (مثل تلك التي تتكون منها الكواكب والحياة) عبر عملية تُعرف بالتركيب النووي النجمي، والتي تشرح كيف تنتج النجوم العناصر حتى الحديد، بينما تنتج النجوم الأضخم عناصر أثقل خلال انفجارات المستعرات العظمى.

ومن المفارقات أن دورة الكربون-نيتروجين-أكسجين (CNO) – المسؤولة عن ١٪ فقط من طاقة الشمس – اكتُشفت في الثلاثينيات، قبل سلسلة البروتون-بروتون (pp) المهيمنة (الخمسينيات). حدث هذا لأن الفيزيائيين الأوائل بالغوا في تقدير حرارة نواة الشمس، فافترضوا أن دورة CNO هي المسؤولة. كما أن دورة CNO تعتمد على القوة النووية القوية (المفهومة جيدًا آنذاك)، بينما تأخر تأكيد سلسلة pp بسبب تعقيدات القوة النووية الضعيفة. لذا، عمليًا، لم نُدرك حقًا كيف تشرق الشمس إلا مع ورقة B^2FH عام 1957!

ب- المبدأ «الأنثروبي» قبل أوانه

لتحقيق هذا التقدم، كانت «معجزة» ضرورية: «رنين الكربون12-» الذي توقعه هويل عام 1953. فعملية «الثلاثي ألفا» (التي تدمج ثلاثة نوى هيليوم4- لتكوين الكربون12- وتفسح المجال لكل العمليات التركيبية أخرى) بدت مستحيلة في البداية بسبب مشكلة أساسية لكن هويل قدم تنبؤًا جريئًا: إذا كانت الحياة المعتمدة على الكربون موجودة، فلا بد أن يكون الكربون يُنتج بوفرة في النجوم. فافترض وجود حالة رنين غير مكتشفة للكربون12- عند طاقة 7.65 MeV ، تعمل كـ «اختصار نووي» يزيد وتيرة التفاعل بمقدار 10^{20} ضعفًا! وبالفعل، أكدت التجارب هذا الرنين لاحقًا. لم يفسر هذا الاكتشاف تركيب الكربون فحسب، بل أكد أيضًا على الترابط بين الفيزياء النووية والكونيات، كما قال هويل بمقولته الشهيرة: «الكون مُعدّ مسبقًا a The universe is put-up job!».

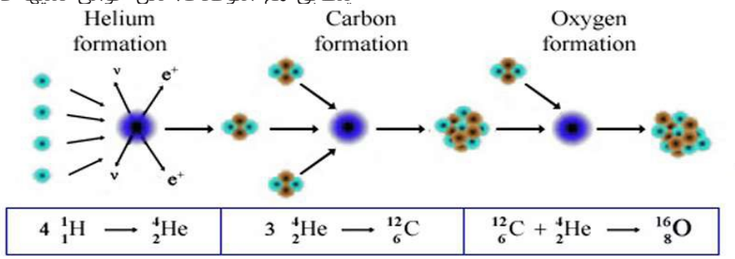
يعد فهم الشمس أمرًا حاسمًا لفهم النجوم بشكل عام. فالشمس – باعتبارها النجم الوحيد الذي يمكن دراسته بتفصيل دقيق – تُشكل مختبرًا طبيعيًا للفيزياء الفلكية. من خلال مراقبتها، نختبر نماذج تطور النجوم، والاندماج النووي، والنشاط المغناطيسي بطرق غير ممكنة مع النجوم البعيدة. وهكذا، نعزز فهمنا للكون بأكمله.

حل لغز النيوترينوات الشمسية

على الرغم من انتصار نظرية الاندماج النووي، ظهر تناقض كبير في الستينيات عندما حاول الفيزيائي ريموند ديفيس جونيور اكتشاف النيوترينوات، وهي جسيمات عديمة الكتلة تقريباً تنتجها التفاعلات النووية في الشمس. وجدت تجربته، المدفونة عميقاً تحت الأرض في منجم في ساوث داكوتا، حوالي ثلث تدفق النيوترينو المتوقع فقط. لعقود، حيّر هذا التناقض العلماء، مما دفع بعضهم إلى التساؤل عما إذا كان فهمنا للبّ الشمس خاطئاً جوهرياً.

جاء الاكتشاف من فكرة اقترحها برونو بونتيكورفو أولاً في أواخر الخمسينيات: قد يكون للنيوترينوات القدرة على التذبذب بين أنواع أو «نكهات» مختلفة أثناء انتقالها عبر الفضاء. وهذا يعني أن نيوترينوات الإلكترون، النوع الذي ينتج في الشمس أصلاً، يمكن أن تتحول إلى نيوترينوات ميون أو تاو، والتي لم تكن أجهزة الكشف في ذلك الوقت حساسة لها. إذا صح هذا، فسوف يفسر ببساطة النيوترينوات المفقودة.

جاء الدليل القاطع على تذبذب النيوترينو في أوائل العقد الأول من القرن الحادي والعشرين مع مرصد سودبوري للنيوترينو Sudbury) (Neutrino Observatory (SNO في كندا، بقيادة الفيزيائي آرثر بي ماكدونالد A. McDonald. على عكس التجارب السابقة، كان كاشف SNO – باستخدام الماء الثقيل – قادراً على اكتشاف نكهات النيوترينو الثلاث جميعها. أكدت النتائج أن العدد الإجمالي للنيوترينوات يتطابق مع التوقعات، لكن حوالي ثلثيها قد



شكل 4 : تجاوز عقبة الكربون

الشكل 5: برونو بونتيكورفو (B. Pontecorvo)، الفيزيائي الإيطالي المتخصص في الفيزياء التجريبية، ورائد أبحاث النيوترينو عالي الطاقة.

غير نوعه بحلول وصوله إلى الأرض. حل هذا الاكتشاف مشكلة النيوترينوات الشمسية وقدم أول دليل مباشر على أن للنيوترينوهات كتلة.

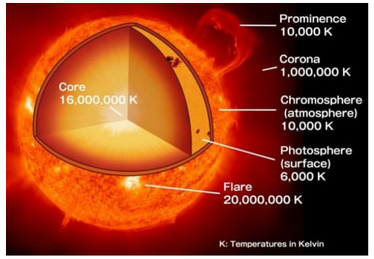
إن إدراك أن النيوترينوهات تمتلك كتلة له تداعيات عميقة ليس فقط على الفيزياء الشمسية، بل أيضاً على فيزياء الجسيمات الأساسية وعلم الكونيات. في النموذج القياسي لفيزياء الجسيمات، كان يُفترض في الأصل أن النيوترينوهات عديمة الكتلة. أجبر اكتشاف تذبذب النيوترينو الفيزيائيين على مراجعة النموذج، مما يشير إلى أن النيوترينوهات يجب أن يكون لها كتلة صغيرة لكنها غير صفرية. وهذا بدوره له عواقب كبيرة على فهم تطور الكون، حيث أن النيوترينوهات – على الرغم من خفتها الشديدة – هي من بين أكثر الجسيمات وفرة في الوجود وتساهم في البنية واسعة النطاق للكون.

تركز التجارب الحالية الآن على قياس الكتلة المطلقة للنيوترينوهات بدقة. اعتباراً من عام 2025، تشير أشد الحدود العليا صرامة إلى أن مجموع كتل النيوترينوهات الثلاثة أقل من 0.12 eV، بناءً على ملاحظات الخلفية الكونية الميكروية وتوزيعات المجرات واسعة النطاق. وضعت التجارب المخبرية، مثل KATRIN (تجربة نيوترينو التريتيوم في كارلسروه)، حداً علوياً مباشراً لكتلة نيوترينو الإلكترون عند حوالي 0.8 eV. هذه القياسات حاسمة لاختبار فيزياء جديدة تتجاوز النموذج القياسي وتحسن فهمنا لكيفية تشكيل النيوترينوهات لتطور الكون.

مشكلة تسخين الهالة

بينما فسرت الفيزياء النووية لب الشمس، ظلت طبقاتها الخارجية لغزاً، وخاصة الهالة التي تكون أكثر حرارة بمئات المرات من سطح الشمس. حيّرت هذه الملاحظة غير البديهية، المعروفة بمشكلة تسخين الهالة، العلماء لأكثر من قرن.

حققت مهمة مسبار باركر الشمسي التابع لناسا، التي أطلقت في عام 2018، التاريخ من خلال أن تصبح أول مركبة فضائية تحلق عبر هالة الشمس. لقد قدمت بيانات حاسمة عن أصل الرياح الشمسية، وكشفت أن أحداث إعادة الاتصال المغناطيسي الصغيرة وموجات البلازما المضطربة تلعب دوراً رئيسياً في تسخين الهالة.



الشكل 6: درجات حرارة طبقات الشمس المختلفة. ISAS/JAXA

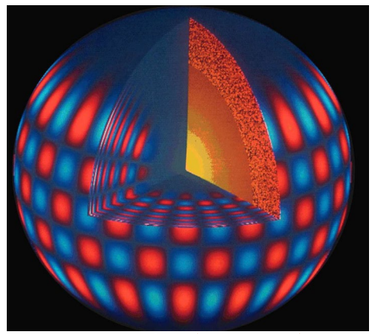
غيّرت النتائج فهمنا جذرياً لكيفية انتقال الطاقة عبر الغلاف الجوي الشمسي وإلى الفضاء.

دور الهيليوسيزمولوجيا في رسم خرائط باطن الشمس

هذا الارتباط رائع، لقد بدا الربط بين ملاحظات السطح وعمل الباطن الشمسي شيئاً لا يمكن تصوره، لكنه أصبح حقيقة. بحكم التعريف، فإن باطن الشمس محجوب عن الملاحظة المباشرة نتيجة كونه جسماً أسوداً فيزيائيا؛ ومع ذلك، من خلال علم اهتزازات الشمس (Helioseismology)، استنتجنا ديناميكياته الخفية بطرق لم تكن ممكنة إلا من خلال كشف النيوترينو، وهكذا سدّ جسر الهيليوسيزمولوجيا الفجوة التي بدت مستحيلة بين ملاحظات السطح وديناميكيات الباطن الشمسي المخفي.

مثال ذلك فك شفرة سيمفونية كونية، تكشف تذبذبات الشمس عن بنيتها الداخلية ودورانها وتدفقاتها الحملية بدقة مذهلة. بينما يظل لب الشمس محجوباً، يخترق الهيليوسيزمولوجي أعماقاً لا يمكن الوصول إليها إلا من خلال علم الفلك النيوترينوي. معاً، حوّلت هذه الأدوات فهمنا لعمل النجوم، محولة الاستدلال النظري إلى رسم خرائط ثلاثية الأبعاد مفصلة.

في الواقع، من خلال دراسة التذبذبات الشمسية، رسم علماء الهيليوسيزمولوجي بنية الشمس الداخلية بتفصيل غير مسبوق. كشفت ملاحظات من SDO ومجموعة شبكة التذبذب العالمية (GONG) عن رؤى جديدة



الشكل 7: أصوات النجم: أحد الأنماط العديدة الظاهرة على سطح الشمس ينشأ عن التذبذبات الرنينية في أعماقه.

في حركة البلازما داخل منطقة الحمل الشمسي والآليات العميقة التي تحرك الدورة الشمسية. هذه الدراسات ضرورية للتنبؤ بالتغير الشمسي طويل الأمد وتأثيره على مناخ الأرض. لمزيد من التفاصيل، انظر المقال من نسيم سغواني عن الهيليوسيزمولوجيا في هذا العدد.

الكشف عن التعقيد المغناطيسي للشمس باستخدام Solar Orbiter فوق القطب

المجال المغناطيسي للشمس مسؤول عن البقع الشمسية، والتوهجات الشمسية، والانبعاثات الكتلية الإكليلية (CMEs)، التي يمكن أن تعطل الأقمار الصناعية وشبكات الكهرباء وحتى رحلات الفضاء البشرية. إن فهم مغناطيسية الشمس أمر بالغ الأهمية للتنبؤ بطقس الفضاء، لكن العديد من التفاصيل بقيت غامضة حتى إطلاق مهمة «سولار أوربيتر» Solar Orbiter التابعة لوكالة الفضاء الأوروبية في عام 2020.

كشفت هذه المهمة وفرة من التراكيب المغناطيسية الصغيرة التي لم تُرَ من قبل، بما في ذلك توهجات مصغرة أطلق عليها اسم «نيران المخيم». قد تساهم هذه التراكيب في تسخين الهالة وتقدم رؤى جديدة في الدورة الشمسية. بالإضافة إلى ذلك، من خلال مراقبة قطبي الشمس – وهي منطقة يصعب دراستها تاريخياً – حسّن سولار أوربيتر نماذج الدينامو الشمسي، العملية التي تحرك الدورة المغناطيسية للشمس التي تستغرق 11 عاماً لمزيد من التفاصيل، انظر المقابلة مع دافيد سواريز أوروسكو في هذا العدد.

الشكل 8: مسبار Solar Orbiter سيتخذ مداراً مائلاً 25° عن خط استواء الشمس بعد عبورات متكررة قرب الزهرة لرصد قطبي الشمس.

اكتشاف مدهش للتقلبات المغناطيسية السريعة في الرياح الشمسية

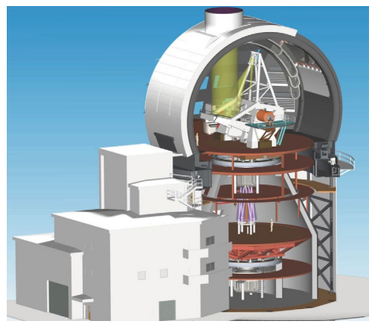
الرياح الشمسية، تيار مستمر من الجسيمات المشحونة من الشمس، تشكل الغلاف الشمسي بأكمله، الفقاعة الشاسعة المحيطة بنظامنا الشمسي. إن التنبؤ بسلوكها أمر بالغ الأهمية لحماية رواد الفضاء والمركبات الفضائية من التعرض للإشعاع. حتى وقت قريب، افترضت نماذج الرياح الشمسية تدفقاً خارجياً سلساً ومستمراً نسبياً.

مع ذلك، اكتشف مسبار باركر الشمسي Parker Solar Probe انعكاسات مفاجئة في المجال المغناطيسي تُعرَف باسم switchbacks. تشير هذه التغيرات السريعة في الاتجاه إلى رياح شمسية أكثر اضطراباً وديناميكية مما كان يُعتقد سابقاً. إن فهم هذه الميزات هو مفتاح تحسين توقعات طقس الفضاء وحماية البنية التحتية التكنولوجية للأرض.

مستقبل الاستكشاف الشمسي

على الرغم من هذه الاكتشافات، تبقى العديد من الأسئلة حول الشمس دون إجابة. تعِد عدة بعثات فضائية قادمة بتوسيع فهمنا للشمس أكثر من أي وقت مضى. ستوفر مهمة فيجيل التابعة لوكالة الفضاء الأوروبية (المقرر إطلاقها في ثلاثينيات القرن الحالي) مراقبة شمسية مستمرة من منظور فريد، مما يحسن التنبؤ بطقس الفضاء. تهدف مبادرة «السنة الكبرى للفيزياء الشمسية» Heliophysics Big Year لناسا إلى تنسيق الدراسات الشمسية العالمية في العقد القادم. ستلتقط التلسكوبات الشمسية المستقبلية، مثل مهمة فيزياء الشمس الجيل القادم (NGSPM)، صور ألفا فائقة الدقة للديناميكيات الشمسية، مما يكشف المزيد من أسرار نجمنا.

بالإضافة إلى ذلك، يقدم تلسكوب دانيال ك. إينوي الشمسي (DKIST)، أقوى مرصد شمسي في العالم، صوراً عالية الدقة غير مسبوقة للتراكيب المغناطيسية للشمس، مما يلقي الضوء على الفيزياء الأساسية التي تقود الانفجارات الشمسية.



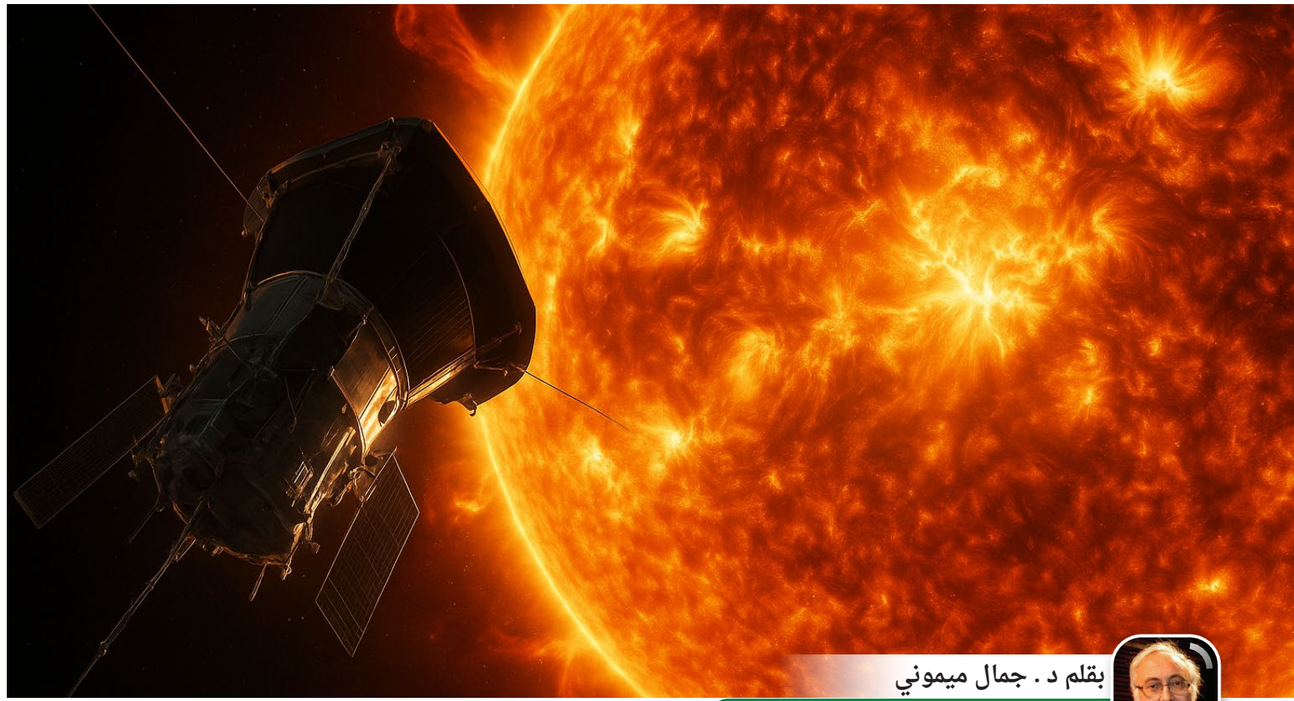
الشكل 9: تلسكوب دانيال ك. إينوي Daniel K. Inouye الشمسي (DKIST) بالقرب من قمة جبل هاليكالا في هاواي. أقوى تلسكوب شمسي في العالم.

الخاتمة

خلال العقود القليلة الماضية، شهدت الفيزياء الشمسية ثورة، حيث حلت ألغازاً طويلة الأمد وفتحت آفاقاً جديدة في فهم نجمنا. من تأكيد الاندماج النووي كمصدر طاقة الشمس إلى حل مشكلة النيوترينو الشمسي واستكشاف الهالة، وقد قام كل اكتشاف بصقل معرفتنا بالسلوك المعقد للشمس. مع استمرار المهمات الجديدة في دفع حدود الرصد، يعِد عصر البحث الشمسي القادم برؤى أعمق في ديناميكا جوارنا النجمي.

رحلة مسبار باركر: مهمة لمس الشمس
فك ألغاز نجمنا من مسافة قياسية

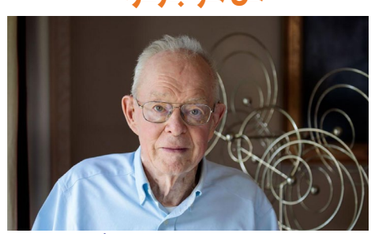
لقرون، ظلت الشمس لغزًا محيرًا - كرة متوهجة من البلازما تُغذي الحياة على الأرض بينما تطلق عواصف قوية في الفضاء، لكن أسرارها ظلت بعيدة المنال حتى الآن. مسبار باركر Parker الشمسي التابع لناسا يعيد كتابة قواعد فيزياء الشمس، حيث اقترب من نجمنا أكثر من أي مركبة فضائية في التاريخ. هذه المهمة ليست مجرد معجزة هندسية؛ إنها ثورة في فهمنا للشمس والطقس الفضائي.



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

على الرغم من أن الشمس هي الجرم السماوي الأكثر ألفةً، إلا أنها لا تزال تحوي العديد من الأسئلة دون إجابة. لماذا تكون هالتها الخارجية، وهي الطبقة العليا من غلافها الجوي، أكثر سخونة بكثير (من 1 إلى 3 مليون درجة) من سطحها؟ ما هي الآليات التي تُسرّع الرياح الشمسية، ذلك التدفق المستمر للجسيمات المشحونة المنبعثة من الشمس؟ كيف تتفاعل العواصف الشمسية والانبعاثات الكتلية الإكليلية مع الغلاف المغناطيسي للأرض؟ هذه الأسئلة حيرت العلماء لعقود. بينما قدمت المهمات السابقة بيانات قيمة، فقد ظلت تراقب الشمس من مسافة آمنة، لكن مسبار باركر الشمسي صُمم ليدخل الغلاف الجوي للشمس نفسه، مما يجعله أكثر مهمة طموحًا لاستكشاف الشمس على الإطلاق.

من هو باركر؟



الصورة 1: يوجين باركر، العالم الذي تنبأ بوجود الرياح الشمسية

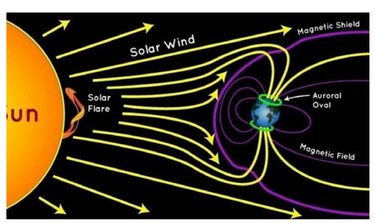
يحمل المسبار اسم الدكتور يوجين باركر (1927-2022)، عالم الفيزياء الفلكية الذي اقترح في عام 1958 وجود الرياح الشمسية وهي تيار مستمر من الجسيمات المشحونة المنبعثة من الشمس. واجه عمله الرائد تشكيكًا في البداية، حيث اعتقد العديد من زملائه أن الفضاء فراغ ساكن وخالٍ تماما. لكن باركر أصر على أن طاقة الشمس ومجالاتها المغناطيسية لا يمكن أن تظل محصورة داخل قرصها المرئي، بل يجب أن تمتد إلى ما هو أبعد، مؤثرة على النظام الشمسي بأكمله. كانت أفكاره ثورية لدرجة أن أول ورقة بحثية قدمها حول هذا الموضوع رُفضت في البداية. ولم يُعترف بعمله إلا بعد أن أكدت مهمة مارينر 2 التابعة لناسا في عام 1962 توقعاته، مما غيّر فهمنا للطقس الفضائي وتأثير الشمس على الكواكب.

كان تسمية المسبار باسم باركر لحظة تاريخية في استكشاف الفضاء، حيث كان أول مركبة فضائية تابعة لناسا تُسمى على اسم عالم لا يزال على قيد الحياة. كان هذا اعترافًا بمساهماته الرائدة في الفيزياء الفلكية والتزامه بتحدي الأفكار العلمية التقليدية. في أغسطس 2018، شهد باركر إطلاق المسبار الذي يحمل اسمه، وتوفي في 15 مارس 2022 عن عمر يناهز 94 عامًا، بعد أن اقترب المسبار من الشمس لمسافة 6 ملايين كيلومتر تقريبًا.

بالإضافة إلى عمله العلمي الثوري، عُرف يوجين باركر بتواضعه وكرمه. طوال مسيرته، شجّع العلماء الشباب على التفكير خارج الصندوق وتحدي النظريات المعتمدة، مؤكدًا أن العلم يتقدم من خلال الأفكار الجريئة والاستقصاء الجريء. أعجب زملاؤه وطلابه بصبره ولطفه، حيث كان دائمًا على استعداد للمناقشة ودعم الباحثين في مواجهة تعقيدات الفيزياء الفلكية. على الرغم من شهرته، ظل باركر متواضعًا بشأن إسهاماته، معتبرًا نفسه مجرد باحث عن الحقيقة في مجاهيل الكون الشاسعة. أستطيع أن أشهد على ذلك شخصيًا، ففي بداية مسيرتي كباحث شاب، توجهتُ إليه بطلب توضيحات حول بعض خصائص المجال المغناطيسي الشمسي، بينما كنت أدرس تأثير هذا المجال على النيوترينوات الشمسية. كان ذلك قبل ظهور الإنترنت، وقد كان لطيفًا بما يكفي للرد عليّ برسالة طويلة مكتوبة بخط اليد.

كيف يختلف باركر عن المسابير الشمسية الأخرى؟

يتميز مسبار باركر عن المهمات الشمسية السابقة كونه مسبارًا «عند الموقع» In situ - أي أنه يدخل الغلاف الجوي الخارجي للشمس ويتفاعل مباشرة مع المادة الشمسية هناك. يختلف هذا تمامًا عن مهمات مثل مرصد ديناميكا الشمس (SDO) ومرصد الشمس والغلاف الشمسي (SOHO) ومسبار سولار أوربيتر، التي تعتمد على التلسكوبات وأجهزة الاستشعار عن بعد لدراسة الشمس من مسافة آمنة.



الصورة 3: التفاعل بين الرياح الشمسية والغلاف المغناطيسي للأرض.

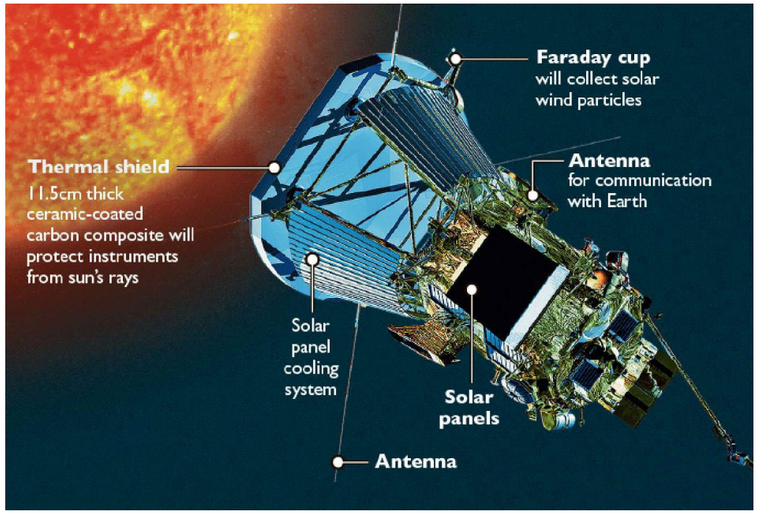
على عكس هذه المهمات، لا يستخدم باركر التلسكوبات لالتقاط صور لسطح الشمس. بدلاً من ذلك، يأخذ عينات من الجسيمات والمجالات الكهرومغناطيسية التي تشكل الهالة الشمسية. من خلال التحليق مباشرة في هذه البيئة القاسية، يقيس باركر خصائص الرياح الشمسية والمجالات الكهربائية والمغناطيسية والجسيمات عالية الطاقة بطرق لا تستطيع المهمات الأخرى تحقيقها. يشبه الأمر وضع مقياس حرارة داخل النار بدلاً من مراقبة اللهب من بعيد.

باركر والتنبؤ بالطقس الفضائي

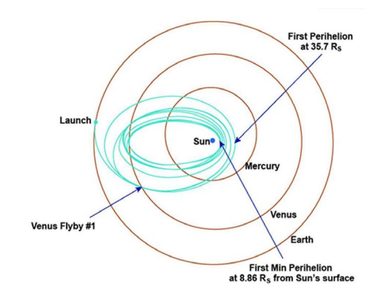
من خلال أخذ عينات مباشرة من الهالة الشمسية والرياح الشمسية عند مصدرها، يوفر باركر بيانات حاسمة لتحسين التنبؤ بالطقس الفضائي. تساعد قياساته للجسيمات الشمسية النشطة والانبعاثات الكتلية الإكليلية (CMEs) وديناميكا المجال المغناطيسي العلماء على التنبؤ بشكل أفضل بالعواصف الشمسية - التي يمكن أن تعطل الأقمار الصناعية وشبكات الكهرباء والاتصالات على الأرض.

المدار الجريء: كيف يتطور مسار باركر بمرور الوقت

يُعد مدار باركر أحد أكثر المدارات تطرفًا صُممت لمركبة فضائية. بدلاً من الحفاظ على مسار ثابت، يتطور مساره باستمرار، متكيفًا مع



الصورة 2: مسبار باركر الشمسي التابع لناسا: يلامس الشمس وأسرع مركبة فضائية في التاريخ



الصورة 4: المسار المعقد لمسبار باركر مستعملا جاذبية الزهرة قبل وصوله إلى مداره النهائي

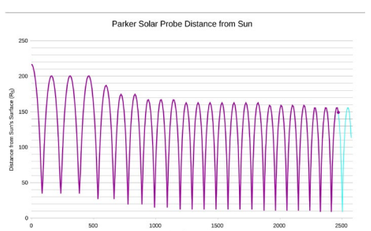
متطلبات المهمة وأهدافها. يعتمد المسبار على مساعدة الجاذبية من الزهرة لتقليص مداره تدريجيًا، مما يسمح له بالاقتراب أكثر من الشمس مع كل دورة.

المصير النهائي: ذوبان في لهيب الشمس

مثل جميع المهمات العظيمة، يجب أن تنتهي رحلة باركر. مع استنفاد وقوده، سيسقط تدريجيًا في الهالة الشمسية، حيث سيتبخر. تضمن هذه النهاية المُتحكم فيها ألاّ يصبح باركر حطامًا فضائيًا خطيرًا. ستستمر بياناته في تشكيل فهمنا للشمس لأجيال قادمة، مؤثرة على كل شيء من قدرتنا على التنبؤ بالطقس الفضائي إلى تصميم مهمات بين النجوم المستقبلية.

باختصار:

من خلال التحليق في الغلاف الجوي الخارجي للشمس، يقوم مسبار باركر الشمسي بإجراء علوم أساسية كما لم يفعل أي مسبار آخر. يوفر أول قياسات داخلية للمجالات المغناطيسية الإكليلية والجسيمات الشمسية النشطة بالقرب من مصدرها. كما يمثل إنجازًا هندسيًا استثنائيًا، حيث يتحمل درجات حرارة تتجاوز 1370 درجة مئوية بينما يدور على بعد حوالي ستة ملايين كيلومتر من الشمس، أقرب من أي مركبة فضائية في التاريخ. ستساعد اكتشافاته ليس فقط في فهم شمسنا، ولكن أيضًا في تقديم رؤى حول سلوك النجوم في جميع أنحاء الكون.



الصورة 5: مَسافة مِسبار باركر مِن الشّمس مع مرور الوَقت: يَبلغ حَضيضه الآن حَوالي 6.2 مليون كم مِن سَطح الشّمس.

مقالات علمية

رحلة التكنولوجيا الحيوية من الأرض إلى الفضاء

بقلم د. طارق قابيل

قسم التقنية الحيوية، كلية العلوم - جامعة القاهرة

هل تتخيّل أن نزرع يومًا محاصيلنا على سطح المريخ أو ننتج أدوية في مختبرات فضائية؟ هذا الحلم ليس بعيد المنال بفضل التكنولوجيا الحيوية الفضائية. هذا العلم الواعد يفتح آفاقًا جديدةً لاستكشاف الكون، ويعدنا بحياة مزدهرة في عوالم بعيدة، ومن خلال استغلال قدرات الكائنات الحيّة وتطوير تقنيات جديدة، نسعى لبناء مستعمرات بشرية مستدامة في الفضاء، وتحقيق نقلةٍ نوعيةٍ في تاريخ البشرية.

منذ آلاف السنين، استخدمت البشرية التكنولوجيا الحيوية في الزراعة وإنتاج الغذاء والطب. التكنولوجيا الحيوية هي مجالٌ واسعٌ من علم الأحياء يتضمّن استخدام الأنظمة الحية والكائنات الحية لتطوير أو تصنيع المنتجات. غالبًا ما يتداخل مع المجالات ذات الصلة بالبيولوجيا الجزيئية، والهندسة الحيوية، والهندسة الطبية الحيوية، والتصنيع الحيوي، والهندسة الجزيئية، وما إلى ذلك. تُعد التكنولوجيا الحيوية الفضائية حجر الزاوية في استكشاف الفضاء واستعماره، فهي تتيح لنا فهم تأثيرات البيئة الفضائية على الكائنات الحية، وتطوير حلول مبتكرة لتوفير الغذاء والأكسجين والدواء في رحلات الفضاء الطويلة. هذا المجال الواعد يزخر بالفرص البحثية والتطبيقية، ويعدنا بمستقبلٍ مشرقٍ في الفضاء.

هذا المجال الحيوي يجمع بين علوم الأحياء والفضاء، ويشكل تحديًا مثيرًا للباحثين والمبتكرين، ومن خلال دراسة الكائنات الحية وتطوير تقنيات الهندسة الوراثية، نسعى لخلق بيئات صالحة للحياة في عوالم بعيدة لتتجاوز أحلامنا حدود كوكبنا الأزرق.

تُعدّ التكنولوجيا الحيوية الفضائية مفتاحًا لاستكشاف آفاق جديدة للحياة في الفضاء، وتُساهم في تحقيق حلم البشرية في العيش والازدهار في هذا الكون الفسيح، بحيث تعتبر مفتاحًا لنجاح أي مستعمرات بشرية على القمر والمريخ، وكذلك أداةً قويةً لاستكشاف

النظام الشمسي.

مجالات التكنولوجيا الحيوية الفضائية

تُعدّ التكنولوجيا الحيوية الفضائية مجالًا سريع التطور يزخر بالفرص للباحثين والمبتكرين. من خلال الاستفادة من فرص البحث والاتصالات ومصادر التمويل المتاحة، يمكن للباحثين المساهمة في تحقيق تقدم هائل في هذا المجال، ممّا قد يُؤدّي إلى اكتشافات علمية ثورية وفوائد هائلة للبشرية.

وتُقدم التكنولوجيا الحيوية الفضائية مجالات بحثية ثورية تُوظّف تقنيات التكنولوجيا الحيوية لدراسة وفهم تأثيرات الفضاء على الكائنات الحية، وتطوير حلول مبتكرة لاستدامة الحياة في رحلات الفضاء الطويلة واستكشاف الفضاء الخارجي.

تدرس التكنولوجيا الفضائية الحيوية سلوك الكائنات الدقيقة في بيئة الفضاء، وفهم تأثيرات الإشعاع وانعدام الجاذبية عليها، وإمكانية استغلالها في تقنيات الإنتاج الحيوي في الفضاء، كما تدرس تطوير تقنيات جديدة للوقاية من الأمراض وعلاجها في بيئة الفضاء، وفهم تأثيرات الفضاء على صحة رواد الفضاء على المدى الطويل.

إضافة إلى ذلك، يهتم هذا المجال بالتكنولوجيا الحيوية النباتية في الفضاء، من خلال دراسة قدرة النباتات على النمو والإنتاج في بيئة الفضاء، وتطوير تقنيات زراعية جديدة لزراعة الغذاء في رحلات الفضاء الطويلة. كما يتم استغلال التكنولوجيا الحيوية لتطوير مواد جديدة وتقنيات متقدمة لها تطبيقات في مجالات الفضاء، مثل تنقية الهواء وإنتاج الماء وإدارة النفايات.

تحديات على سطح القمر

يتميز القمر ببيئة قاسية للغاية، بما في ذلك انعدام الجاذبية والإشعاع المرتفع ونقص الماء والهواء، وتُشكل هذه العوامل تحديات كبيرة لنمو الكائنات الحية واستخدام التقنيات

رائدة الفضاء سيرينا أونيون تشانسيلور تحصد الكرنب والخس في 28 نوفمبر 2018

الحيوية. كما تُعدّ الموارد على القمر محدودة، ممّا يتطلب تطوير تقنيات فعّالة لإعادة التدوير واستخدام الموارد بكفاءة. إضافة إلى ذلك، فإنّ نقل المعدات والتكنولوجيا إلى القمر مكلف للغاية، ممّا يتطلب ابتكار حلول تقنية فعّالة من حيث التكلفة.

وتُعدّ التكنولوجيا الحيوية عنصرًا أساسيًا لنجاح أي مستعمرات بشرية على سطح القمر، حيث تُقدّم حلولًا مبتكرة لمواجهة تحديات الحياة في بيئة قاسية، وتُتيح فرصًا هائلة لاستدامة الحياة وإنتاج الغذاء والدواء. وعلى الرغم من التحديات، يُقدم مستقبل التكنولوجيا الحيوية على القمر إمكانيات هائلة.

أول هذه الإمكانيات هو إنتاج الغذاء، حيث يمكن استخدام التكنولوجيا الحيوية لزراعة نباتات وإنتاج طعام في بيئات مغلقة على القمر، ممّا يُقلّل من الاعتماد على الإمدادات المُرسلة من الأرض. يمكن أيضا تصنيع الأدوية والعلاجات الطبية باستخدام تقنيات الهندسة الوراثية، ممّا يُتيح توفير رعاية صحية فعّالة لرواد الفضاء.

كما يمكن استخدام الكائنات الدقيقة لتحويل النفايات إلى مواد مفيدة، ممّا يُقلّل من كمية النفايات التي يجب تخزينها أو نقلها إلى الأرض، إلى جانب استخدام البكتيريا لتطوير مواد بناء جديدة خفيفة الوزن وقوية، ممّا يُسهّل عملية بناء الملاجئ والمستوطنات على القمر.

تتم إضافة الماء والعناصر الغذائية إلى النباتات في غرفة محاكاة بيئة محطة الفضاء الدولية في مركز كينيدي للفضاء التابع لوكالة ناسا.

استعمار المريخ: رحلة نحو مستقبل غامض

هــل تتخيل يومًا نعيش فيه على كوكب المريخ؟ قد يبدو هذا السيناريو من قصص الخيال العلمي، إلا أنه أصبح هدفًا واقعيًا يسعى إليه العلماء والمهندسون حول العالم. ولكن كيف يمكننا تحقيق هذا الحلم؟ الإجابة تكمن في التكنولوجيا الحيوية. ففي الوقت الذي نستعد فيه للانطلاق في رحلات فضائية طويلة، ستكون هذه التكنولوجيا هي المفتاح لبقاء البشر على قيد الحياة في بيئات قاسية بعيدة عن كوكبنا. من خلال استغلال قوة الكائنات الحية، يمكننا إنتاج الغذاء والأكسجين والمياه، وتطوير علاجات طبية جديدة، وبناء موائل صالحة للسكن في الفضاء.

تؤكد الأبحاث الحديثة أن التكنولوجيا الحيوية تمثل حجر الزاوية في تحقيق حلم استعمار الفضاء. عبر استغلال قدرة الكائنات الحية على التكيف والتكاثر في بيئات قاسية، يمكننا تطوير حلول مبتكرة للتحديات التي تواجهنا في الفضاء، فمن خلال زراعة المحاصيل في بيئات معادية، وإنتاج الأكسجين والمياه، وتطوير علاجات طبية جديدة، نستطيع بناء مستعمرات بشرية مستدامة على الكواكب الأخرى. كما أن التكنولوجيا الحيوية تفتح آفاقًا جديدة في مجال الطب، حيث يمكن استخدامها لطباعة الأنسجة والأعضاء، وتطوير علاجات جديدة للأمراض. وبالتالي، فإن الاستثمار في التكنولوجيا الحيوية ليس مجرد استثمار في المستقبل، بل هو استثمار في بقاء الجنس البشري.

ويُعدّ استعمار المريخ حلمًا يراود البشرية منذ عقود، وتُلعب التكنولوجيا الحيوية دورًا محوريًا في تحويل هذا الحلم إلى حقيقة. لكن هناك تحديات يجب التغلب عليها، أولها البيئة القاسية في المريخ، بما في ذلك انعدام الجاذبية بشكل شبه كامل، والإشعاع المرتفع، ونقص الماء والهواء، ودرجات الحرارة المنخفضة للغاية، وهي عوامل تُشكل تحديات هائلة لنمو الكائنات الحية واستخدام التقنيات الحيوية.

كما أن الموارد على المريخ محدودة، ممّا يتطلب تطوير تقنيات فعّالة لإعادة التدوير واستخدام الموارد بكفاءة. كذلك، يعتبر نقل

المعدات والتكنولوجيا إلى المريخ مكلفا للغاية، فيما تستغرق رحلة الفضاء إلى المريخ عدة أشهر، ممّا يُشكل تحديات كبيرة للحفاظ على صحة رواد الفضاء ونقلهم بأمان.

وعلى الرغم من هذه التحديات، يُقدم مستقبل التكنولوجيا الحيوية على المريخ إمكانيات هائلة، أهمها إنتاج الغذاء، إذ يمكن استخدام التكنولوجيا الحيوية لزراعة نباتات وإنتاج طعام في بيئات مغلقة على المريخ، ممّا يُقلل من الاعتماد على الإمدادات المُرسلة من الأرض، كما يمكن استخدام الكائنات الدقيقة لتحويل ثلوج القمر إلى ماء صالح للشرب.

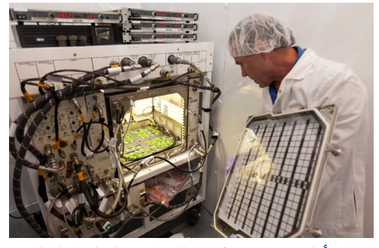
يمكن كذلك استخدام الطحالب والنباتات لإنتاج الأكسجين، ممّا يُتيح تنفسًا آمنًا لرواد الفضاء، إلى جانب استخدام البكتيريا لتطوير مواد بناء جديدة خفيفة الوزن وقوية تُسهّل عملية بناء الملاجئ والمستوطنات على المريخ. وتُتيح التكنولوجيا الحيوية إمكانية إجراء أبحاث علمية جديدة وفريدة من نوعها على المريخ، ممّا قد يُؤدّي إلى اكتشافات علمية ثورية في مجالات الأحياء والكيمياء وعلم الفلك.

آفاق جديدة لاستكشاف النظام الشمسي

تــلعب التكنولوجيا الحيوية دورًا هامًا في استكشاف النظام الشمسي، وتُقدم حلولًا مبتكرة لمواجهة التحديات التي تُواجه رواد الفضاء في بيئات الفضاء القاسية، وتُتيح فرصًا جديدة لدراسة وتحليل الكواكب والأقمار.

وتوجد مجالات رئيسية لاستخدام التكنولوجيا الحيوية في استكشاف النظام الشمسي، وهي دعم الحياة من خلال تطوير تقنيات لزراعة نباتات وإنتاج طعام في الفضاء، وإنتاج الماء والأكسجين، وإعادة تدوير النفايات، لخلق بيئة قابلة للعيش على متن المركبات الفضائية وفي المستوطنات المستقبلية على الكواكب والأقمار.

يُضاف إلى ذلك الحماية من الإشعاع، عبر استخدام الكائنات الدقيقة لتحليل وتقليل الإشعاع في الفضاء، لحماية رواد الفضاء من آثاره الضارة، وكذلك تطوير تقنيات حيوية للكشف عن علامات الحياة على الكواكب والأقمار، مثل تحليل العينات بحثًا عن بقايا الكائنات الحية الدقيقة أو المواد العضوية.



نباتات أرابيدوبسيس ثاليانا التي تنمو داخل غرفة النمو في وحدة الطيران المتقدمة للمَوائل النباتية رقم 1.

يتم حصاد في مختبر تطوير معدات الطيران في منشأة معالجة محطة الفضاء في كينيدي.

يمكن أيضا استخدام الكائنات الدقيقة لإنتاج وقود حيوي من المواد الموجودة على الكواكب والأقمار، مثل ثاني أكسيد الكربون أو الماء، لتوفير طاقة مستدامة للمركبات الفضائية، إلى جانب استخدام البكتيريا والنباتات لتطوير مواد بناء جديدة خفيفة الوزن وقوية، لبناء ملاجئ ومستوطنات على الكواكب والأقمار.

ومن أهم تطبيقات التكنولوجيا الحيوية في استكشاف النظام الشمسي، مشروع «مارس ون» الذي يهدف إلى إرسال رواد فضاء في رحلة اتجاه واحد إلى المريخ، باستخدام تقنيات الزراعة الحيوية لزراعة الطعام وإنتاج الماء، إضافة إلى مسبار «جاليليو» الذي استخدم تقنيات حيوية لتحليل الغلاف الجوي لكوكب المشتري بحثًا عن علامات الحياة. أما مركبة «كيوريوسيتي» فتبحث عن أدلة على وجود حياة سابقة على كوكب المريخ، باستخدام أدوات لتحليل التربة والصخور بحثًا عن مواد عضوية.

استعمار المريخ: رحلة نحو مستقبل طحلب قادر على تحمل الظروف القاسية للمريخ

وفي إنجاز علمي بارز، أعلن علماء صينيون عن اكتشاف نوع من الطحالب الصحراوية يتمتع بقدرة استثنائية على تحمل الظروف القاسية. هذا النوع، المعروف باسم «Syntrichia Caninervis»، أثبت قدرته على البقاء والتكاثر في ظروف مشابهة لظروف سطح المريخ، حيث تحمل درجات حرارة متجمدة وإشعاعات قوية وجفافًا شديدًا.

ويمثل هذا الاكتشاف خطوة مهمة نحو تحقيق حلم البشرية في استكشاف الفضاء واستعمار عوالم جديدة. فبعد سنوات من البحث والتجارب، توصل العلماء إلى أن هذا الطحلب يتميز بمرونة عالية وقدرة على التكيف مع البيئات القاسية. فهو قادر على العودة للحياة حتى بعد فقدان نسبة كبيرة من الماء وتعرّضه لدرجات حرارة منخفضة للغاية. هذه الخصائص الفريدة تجعله مرشحًا قويًا ليكون أحد ركائز الحياة في المستعمرات البشرية المستقبلية على سطح المريخ.

يفتح الاكتشاف آفاقًا واعدة في مجال استكشاف الفضاء، حيث يمكن استخدام هذا الطحلب في إنتاج الأكسجين والغذاء وتثبيت التربة على سطح الكوكب الأحمر. كما أنه يمثل خطوة مهمة في فهم أصول الحياة وتطورها في الكون.

وقد يشجع هذا الاكتشاف الدول والوكالات الفضائية على زيادة استثماراتها في استكشاف المريخ، ومن المتوقع أن يؤدي إلى تطوير تكنولوجيات جديدة لدعم الحياة في الفضاء، مثل أنظمة زراعية فضائية وأنظمة تنقية المياه.

تكنولوجيا واعدة

يُعدّ مجال التكنولوجيا الحيوية الفضائية مجالًا واعدًا ذا إمكانيات هائلة، ومن بين التطورات المستقبلية المتوقعة، نذكر إنشاء مستوطنات بشرية دائمة على القمر والمريخ، تعتمد على التكنولوجيا الحيوية لإنتاج الغذاء والمياه والأدوية، وإعادة تدوير النفايات، وخلق بيئة قابلة للعيش.

وستلعب التكنولوجيا الحيوية دورًا هامًا في توفير رعاية صحية متقدمة لرواد الفضاء خلال رحلاتهم الفضائية، ممّا يفتح الباب أمام إمكانية ازدهار السياحة الفضائية، كما تُتيح إمكانية إجراء أبحاث علمية جديدة وفريدة من نوعها في بيئة الفضاء، ممّا يساهم في اكتشافات علمية ثورية في مجالات الطب وعلم الأحياء والكيمياء.

ويمكن أن توفر التكنولوجيا الحيوية رؤى قيمة حول كيفية عمل العمليات البيولوجية خارج بيئة الأرض، وقد تساعد أيضا في تطوير تقنيات وأساليب جديدة لدعم رحلات الفضاء البشرية طويلة الأمد، وكذلك تطوير المنتجات التي تساعد في علاج الأمراض، وتقليل البصمة البيئية، وتوفير الغذاء، وإنشاء عمليات تصنيع صناعية أكثر كفاءة.

هكذا أصبح علم البلورات ركيزة الصناعات التكنولوجية الحديثة

الشهاب العلمي تحاور الباحثة في الفيزياء

د. عائشة بن سويسي

حاورتها ياسمين بوالجدري

منذ القدم، سحرت البلورات الإنسان بأشكالها وألوانها المميزة التي ارتبطت بالكثير من الخرافات والأساطير، لكن وراء هذا الجمال يكمن عالمٌ واسعٌ من القوانين العلمية التي تشرح الترتيب الهندسي الدقيق والخصائص الفيزيائية الفريدة لهذه الأجسام المتجانسة، فأصبح علم البلورات يُشكّل أساسًا للعديد من التطبيقات التي نستخدمها يوميًا.
في هذا الحوار، تستضيف مجلّة الشهاب العلمي الباحثة في قسم الفيزياء بجامعة الإخوة منتوري بقسنطينة، والمتخصصة في علم البلورات، الدكتورة عائشة بن سويسي، لنتعرّف معها على أهمية هذا العلم في فهم الكون المادي وأحدث التطورات والتحديات المرتبطة به، وكيف تساهم البلورات في تشكيل مستقبل التكنولوجيا والصناعة.

نرحّب بك دكتورة عائشة بن سويسي ونشكرك على تلبية دعوة مجلّة الشهاب العلمي لإجراء هذا الحوار. بدايةً نريد أن نعرف منك ما هو علم البلورات ببساطة، وكيف يختلف عن العلوم الأخرى مثل الكيمياء أو الفيزياء؟

علم البلورات هو ببساطة علم يدرس البنية الجزيئيّة المبلورة للمواد، وتعيين مختلف خصائصها طبقًا لحالتها البلورية. تظهر أهمية علم البلورات من خلال تلك الخواص

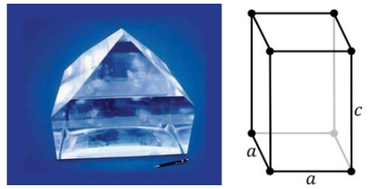
الفيزيائيّة، الكيميائيّة وحتى البيوطبيّة الّتي تتغيّر مع تغيُّر بنية المادة البلورية، وأشهر مثالٍ على ذلك هو الجرافيت الموجود في أقلام الرصاص الّتي نستعملها للرسم والكتابة فهنا الخلية الأساسية للبنية البلورية لذرات الكربون تتموضع في نظام هندسي نسميه النّظام السداسي يشبه خلايا النّحل المتموضعة فوق بعضها، بينما البنية البلورية لذرّات الكربون في الألماس تتموضع في نظام هندسي بلوري نسميه النّظام الألماسي وهو عبارة عن تموضع ذرّات الكربون على رؤوس مكعبين متداخلين لكن بأبعاد مضبوطة في الطول بين ذرة وأخرى.

يظهر جليًّا أوّل فرقٍ أساسي بين الغرافيت والألماس من خلال اللّون، فالأوّل شديد السّواد والامتصاص للضّوء والثاني أبيض شفاف وعاكسٌ ممتازٌ للأضواء. تبرز أهمية دور علم البلورات أيضًا في مجال الأدوية والعقاقير الطبية، فنفس المادة إن كانت مبلورة في نظام بلوري معين تكون نافعةً للمريض لكن إن استعملت وهي متبلورةً في نظام بلوري آخر قد تكون سامّةً، وتتسبّب في حالات وفاة عند تناولها وتفاعلها مع الخلايا داخل الجسم.

أمّا بالنسبة للعلوم الأخرى مثل الفيزياء أو الكيمياء فلا يوجد اختلافٌ بينها وبين علم البلورات، بل إنّ هذا الأخير هو فرع العلم الذي يلتقي فيه الفيزيائيون والكيميائيون، ويُعتبر أحد الاختصاصات الّتي نجد فيها متخرّجًا من قسم الفيزياء اختصاصه علم البلورات، وقد نجد أيضًا متخرّجًا آخر من قسم الكيمياء اختصاصه هو أيضًا علم البلورات، فلا يمكن فصل هذا العلم عن أيٍّ منهما. الاختلاف الوحيد هو تركيز الفيزيائيين على دراسة الخصائص الفيزيائيّة للبلورات وتطبيقاتها، وتركيز الكيميائيين على الجزيئات المبلورة وتطبيقاتها خاصّةً الصيدلانية والطبية.

هلّا شرحتِ لنا دكتورة خصائص البلورات وكيف تختلف الأنظمة البلورية عن بعضها البعض؟

سؤالٌ ممتاز، للتعمق في فهم أهمية علم البلورات يجب أوّلًا معرفة معنى مادة مبلورة أو بلورات وشرح خصائصها وأنواعها. أوّلًا البلورات أو المواد المبلورة هي عبارة عن مواد تترتّب فيها الذرات أو الجزيئات وفقًا لنظام من الأنظمة السّبعة حسب قيم ثلاثة أبعاد وثلاث زوايا تُمثّل أبعاد الخلية الأولية



مثال عن بلورة KDP المستعملة في صناعة الليزر- تنتمي إلى النظام البلوري

للبلورة بحيث تسمح قيمها بتحديد تناظرات النظام البلوري، ويُشترط أن تتكرّر دوريًا بحيث تكون لنا شبكة دورية منتظمة الأبعاد كبيرة نسبيًا داخل المادة، وهو عكس تعريف المادة غير المتبلورة الّتي قد يكون فيها تبلور بأبعاد صغيرة جدًّا وبالتالي المادة غير المتبلورة لا تمتلك خواصّ المواد البلورية المميزة لها عند تفاعلها مع أيّ تأثير خارجي سواءً كان إشعاعًا، حقلًا كهربائيًّا، حقلًا مغناطيسيًّا، ضغطًا ميكانيكيًّا أو حتّى حقلًا حراريًّا.

لخصائص البلّورات علاقة وطيدة بنظامها البلّوري ونوع الذرات والجزيئات المكوّنة لها، لذلك فإنّ تبلور نفس المادة في عدّة أنظمةٍ بلّورية وفقًا لشروط ترموديناميكية خاصّةٍ بكلّ نظام، يؤدي حتمًا إلى خواصّ فيزيائيّةٍ وكيميائيّةٍ مختلفة. دراسة خواص البلورات تمثّل جزءًا أساسيًّا ومهمًّا من علم البلّورات، ورياضيًّا نستعمل التّنسورات لدراسة هذه الخواص ممّا يسمح بفهمها بدقة وتصنيف كلّ مادة متبلورة تبعًا للخواصّ الّتي تتمتّع بها.

هل هناك أيّة تجارب عملية بسيطة يمكن للأشخاص القيام بها في المنزل لفهم مبادئ علم البلورات؟

توجد تجربة بسيطة قمت بها أنا شخصيا في المنزل عندما كنت طالبة في مرحلة التدرج، وهي إنماء بلورة ملح الطعام من خلال تذويبه في الماء ثمّ انتظار مدّة أسبوعين للحصول على بلّورات صغيرة بشكل مكعّبات أبعادها ميليمترية. كان هدفي التأكد أنّ ملح الطعام فعلًا يملك تناظر المكعب لأنّ خليّته الأساسية هي ما يسمى بـ Face Centred Cubic، وهي من التجارب البسيطة لإنماء البلّورات الّتي يستطيع أيُّ طالبٍ أو تلميذٍ القيام بها، لكن إن اختار مادة أخرى، فعليه التأكد أوّلًا من احتياطات استعمالها لأنّ أغلب المواد الكيميائية سامّة ما عدا الّتي نستعملها في الحياة اليومية، لذلك أشجّع على مثل هذه التجارب داخل المخابر المدرسية والجامعية بإشراف الأستاذة. أمّا افتراضيا، بإمكان التلاميذ والطلبة استعمال البرامج التي تخصّ علم البلّورات مثل برنامج Crystal Structure Visualisation أو أيّ برنامج يُستعمل لتكوين البلّورات ثلاثية الأبعاد وإظهارها على شاشة الحاسوب.

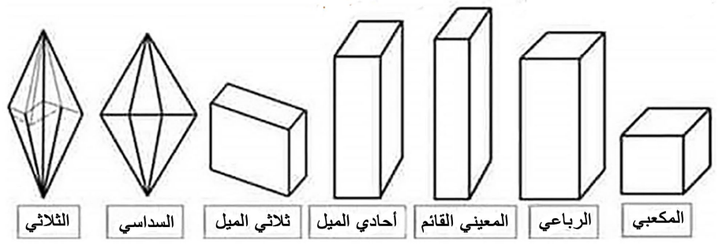
ما هي أهمية دراسة البلورات، وكيف تساعد هذه الدراسة في تشكيل فهمنا للمادة الصلبة؟

تكتسي دراسة البلورات أهمية كبيرة لأنّها ركيزة جميع الصّناعات التكنولوجية الحديثة والتكنولوجيات عالية الدقة في جميع المجالات، كتصنيع الأجهزة الإلكترونية، الحواسيب والأجهزة الطبية وأبسطها الليزر الطبي، الأجهزة المستعملة في المجال العسكري كالليزر ذي الطاقة العالية وكذا الحسّاسات دون أن ننسى مجال الطّاقات المتجدّدة وتصنيع السيليسيوم المبلور لتوليد الطاقة الكهربائية، والّتي تستعملها الوكالة الفضائية «ناسا» مثلًا وهي أغلى من الألواح العادية الّتي تصنعها الصين حاليًا بثمن مناسب، لكن الفرق بين النوعين هو أنّ ألواح السيليسيوم المبلور تصل مدة كفاءتها إلى عشرين سنة.

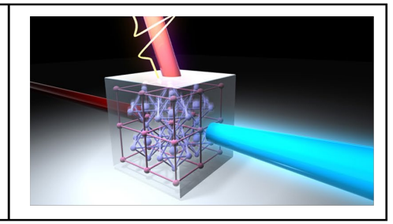
يوجد في الجزائر العاصمة مركز أبحاث يختصُّ فقط بتطوير السيليسيوم نظرًا لأهمية هذه المادة المبلورة حتّى في مجال التطبيقات العسكرية. فهمنا لطرق إنماء البلّورات واكتساب المهارة اللازمة لتصنيعها بإمكانه تخليصنا من التبعية، ويمكّننا من إنتاج بعض الأجهزة المتطورة بحيث تكون صناعة وطنية بنسبة مئة بالمئة كبداية، ثمّ بالبحث والتطوير نستطيع الولوج شيئًا فشيئًا إلى مجال تصنيع الأجهزة ذات التكنولوجيا العالية. لذلك فإنّ أهمّ ركيزة تمكّننا من فهم المادة الصلبة هو دراستها وتشجيع المخابر العلمية في الجامعات ومراكز البحث الوطنية على إنشاء مشاريع تخصُّ تطوير تكنولوجيات إنماء البلّورات وتحديد بروتوكولات تصنيعها لأنّه على المستوى العالمي معظمها محمي ببراءات اختراع مسجّلة في جميع البلدان.

هلّا أطلعتنا على التطبيقات العملية لعلم البلورات في حياتنا اليومية، في الصناعة والإلكترونيك والصناعة الصيدلانية والجيولوجيا وغير ذلك من المجالات وكيف يمكن أن تساهم في تطوير تكنولوجيات ا لمستقبل ؟

يعتبر علم البلورات الركيزة الأساسية لمختلف الصناعات الحالية وأيضًا مختلف الصّناعات الّتي تعتمد على الابتكار وإنماء بلّورات جديدة والتحقق من إمكانية تحسّن خصائصها أو تغيرها. لا يخلو أيُّ مجال من الصناعات من وجود البلورات سواء في شكلها البلوري المسمى بـ Monocristal أو المساحيق المبلورة والّتي تدخل في صناعة الأدوية وأيضًا



الأنظمة البلورية السبعة



تطبيقات طبية لليزر

أغلب العقاقير والأدوية توجد بصورة مبلورة

أحجار كريمة مصنعة

مواد التجميل وكلا المجالين ينتج أطنانًا من المواد الواسعة على مستوى العالم دون أن ننسى مجال الأحجار الكريمة المصنّعة مثل الألماس والزّمرد والياقوت، طبعًا يوجد في الطبيعة أحجار كريمة تكوّنت داخل الأرض بسبب الضّغط والحرارة العاليين جدًّا لكن توجد صناعة قائمة بذاتها تخصُّ إنتاج الأحجار الكريمة ولولوج هذا النّوع من الصناعة تحتاج الشركة المصنعة إلى ترخيص يسمح لها بالعمل في الإطار القانوني الخاص بمثل هذه الصناعات.

إنّ مجرّد تصنيع بلورات جديدة بعناصر كيميائية مختلفة ودراسة خواصها سيسمح حتمًا بتطوير تكنولوجيات المستقبل، مثلًا تمّ اكتشاف مادة الغرافين سنة 2004 من طرف الحاصلين على جائزة نوبل اندريه جيم وكونستوتان نوفوسيلوف من جامعة مانشيستر، وهو مادة متبلورة في بعدين فقط وتتمثّل في طبقة غرافيت سُمكها ذرة واحدة، بعدها انطلق عددٌ هائلٌ من برامج البحث حول بنية وخواص الغرافين والّذي يملك خواص مذهلة ميكانيكية وكهربائية فتحت الباب الواسع للابتكارات، من خلال تطعيم زجاج السيارات بالغرافين للحصول على صلابةٍ أكبر، وفي مجال تصنيع الأجهزة الإلكترونية يطمح الباحثون إلى الحصول على مادة تُعوّض السيليسيوم وهذا لم يتحقّق لحدّ الآن بسبب بعض العوائق الّتي تخصُّ المادة في حدّ ذاتها وكفاءة الأجهزة في تأدية وظائفها في حالة تعويض السيليسيوم بالغرافين.

لذلك فإنّ أحد أكبر تحديات هذا العصر بالنسبة لتطوير المواد المتبلورة هو محاولة تعويض السيليسيوم بمادة بديلة تملك نفس خواص أنصاف النواقل. كما أنّ هذه المادة المتبلورة في بُعدين تفتح المجال واسعًا للبحث والتطوير في مجال صناعة السيارات ولواحقها من خلال أجزاء السيارات في حدّ ذاتها وأيضا الموائع المستعملة كزيوت السيارات، منها زيت السيارات الذي تصنعه شركة غرافين XT وأيضًا ماء المبرد والمسامات بالنانوفلويد والّذي لا زال لحدّ الآن يمثّل مجالًا مغريًا للأبحاث الحديثة. تحسين كفاءة محرّكات السيارات يُعتبر من أهمّ طموحات هذه الصناعة والّذي يمتدُّ إلى باقي وسائل النقل من طائرات وبواخر مدنية وعسكرية، وبالتّالي فإنّ أيّ تطويرٍ في هذه الكفاءة يُعتبر خطوةً مهمّةً جدًّا في تطوير حياة الإنسان بصفةٍ عامّة.

كما لا يمكن أن نهمل دور الغرافين في المجال الطبي ونقل الأدوية داخل الجسم وأيضًا معالجة السرطان، وقد يساهم مستقبلًا في علاج العديد من السرطانات من خلال تبلور الغرافين في البنية فوليران 60 أو 70 وغيرها والّتي تمثّل شبكة غرافين في شكل كرة تشبه كرة القدم. كل ما ذكرتُ يمثل جزءًا يسيرًا ممّا يمكن لنتائج أبحاث علم البلورات أن تُسهم به في تطوير تكنولوجيات المستقبل.

اليوم؛ وبعد كل هذه الأبحاث التي ذكرتها دكتورة، ما هي أحدث الاكتشافات في مجال علم البلورات وكيف تؤثر هذه الاكتشافات على فهمنا للعالم من حولنا؟

إنّ أهمّ أحدث الاكتشافات في مجال البلورات من وجهة نظري هو المواد النانوية ومنها المواد المبلورة ذات بعدين مثل الغرافين الّذي استحقّ مكتشفاه جائزة نوبل كما ذكرت سابقًا، ولا تزال لحدّ الآن الأبحاث متواصلة حول هذا النوع من المواد نظرًا لخصائصها الّتي تسمح بعددٍ لا متناهٍ من التطبيقات، لكن أهمّ ما يُلفت الانتباه حاليًا هي المواد المتبلورة في البعد النانوي والمواد الّتي تحتوي على ذرات الكربون، حيث يطمح الباحثون إلى تصنيع حواسيب شخصية بالإمكان طيّها بعد استعمالها ووضعها داخل المحفظة وكأنها قطعة سيليكون مطوية من دون أن تتضرّر مكوّنات الحاسوب. المستقبل فقط سيثبت لنا إمكانية الوصول إلى هذا الطموح الذي يُخيل للكثيرين بأنه مستحيل.

أغلب الاكتشافات الحالية تخصُّ المادة المبلورة في البعد النانوي وتسمح لنا بفهم أكثر للعالم من حولنا، فتغيّر الخواص الفيزيائية لبعض المواد يحدث تبعًا لتغيُّر أبعادها ولذلك قد تتحسن الناقلية الكهربائية عند الانتقال إلى المجال النانوي من الأبعاد، فالغرافين «2D» يملك ناقلية كهربائية أحسن بكثير من ناقلية الغرافيت «3D»، ومن ذلك نستنتج أن المواد النانوية المبلورة هي المحرّك الرئيسي لأحدث الاكتشافات في عصرنا الحالي.

ما هي برأيك أبرز التحديات العلمية والعملية الّتي تواجه اليوم الباحثين في مجال علم البلورات في وقتنا الحالي؟

من وجهة نظري، هي إنماء بلورات ذات تركيبة كيميائيّة معقدة وجديدة كليا والتعمق في دراسة خواصها، وهذا تحدٍّ يصطدم بعجز كبير في تفسير النتائج الفيزيائية والكيميائية بسبب محدودية التجهيزات وتقنيات التّحليل البنيوي ودراسة مختلف خواص البلورات الجديدة، فكلّما كانت المادة المتبلورة معقّدة كلّما كانت دراسة خواصّها أصعب. ثاني تحدٍّ هو تطوير الحسابات الّتي تخصّ نمذجة المواد البلّورية وحساب كلّ الوسائط الّتي تتعلّق بخواصّها، لتفادي تصنيعها قبل التأكّد من جودة خواصها وفعالية استعمالها في مختلف التطبيقات العلمية والعملية. كلّ هذا يحتاج إلى دعم مالي كبير لبرامج البحث الّتي تهتمّ بتطوير علم البلّورات والاستفادة القصوى من خصائص المواد المتبلورة في جميع المجالات. لعلم البلورات مستقبلٌ واعدٌ ونحن في البداية فقط، لذلك أعتقد أنّ علم البلورات فعليا ينطبق عليه معنى الآية الكريمة «وما أوتيتم من العلم إلّا قليلًا».

تحمل البلّورات قيمة جمالية استثنائيّة جذبت اهتمام الإنسان منذ القديم، لكنّها ارتبطت على مرّ الزمن بالكثير من الخرافات حول قدراتها السحرية في علاج الأمراض وجلب الحظ وغير ذلك من المعتقدات الخاطئة. هل ساهم العلم الحديث اليوم في دحض وتصحيح هذه المفاهيم؟

نعم توجد بالطّبع خرافات تخصُّ البلورات وخاصّةً الأحجار الكريمة، ويجب أن نعلم أنّ الأحجار الكريمة هي عبارة عن بلّورات. العديد من الأفلام السينمائية روّجت لخرافات تخصُّ كرامات أو معجزات تحدث للشخص الّذي يحصل على نوع معيّن من الأحجار الكريمة وهناك من عامة النّاس من يربطها بما يسمّى بعلوم الطاقة دون أيّ تفسير علمي يستند إليه وهناك من يستغلّ مثل هذه الخرافات كأداةٍ لتسويق منتجاته من خواتم يسميها جالبة للحظ تحتوي على حجر من نوع معين. بتفكير بسيط نستنتج أنّه لو كان هذا الحجر أو ذاك يجلب الحظ لاحتفظ به مالِكُهُ ولما عرضه للبيع!

أحجار كريمة للبروج الفلكية

من المعادلة إلى الآلة
كيف أصبحت الرياضيات روح الذكاء الاصطناعي؟

بقلم د. نذير طيار

قسم الرياضيات، جامعة الإخوة منتوري - قسنطينة 1

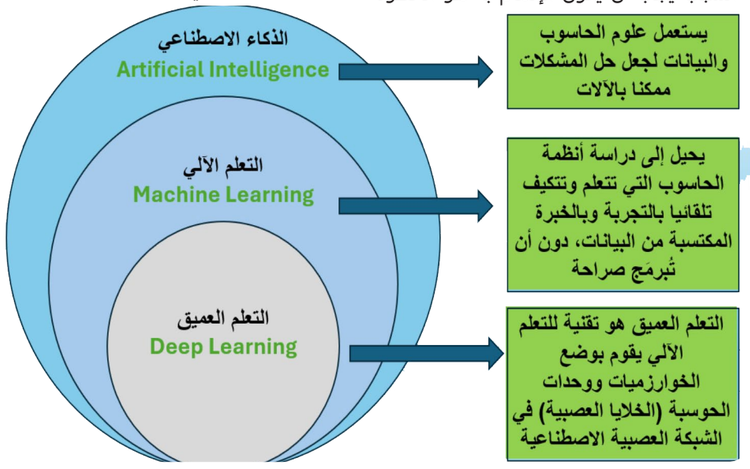
لا ذكاء اصطناعي دون معرفةٍ رياضياتيّةٍ، ولا تعليم ناجع مستقبلًا للرياضيات دون توظيفٍ فاعلٍ للذكاء الاصطناعي، لكن ما هو المنطق الرياضياتي الحاضر في الذكاء الاصطناعي؟ وما هي الفروع الرياضياتية الحاضرة بقوّةٍ داخل الذكاء الاصطناعي؟ وكيف نستفيد من الذكاء الاصطناعي في تبسيط كثير من المفاهيم الرياضياتية؟

في المقاربة الرياضياتية للعلوم الفيزيائية والكيميائية مثلًا من أعلى إلى أسفل، تفترض أوّلًا ما هي الآليات التي تشتغل في نظامك، ثمّ ترجم هذه الآليات إلى معادلات. ربّما تحتاج أيضًا إلى إضافة بعض الوسائط الخاصّة بنظامك. ثم تحلّ هذه المعادلات وتنظر إذا كانت هذه النتائج تتطابق مع البيانات التجريبية الموجودة أو تقوم بإجراء تنبؤات جديدة يمكنك اختبارها لاحقًا.

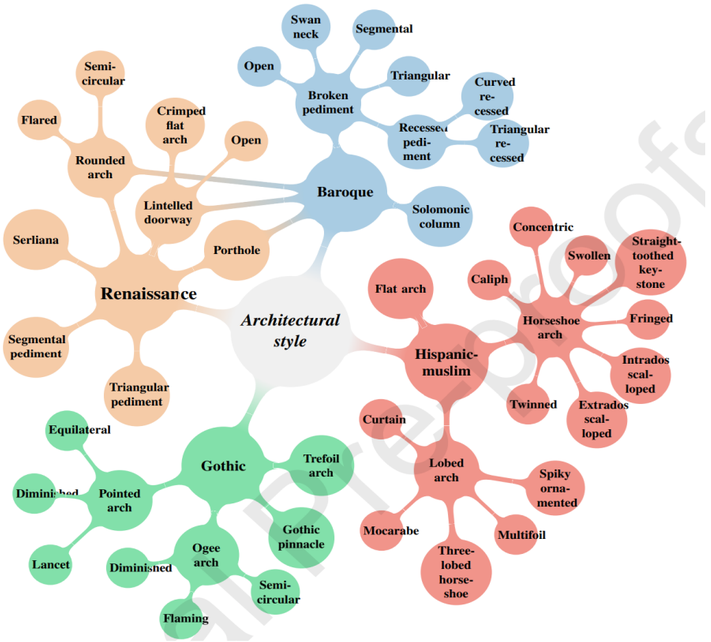
يقلب علم البيانات هذه العملية رأسًا على عقب، ممّا يجعلها من أسفل إلى أعلى. في علم البيانات نبدأ بلائحةٍ فارغة والبيانات نفسها هي التي يتمّ استخدامها لتشكيل الارتباطات والرّوابط والتسلسلات الهرمية، من خلال طرائق أو مناهج مثل «التعلم الآلي» أو «التعلم العميق».

الاستدلال الرياضياتي الحاضر في الذكاء الاصطناعي ليس استنباطًا ولا استقراءً وإنّما هو قياسٌ احتمالي. نواجه هذا النّوع من الاستدلال بشكل متكرّرٍ في الحياة اليومية وفي التطبيقات العلمية، لكنّه غير مدمج في تعليم الرياضيات. في كثير من المناسبات، نتحدث عن الاحتمال، ونُقدّره بالقياسات، ولكن عادةً ما تكون هذه القياسات منفصلة عن عالم المنطق، غير مدمجة في سياق قواعد الاستدلال. يعمل الذكاء الاصطناعي بشكلٍ أساسي مع هذا النّوع من الاستدلال، ولهذا السبب يجب أن يكون الإلمام به هو الخطوة الأولى لاكتساب هذه القدرة الجدلية.

إنّ تجديد تعليم الرياضيات ضروري، ليس فقط لتوفير صحة البيانات التي تمّ الحصول عليها عن طريق الاستنباط أو الاستقراء، ولكن أيضًا لتلك التي تمّ الحصول عليها عن طريق القياس الاحتمالي، يجب تعليم طريقة الاستدلال التي تدمج الاحتمال في المقدمات أو في قواعد الاستدلال وأيضًا في الاستنتاجات.



منطق القياس الاحتمالي في الذكاء الاصطناعي



تصنيف في شكل شبه شجرة ذات جذور للتعرف على النمط المعماري الأوروبي (أساس التعلم العميق لـ MonuMAI)

وهناك عِدّة أنواع من المنطق تُدير عدم اليقين بأشكال مختلفةٍ ولأغراض مختلفة، المنطق الطوري أو المنطق الاحتمالي، أو المنطق الضبابي. لا يتم فيها فقط تحديد الاحتمالات كميًا لمقدمة أو قاعدة استدلال، ولكن أيضًا التعامل مع المفاهيم غير الدقيقة للإشارة إلى أنواع مختلفة من الكميات في الحياة اليومية. على سبيل المثال، في المنطق الطوري، يمكننا استخدام عبارات مثل «من الضروري أن» أو «من الممكن أن»، وفي المنطق الاحتمالي، يمكننا استخدام «ربما (مع قياس واضح)» وفي المنطق الضبابي، يمكننا استخدام المصطلحات اللغوية (وهي مكمّمات نوعية) مثل «كثير» أو «بالتأكيد».

مثال عن القياس الاحتمالي

الذكاء الاصطناعي والموروث الأثري

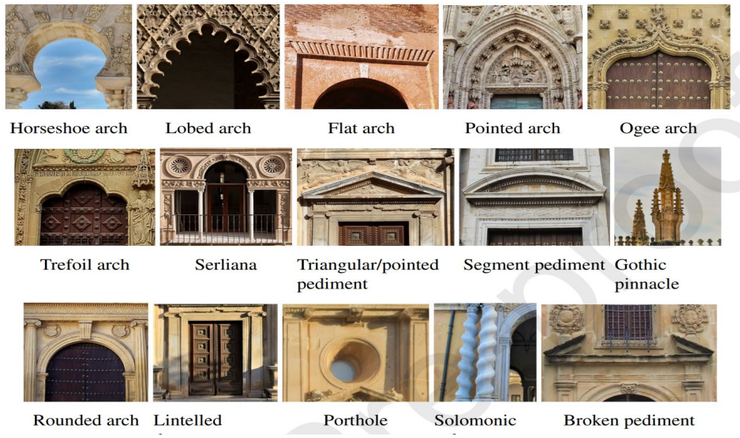
إحدى التقنيات القائمة على الذكاء الاصطناعي والّتي يمكن استخدامها بنجاح لتوضيح قوة الذكاء الاصطناعي وطريقة تفكيره هي التعرّف على الأنماط، وهي مجموعة من التقنيات الّتي تهدف إلى التعرف بطريقةٍ آليةٍ على الأنماط وغيرها من الانتظامات في البيانات. إنّ التعرف على الأنماط يختلف عن مطابقة الأنماط، بمعنى أن هذه الأخيرة تهدف إلى العثور على مطابقات دقيقة في البيانات بينما تتظاهر الأولى بالعثور على انتظامات أكثر ليونة في البيانات (ليست مطابقات دقيقة ولكن على درجة معينة من المرونة). على سبيل المقارنة، يمكننا القول إنّ مطابقة الأنماط صارمة مثل عمليات الاستدلال الاستقرائي والاستنباطي، في حين أنّ التعرف على الأنماط يتبع شكلًا من أشكال الاستدلال يشبه القياس الاحتمالي. يتعامل التعرف على الأنماط المرئية مع صور مدخلة ويحاول العثور على خصائص في تلك الصور لتصنيفها (أو لتصنيف العناصر الفرعية فيها). نظرًا لطبيعته المرئية، فهو أداةٌ مناسبة للاستخدام من العلماء. MonuMAI من أشهر البرامج في تصنيف الموروثات الأثرية بناءً على الذكاء الاصطناعي، ويَستعمِل التعلم العميق Deep learning. يتكون MonuMai من ثلاث كتل رئيسية 1.مجموعة بيانات الآثار (6650 صورة)؛ 2.خط أنابيب التعلم العميق؛ 3.تطبيق الهاتف المحمول لدمج البيانات السابقة.

الرياضيات في الذكاء الاصطناعي

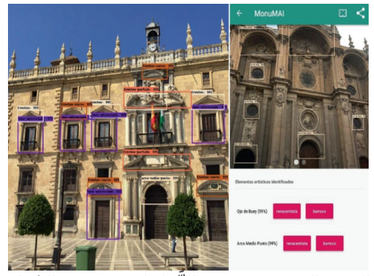
لا ذكاء اصطناعي دون رياضيات، يقول الرياضياتي كونراد ولفرام (المؤسّس الأوروبي المشارك لمنصة ولفرام البحثية المدعومة بالذكاء الاصطناعي) الّذي طالب منذ فترةٍ طويلةٍ بإصلاح طريقة تدريس الرياضيات. يشرح أحد مهندسي التعلم الآلي ذوي الخبرة أفكاره حول الحاجة إلى دراسة الرياضيات، قائلًا بحسرة: «لا يمرُّ يوم دون أن أندم فيه على عدم امتلاكي خلفيةً أعمق في الرياضيات». تتطلّب معظم النماذج الحالية للذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي اختراع الأشياء ودفع الأشياء إلى مستوى الجودة على مستوى الإنتاج. ويقول خبيرٌ آخر: «فهم بعض المواضيع الرئيسية في الجبر الخطي وحساب التفاضل والتكامل والاحتمالات والإحصائيات سيساعدك على تشغيل خوارزميات التعلّم بشكل أفضل».

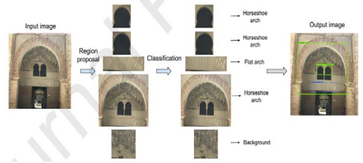
لماذا كانت الرياضيات ضرورية لكل من يشتغل بالذكاء الاصطناعي؟

ستمكّنك الرياضيات من فهم الأسس النظرية والنمذجة والتّجريد وتطوير الخوارزميات وتحليلها وأمْثَلَتِها Optimization، وكذلك تفسير النتائج. وأخيرًا، لا يمكن فهم أحدث التطورات في مجال الذكاء الاصطناعي دون الرياضيات. تحضر الرياضيات في الذكاء الاصطناعي من خلال المفاهيم التالية الجبر الخطي: تُعرض جميع البيانات المضمّنة في الذكاء الاصطناعي على شكل مصفوفات سيقوم الذكاء الاصطناعي بإجراء حساباته انطلاقًا منها.



العناصر المعمارية المفتاحية الخمسة عشر لـنموذج MonuMAI-KED





إجراء MonuMAI للتعرف على العناصر الأساسية في

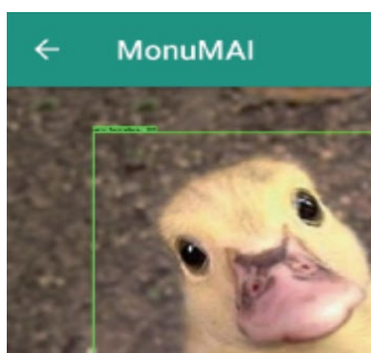
الاحتمالات: عند التّعامل مع الذكاء الاصطناعي، هناك دائمًا قدر كبير من عدم اليقين. كلّ ما سيفعله الذكاء الاصطناعي يعتمد على الاحتمالات، ويجب على الباحثين أن يبنوا أنفسهم على النتيجة الأكثر رجحانا الإحصائيات: يعتمد الذكاء الاصطناعي بشكل جوهري على كمية كبيرة من البيانات. ومن أجل اختيار البيانات الأكثر فائدة، يقوم المهندسون بإجراء التحليل الإحصائي في شكل دراسات إحصائية وصفية أو استنتاجية الحساب: ليست خوارزمية الذكاء الاصطناعي في الواقع أكثر من سلسلة من الحسابات المعقدة التي تأخذ شكل دوال رياضياتية متدرجة عن الأمْثَلَة أو التكلفة.

الذكاء الاصطناعي في تعليم الرياضيات

لا تعليم مستقبلي للرياضيات دون ذكاء اصطناعي وتعليم البرمجة، إذ يعتقد كونراد ولفرام أنّ تعليم الرياضيات يجب أن يحقّق أقصى استفادة ممكنة من أجهزة الحاسوب لإجراء العمليات الحسابية، ممّا يتيح للطلّاب التركيز على تطبيق التقنيات الرياضياتية وتفسيرها، ويرى أيضًا بأنّ أجهزة الحاسوب هي أساس ممارسة الرياضيات في العالم الحقيقي وأنّ التعليم يجب أن يعكس ذلك وأنّ من الواجب تدريس البرمجة كجزءٍ من تعليم الرياضيات. ومن العمليات الحسابية الّتي يجب إجراؤها باستخدام حاسوب: القسمة المطوّلة أو تقنيات التكامل مثل التعويض المثلثي Trigonometric Substitution. ومن الكتب المهمّة بشأن تقويم تجارب تعليم الرياضيات باستعمال الذكاء الاصطناعي كتاب: «تعليم الرياضيات في عصر الذكاء الاصطناعي. كيفية يمكن للذكاء الاصطناعي أن يخدم التعلّم البشري للرياضيات».

الفرق بين ماهر وذكي

يجب التمييز بين آلات الذكاء الاصطناعي الّتي توظّف خوارزميات وأنماط تمثيل ناتجة عن الذكاء الاصطناعي، وبين الآلات الرياضياتية الذكية الّتي يمكن الرجوع بتاريخها إلى الآلة الحسابية لباسكال مروزًا بالهندسة الديناميكية. من جهة، أعطت آلات الذكاء الاصطناعي نتائج واعدة في امتلاك كفاءات تقنية، لكنّها محدودة عندما يتعلّق الأمر بمشكلات، الأمر الّذي يُقيّد أثرها على تطوير فهم الرياضيات. ومن ناحية أخرى الآلات الرياضياتية الذكية (Smart) هي أدوات فعّالة لتصميم وضعيات إشكالية من خلال ما تمنحه من إمكانيات خلق حقول تجربة رياضياتية. يتميّز الفارق بين ماهر (Smart) وذكي (Intelligent) عبر بعد قوي من المهارة والقدرة على الفعل، أي من الذكاء العملي. مصطلح (Smart) مختارٌ بدقة لأجل بيئات ينشغل فيها المصممون أوّلًا بتجربة المستعملين لهذه الآلات. لو حاولت تقديم اجتهاد شخصي في الترجمة العلمية إلى العربية لقلت: هناك فرقٌ بين آلة ذكية وآلة ماهرة. علينا التمييز بين التحليلات الخاصة بشأن بيئات رقمية تمكّن من خلق حقول تجربة رياضياتية لأجل التعليم والتعلّم دون وجود مرجعية دقيقة للذكاء الاصطناعي، وبين بيئات رقمية تتوجّه نحو تصميم برمجيات تستدعي على نحو صريح الذكاء الاصطناعي بوصفه مجالًا للمعلوماتية. التمييز لا يلغي التقدم المدهش في مجالات معينة للذكاء الاصطناعي، عبر مرئيته الاجتماعية بواسطة أرضيات التعلم المؤسَّسة عليه.



صورتان مخيبتان لأمل MonuMai

بقلم د. محمد السنباطي
صحفي علمي ومتخصص بالتواصل العلمي

ما زلت أذكر منذ خمسة عشر عامًا حين بدأت العمل بمجال التواصل العلمي -كصحفي علمي وكمتخصص في التواصل العلمي لاحقًا ثم بالجمع بين الإثنين بعد ذلك- أن الجميع كان يتساءل عن طبيعة مهنتي وماذا يقصد بالتواصل العلمي (Science communication) تحديدًا. ربما أصبح الأمر أفضل الآن حيث تشهد مجالات الإعلام والتواصل العلمي في عالمنا العربي طفرةً هائلة، لكنها تظل تُجابه تحديات عديدة. فلماذا نحتاج إلى التواصل العلمي؟ وما هي أبرز ملامح الطفرة العربية بذلك المجال الناشئ؟ وما هي أبرز التحديات التي تواجهه؟

يُعرف التواصل العلمي بشكل مبسط بانه «فن» توصيل العلوم بطريقة ولغة يمكن للشخص العادي غير المتخصص أن يفهمها. ويشمل هذا الدرب من الفنون كافة أشكال التواصل وأنواع النشاطات المختلفة التي يمكن من خلالها نقل المعرفة العلمية من المجتمع العلمي إلى عموم المجتمع. حيث تشمل هذه الأشكال الإعلام العلمي المرئي والمسموع والمكتوب، والذي يضم برامج التلفاز والراديو وكذلك الصحف والمجلات، سواء كانت متخصصة بتغطية العلوم أم غير متخصصة وتغطي العلوم ضمن طائفة واسعة من المواضيع الأخرى. بجانب الوسائط الرقمية عبر الإنترنت، مثل المدونات العلمية ومقاطع الفيديو عبر منصات التواصل الاجتماعي والتدوين الصوتي (البودكاست). بالإضافة إلى الأنشطة الأخرى، مثل أنشطة التوعية العلمية بالجامعات والمراكز البحثية والمحاضرات العامة للعلماء والباحثين والعروض العلمية الموجهة للصغار والكبار والمهرجانات العلمية والمتاحف والمراكز العلمية.

لماذا نحتاج إلى التواصل العلمي في عالمنا العربي؟

كما لا يخفى على أحد، يمكن القول بأن هناك انفصام كبير بين العلم، كمنهجية للتفكير وكمعرفة، وبين الأفراد خارج المجتمع العلمي. حيث يفتقر العديد إلى الحد الأدنى من المعرفة العلمية، بخلاف ما يتم دراسته عبر المراحل التعليمية المختلفة؛ كما أن اهتمام الأفراد بالعلم بشكل عام ليس على المستوى المأمول؛ إضافة على ذلك يأتي البحث العلمي كأولوية متأخرة في سياسات معظم الدول العربية، الأمر الذي يتضح في قلة ميزانيات البحث العلمي بالعالم العربي.

لذلك يعتبر الهدف الأشمل للتواصل العلمي هو بناء جسور التواصل بين العلماء المتخصصين وبين الجمهور العام غير المتخصص، أو بعبارة أخرى سد تلك «الفجوة» الواضحة بين العلم والمجتمع. لذا تتنوع أشكال التواصل العلمي ليستهدف أطيافًا واسعة من الجمهور العام بكافة فئاته؛ وذلك بهدف نشر الثقافة العلمية بين جميع أفراد المجتمع ليلعب دورًا محوريًا بحياتهم اليومية، وزيادة الشغف والاهتمام -بخاصة لدى الأطفال والمراهقين- بالعلم كي يتخذوه مسارًا دراسيًا ومهنيًا، وجعل البحث العلمي أولوية لدى المجتمع وبالتالي صناع القرار، مما ينعكس على تشجيع الحكومات على البحث العلمي والابتكار.

حين ننظر إلى كافة تلك الأهداف نجد أنها جميعًا تصب في تحويل بلادنا إلى بلاد تتخذ العلم سبيلًا لها، الأمر الذي يعني بالضرورة تحولنا إلى نموذج الاقتصاد القائم على المعرفة، وهو الطريق الوحيد لتحقيق التنمية والنهضة في القرن الحادي والعشرين. وبالنظر في ماضينا التليد نجد أن الريادة العربية والإسلامية في عصرها الذهبي كانت قائمة بالأساس على حركة علمية قوية لم تقف عند حدود المجتمع العلمي وقتها، بل امتدت إلى شغف المجتمع بأكمله بالعلم والمعرفة والتعلم.

طفرة في التواصل العلمي

يمكن القول إننا نشهد حاليًا طفرةً عربيةً بمجال التواصل العلمي، حيث بدأت مع جائحة داء كوفيد19-، إذ أدرك الجميع وقتها حاجتنا إلى من يقوم بتبسيط العلوم كي تصير مفهومة

لدى غير المتخصصين. الأمر الذي حفز العديد من المشتغلين بالإعلام بالتوجه نحو تغطية العلوم، لأن تغطية أخبار الجائحة وما صاحبها من إجراءات وتطوير علاجات ولقاحات يتطلب منهم الآن القدرة على توصيل العلوم. من ذلك الحين أصبح الاهتمام الإعلامي بالصحة وعلومها ركنًا أساسيًا من التغطية الإعلامية اليومية، كما نرى بالعديد من المنصات الإعلامية الرئيسية الناطقة بالعربية مثل «الجزيرة».

ولحسن الطالع، بعيد انقضاء الجائحة استضافت المنطقة العربية مؤتمري المناخ الأكبر حول العالم -كوب 27 و-28 بمصر والإمارات العربية المتحدة لعامين متتاليين. الأمر الذي جعل تغطية الأخبار المتعلقة بتغير المناخ وكذلك البيئة تتصدر العناوين. كما أصبحت لدينا منصات متخصصة في التغطيات البيئية مثل منصة «أوزون» التي أنشأها الصحفي المصري الراحل أحمد العطار. مما ساهم في استمرار موجة الاهتمام الإعلامي بالعلم -تحديدًا البيئة والصحة- إلى ذروتها. وكما نرى فقد انعكس ذلك الأمر على المجتمعات العربية بشكل واضح حيث أصبحت مواضيع تغير المناخ وعواقبه وسبل مواجهته، وكذلك المواضيع المتعلقة بالصحة كالحماية من الأوبئة واللقاحات من المواضيع العامة التي يهتم بها الجميع ويناقشونها عن وعي وعلم في حياتهم اليومية.

بالتوازي مع تلك الطفرة في الإعلام الصحي والبيئي، شهدنا طفرة أخرى على ساحات منصات التواصل الاجتماعي. إذ أصبح لدينا العديد من صانعي المحتوى العلمي الهادف والجاد، سواء كان عبر التدوين والكتابة أو صناعة «البودكاست» أو إنتاج «فيديوهات» تتباين في الطول والإمكانيات. يتأتى على رأس صناع المحتوى العلمي المرئي المصري «أحمد الغندور» المعروف باسم «الدحيح»، إذ تعد تجربته في توصيل العلوم تجربة ملهمة منذ بدايتها قبل 10 أعوام عندما كان طالبًا يدرس علوم الحياة بالجامعة الأمريكية بالقاهرة يقوم بتصوير فيديوهاته بحجرته، وصولًا إلى إنتاج فيديوهات عالية الجودة بدعم من مؤسسات إعلامية ليصل بمحتواه إلى ملايين المشاهدات على منصة «يوتيوب».

بالإضافة إلى ذلك انتشرت ظاهرة مهرجانات العلوم في كافة أنحاء الوطن العربي مثل

برنامج الدحيح للمصري أحمد غندور

تجربة جمعية الشعرى لعلم الفلك في المسرح العلمي - من المهرجان الوطني الـ 19 لعلم الفلك الجماهيري

مهرجان أبو ظبي الدولي للعلوم، ومهرجان العلوم بمكتبة الإسكندرية، وأسبوع العلوم العربي، وغيرها من الفعاليات. وهي احتفاليات بالعلم واحتفائيات بالعلماء تستهدف الصغار بشكل أساسي من خلال أنشطة غير مألوفة كالعروض العلمية على خشبات المسارح والألعاب العلمية وغيرها، لتعيد الشغف بالعلوم لدى الصغار والاهتمام بها لدى الكبار. وقد صاحب ذلك افتتاح وتطوير العديد من المراكز والمتاحف العلمية بكافة أنحاء العالم العربي مثل مركز مشكاة التفاعلي بالرياض، وقصر العلوم بالمنستير، ومتحف الشارقة للحضارة الإسلامية، ومتحف الأطفال بالأردن، وغيرها.

وبالطبع، فلا يمكننا أن نغفل دور الإعلام العلمي المتخصص الممتد عبر عدة عقود ممثلًا في منصات مثل مجلة العلوم الصادرة عن دولة الكويت، وموقع شبكة العلوم والتنمية (سايديف نت)، والنسخ العربية المختلفة من إصدارات (نيتشر)؛ هذا بجانب العديد من المبادرات الجديدة مثل مجلة الشهاب العلمي والمنتدى العربي العلمي (ساف). لتلعب بذلك كل تلك الأنشطة المتنوعة والمختلفة في مجالات اهتماماتها وطبيعة جمهورها المستهدف أدوارًا تكمل بعضها بعضًا لتخلق بيئة ثرية للغاية بالمشهد الحالي للتواصل العلمي بالمنطقة العربية.

تحديات بالمنطقة العربية

برغم تلك الطفرة التي أسهبنا بالحديث عنها إلا أن هناك العديد من التحديات التي تجابه تطوير مجال التواصل العلمي والانطلاق به نحو آفاق أرحب. التحدي الأول هو غياب سبل بناء القدرات بمجال التواصل العلمي. حتى لحظة كتابة هذه السطور لا يوجد أي مقرر أكاديمي معني بالتواصل العلمي في كافة أنحاء العالم العربي. الأمر ذاته ينطبق على الإعلام العلمي، باستثناء وحيد لبرنامج ماجستير في تخصص الصحافة العلمية بالجزائر. على الرغم من ذلك، توجد العديد من البرامج التدريبية للمهتمين -سواء من العلماء والباحثين أو الإعلاميين والصحفيين- في مجالات التواصل العلمي والإعلام العلمي. إلا أن تلك البرامج غالبيتها إما مبادرات فردية أو مدعومة بتمويل من جهات أجنبية، وفي كلتا الحالتين فإن تلك البرامج غير مستدامة ولا تتمتع باعتراف أكاديمي أو مهني واضح -للأسف.

التحدي الثاني هو عدم وجود استراتيجيات للتواصل العلمي ضمن السياسات الحكومية بالدول العربية. كما أسلفنا فكافة أنشطة التواصل العلمي بالمنطقة هي محاولات فردية دؤوبة نجح بعضها بالتحول إلى مؤسسات قادرة على الاستمرار فيما تقدمه، فيما لم يتمكن البعض الآخر من الاستمرار بمرور الوقت، بينما ظل العديد منها متوقفًا في مكانه لغياب الرؤية والتمويل. السبب الرئيسي في ذلك هو عدم وجود استراتيجيات وطنية للتواصل العلمي، ففيما تولي بعض الحكومات اهتمامًا بنشر الثقافة العلمية بشكل عام وبزيادة تمويل البحث العلمي أو تطوير التعليم بالمجالات العلمية، إلا أنه لا توجد رؤية واضحة حول دور التواصل العلمي كسبيل للقيام بهذه الأمور. فعلى الجهات المعنية بالحكومات العربية الالتفات إلى ذلك الأمر، وإنشاء استراتيجيات واضحة للتواصل العلمي لتحقيق أهدافه على المدى القصير وكذلك على المدى الطويل لتحقيق تنمية اقتصادية قائمة على العلم والمعرفة.

وأخيرًا، في سبيل العمل على مجابهة تلك التحديات قمنا -بالمشاركة مع الزملاء الأعزاء بثينة أسامة وسعد لطفي- بتأسيس المنتدى العربي للإعلام والتواصل العلمي (https://arabforumsmc.com)، كمنصة لبناء القدرات والتشبيك بين كافة الجهات المعنية بالإعلام والتواصل العلمي في العالم العربي. وذلك من خلال تقديم العديد من ورش العمل والبرامج التدريبية لتطوير معرفة ومهارات موصلي العلوم باللغة العربية، سواءً في بداية مسارهم المهني أو المتخصصين منهم. وكذلك عقد مؤتمر سنوي حضوريّ وعبر الإنترنت يضم كافة المهتمين بالإعلام والتواصل العلمي من العلماء والباحثين، والصحفيين والإعلاميين، وموصلي العلوم بكافة أطيافهم، وصناع السياسات العلمية والإعلامية. كل ذلك يتأتى في محاولة دفع عجلة التواصل العلمي بعالمنا العربي إلى الأمام والمضي قدمًا نحو إحداث التغيير المنشود بمجتمعاتنا العربية لتصبح أكثر علمًا، وبوطننا العربي كي يصبح أكثر نماءً.

بحضور طلبة من 12 دولة

الجزائر تحتضن أشغال المدرسة الدولية للفلكيين الشباب - الجزائر

بقلم: الشيماء أمين خوجة

استضافت الجزائر النسخة الخامسة والأربعين من المدرسة الدولية لعلم الفلك للشباب (ISYA)، وهي برنامج تابع للاتحاد الفلكي الدولي (IAU).

أشغال المدرسة الدولية كانت بالتحديد في الجزائر العاصمة بفندق الرمال الذهبية (Les Sables d'Or) بزرالدة، خلال الفترة الممتدة من 15 سبتمبر إلى 4 أكتوبر 2024. بالتنسيق والتعاون بين مركز البحث في علم الفلك والفيزياء الفلكية والجيوفيزياء (CRAAG) والمديرية العامة للبحث العلمي والتطوير التكنولوجي (DGRSDT) في الجزائر، تحت شعار: «بناء رؤية جديدة لعلم الفلك والفيزياء الفلكية في الجزائر».

عرف الحدث تسليط الضوء على أهمية التدريب في علم الفلك الحديث في الجزائر التي لا تزال تتمتع بعضوية محدودة في الاتحاد الفلكي الدولي. شارك في المدرسة 30 طالبًا، معظمهم في مستوى الماستر، من ألبانيا، الجزائر، بوركينا فاسو، مصر، إثيوبيا، غانا، هنغاريا (من أصل لبناني)، إيران، نيجيريا (من أصل زامبي)، رواندا، تركيا، وأوغندا. وقد تولى التدريب فريقٌ مكوّن من 14 محاضرًا، قدموا من الجزائر، فرنسا، كندا، ألمانيا، إيطاليا، النرويج، إثيوبيا، المكسيك، جنوب إفريقيا، وإسبانيا.

كان برنامج المدرسة ثريًا ومتكاملًا، حيث امتدّ على مدى ثلاثة أسابيع متواصلة، وجمع بين الجانبين النظري والتطبيقي في مجالات الفيزياء الفلكية. تم تنظيم المحاور العلمية الأساسية على النحو الآتي: علم الفلك النجمي، فيزياء النظام الشمسي والكويكبات، علم الفلك المجري والكوسمولوجيا، فيزياء الفلك ذات الطاقات العالية، علم الفلك الراديوي، والوسط البين نجمي. وقد دُعّمت هذه المحاور بتطبيقات عملية باستخدام البرمجة، إلى جانب عرض مقدمة في مفاهيم التعلم الآلي والذكاء الاصطناعي، بإشراف نخبة من الأساتذة والباحثين المتخصصين من دول متعددة.

شمل البرنامج كذلك مشروعًا تدريبيًا مكثفًا استمر على مدار ثلاثة أسابيع، وتم خلاله تدريب المشاركين على كيفية إعداد طلب رصد باستخدام مرصد معين، والحصول على البيانات العلمية، ثم تحليلها واستثمارها في بحث تطبيقي. واختُتِم البرنامج بعرض تقديمي علمي تضمّن النتائج النهائية، وقد كانت هذه التجربة ثرية ومُلهمة من الناحية العلمية والبحثية.

على الصعيد الميداني، أُتيحت للمشاركين فرصة زيارة مرصد بوزريعة بالعاصمة الجزائر، حيث تعرّفوا على مختلف أقسامه وتاريخه العريق، إضافة إلى التلسكوبات والأجهزة العلمية المستخدمة فيه. كما خاض الطلبة تجربة «العروض السريعة» (Flash Talks)، التي شكّلت تمرينًا مهمًا على مهارات الإلقاء وضبط الوقت وتقديم أفكار علمية مكثفة في وقت محدود بالإضافة إلى ليالي رصدية باستخدام التلسكوبات.

لقد كان هذا البرنامج فرصة مميزة لتعزيز المعارف الأكاديمية، وتبادل الخبرات بين الطلبة، وتوسيع شبكة العلاقات العلمية، مما ساهم في بناء قاعدة متينة للتعاون المستقبلي في مجال علم الفلك.

في مؤتمر 2025 والجمعية العامة

الجمعية الفلكية الإفريقية ترسم مستقبلاً جريئاً

جوهانسبرغ، جنوب أفريقيا - مارس 2025

بقلم: جمال ميموني

تحت السماء الأفريقية الصافية، التي ألهمت الفلكيين منذ آلاف السنين، عقدت الجمعية الفلكية الإفريقية (AfAS) مؤتمرها التاريخي لعام 2025 وجمعيتها العامة الثلاثية في إمبريورز بالاس بجوهانسبرج، غوتنغ. من 23 إلى 28 مارس. كان هذا الحدث الهجين، الذي نظمته جامعة جنوب أفريقيا (UNISA) باحترافية، ملتقى حيوياً للمجتمع الفلكي الأفريقي، حيث جمع أكثر من 650 مشاركاً مسجلاً من جميع أنحاء القارة وخارجها. ازدهرت قاعة المؤتمر بطاقة أكثر من 200 مشارك حضروا شخصياً، بينما انضم آخرون افتراضياً عبر منصة Zoom من المراصد والجامعات ومؤسسات البحث المنتشرة عبر القارة الأفريقية وشركائها العالميين.

مؤتمر البدايات والأسس

مثّل هذا التجمع الذي استمر ستة أيام محطة مهمة لعلم الفلك الأفريقي. عرض البرنامج العلمي التقدم الملحوظ منذ تأسيس AfAS، حيث ضم 212 عرضاً مقبولاً قدموا صورة شاملة لقدرات أفريقيا المتنامية في علوم الفضاء. قدّم الباحثون 52 محاضرة علمية تغطي كل شيء من علم الفلك الراديوي إلى علم الكواكب، بينما أظهر 53 عرضاً للتعليم والتوعية كيف يلهم علم الفلك الأجيال الجديدة عبر القارة. وقد عرضت 107 ملصقة علمية في قاعات المؤتمر، لمحات عن العمل المبتكر الذي يجري في مؤسسات من القاهرة إلى كيب تاون.

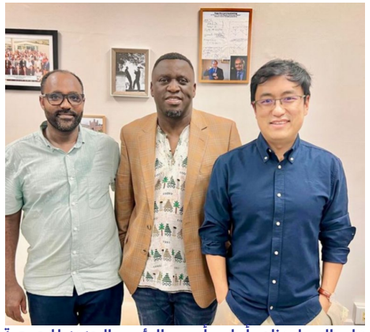
تناولت إحدى عشرة جلسة معدّة خصيصاً، أهم الفرص والتحديات في علم الفلك الأفريقي اليوم. واجتذبت جلسة تحديث مرصد SKA حشوداً غصت بها القاعة حيث وضح قادة المشروع الدور المحوري لأفريقيا في ما سيصبح أكبر تلسكوب لاسلكي في العالم. انخرط صناع السياسات والخبراء القانونيون في مناقشات حيوية حول إنشاء أطر لتعظيم الفوائد الاجتماعية والاقتصادية لعلم الفلك، بينما تبادل المعلمون أفضل الممارسات خلال جلسة BLUEshift Africa حول ثورة تعليم علم الفلك الجامعي.

سبقت المؤتمر الرئيسي احداث اعدت المسرح للتعاون، بما في ذلك هاكاثون علوم البيانات الذي استمر 48 ساعة وشهده باحثون شباب يعملون على تحليل البيانات من بعض أكبر التلسكوبات الأفريقية. اجتمعت جمعية القبة الفلكية الأفريقية في ورشة عمل نصف سنوية لتنسيق جهود التوعية التعليمية، بينما صنع علماء الفضاء التاريخ في «المؤتمر القمري الأفريقي» الافتتاحي، وهو قاش جاء في وقته حيث تستعد عدة دول أفريقية لبعثاتها القمرية الأولى.

جمعية عامة محورية

في 28 مارس، وصل المؤتمر إلى ذروته مع

قاعة المؤتمر الرئيسية



على اليسار يظهر أماري أبيبي، الرئيس الجديد للجمعية الفلكية الأفريقية (AfAS)، وعلى اليمين يظهر ين-زهي ما، نائب الرئيس، بينما يقف في الوسط تاكالاني نيمانغانا، رئيس برنامج الفلك في مديرية الأبحاث بوزارة العلوم والابتكار في جنوب أفريقيا (DSTI).

الجمعية العامة الثلاثية، حيث اتخذ 132 عضواً - حضورياً وافتراضياً - قرارات حاسمة ستشكل علم الفلك الأفريقي لسنوات قادمة. كانت الأجواء مشحونة بالطاقة بينما نظر المندوبون في مسائل حوكمة وتمويل واستراتيجية ذات أهمية كبرى.

شكّل انتخاب لجنة تنفيذية جديدة تحولاً جيلياً في قيادة AfAS، حيث جرى عبر منصة OpaVote الآمنة تحت إشراف كيفن جوفيندر من مكتب IAU لتنمية علم الفلك، وأنتج الانتخاب فريقاً ديناميكياً يجمع بين الخبرة والرؤى الجديدة. يتولى البروفيسور أماري أبيبي جيدلو من إثيوبيا رئاسة الجمعية، حاملاً معه خبرته في سياسة علوم الفضاء وبناء المؤسسات. وسينضم إليه نائب الرئيس البروفيسور ين-زهي ما من جامعة ستيلينبوش، عالم الفلك الراديوي الشهير الذي لعب دوراً محورياً في تعزيز التعاون العلمي بين أفريقيا والصين. كتذكير، كان رئيس AfAS السابق هو البروفيسور ثيب ميدوبي من جنوب أفريقيا، بينما كان أول رئيس للجمعية هو البروفيسور جمال ميموني من الجزائر.

تطلعت الجمعية إلى المستقبل بتأكيدها على قائمة مثيرة للإعجاب بالمؤسسات المضيفة

علميون من المؤتمر يزورون طلاب المدارس الثانوية.

للمؤتمرات القادمة. ستستضيف جامعة بوتسوانا الدولية للعلوم والتكنولوجيا الفلكيين في 2026، تليها جامعة رودز في 2027 ثم معهد الفضاء والعلوم الجيوفضائية في إثيوبيا في 2028، وهو تناوب يوزع الفرص عمداً عبر مناطق أفريقيا.

احتلت الحوكمة مركز الصدارة حيث اعتمد الأعضاء بالإجماع دستوراً معدلاً ووثيقة أخلاقيات جديدة بعد أشهر من التشاور الدقيق. يمثل قرار تطبيق رسوم العضوية - مع الحرص على بقائها في متناول الجميع - خطوة مهمة نحو الاستدامة طويلة الأجل. ستكمل هذه الجهود لجنة شكلت حديثاً من خلال البحث عن شراكات ودعم خيري لمبادرات AfAS.

احتفال بالتميز

جاءت إحدى أكثر اللحظات إلهاماً مع إعلان مِنح AfAS التأسيسية وجوائز الطلاب. ستعمل المنح الممنوحة لفينو براياج، ودجينه زويد ولوبوازيدي، وكوثر البوزايدي على تحفيز مشاريع بحثية مبتكرة عبر القارة. كرمت جوائز الطلاب أعمالاً استثنائية لباحثين ناشئين مثل فيكتوريا دا غراسا جيلبرتو سامبوكو (ماجستير) ومحمد أبو شليب (دكتوراه)، حيث تجسد أبحاثهم عمق الخبرة الفلكية المتنامي في أفريقيا.

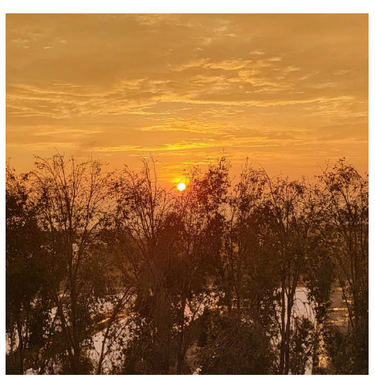
زيارة مرصد هارتيبيستهوك لعلم الفلك الراديوي (Hartebeesthoek) الواقع على بعد 50 كم شمال غرب جوهانسبرج (HartRAO)

الطبق الرئيسي بقطر 26 متراً في HartRAO.

امتنان وزخم

مع اختتام الجمعية، تم توجيه الشكر للجنة التنفيذية المنتهية ولايتها برئاسة البروفيسور ثيب ميدوبي. وتلقى اللجنة المنظمة المحلية من UNISA ثناءً مستحقاً على تنفيذها مؤتمراً لا تشوبه شائبة في ظروف صعبة. كما حظي دعم وزارة العلوم والتكنولوجيا والابتكار في جنوب أفريقيا لعلم الفلك الأفريقي، بتقدير خاص.

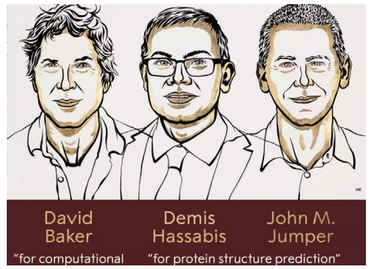
أثبت تجمع 2025 أنه أكثر من مجرد مؤتمر، بل إعلاناً بأن علم الفلك الأفريقي قد أصبح قوة عالمية. من الطلاب الذين قدموا أبحاثهم الأولى إلى الأساتذة المخضرمين الذين يشكلون السياسات، غادر المشاركون جوهانسبرج بطاقة متجددة لمواصلة هذا الزخم. بينما تتجه التلسكوبات عبر القارة نحو السماء، تضمن الأسس التي وضعت في هذه الجمعية أن أفريقيا لن تراقب الكون فحسب، بل ستساعد في قيادة فهم البشرية له.



آخر المستجدات العلمية

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

الذكاء الاصطناعي يُحدث ثورة في الكيمياء: نوبل 2024 تتوّج تصميم البروتينات



حاز كل من ديفيد بيكر وديميس هاسابيس وجون جومبر على جائزة نوبل في الكيمياء لعام 2024 لاستخدامهم الذكاء الاصطناعي في تصميم البروتينات بدقة عالية.

بفضل برامج مثل «AlphaFold»، أصبح بإمكان الكمبيوتر تحليل شكل البروتينات في ساعات بدلاً من سنوات, هذا الاكتشاف سيسرع صناعة أدوية جديدة ولقاحات أكثر فعالية، كما سيساعد في تطوير علاجات مخصصة لكل مريض حسب جيناته. بذلك يفتح الذكاء الاصطناعي عصراً جديداً في الطب والعلوم.

لقاحات السرطان الشخصية: تطوير لقاح للسرطان باستخدام تقنية mRNA

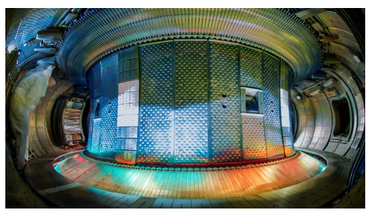
أعلنت شركتا «موديرنا» و«ميرك» عن نجاح لقاح سرطان شخصي يعتمد على تقنية mRNA، مصمم خصيصًا لكل مريض بناءً على طفراته الجينية.

وفي تجارب سريرية، خفض اللقاح خطر عودة سرطان الجلد بنسبة 49% عند استخدامه مع دواء «كيترودا». اللقاح يساعد الجهاز المناعي في التعرف على الخلايا السرطانية ومهاجمتها بدقة. بسبب نتائجه الواعدة، منحت هيئات الدواء الأمريكية والأوروبية أولوية لمراجعته، حيث يُختبر حاليًا على سرطانات أخرى مثل الرئة والكلى، مما يفتح باب الأمل لعلاجات أكثر فعالية وأقل أضرارًا في المستقبل.

الفرن النووي «WEST» يُسجل رقمًا قياسيًا في مدة احتجاز البلازما

في فبراير 2025، سجل مفاعل «WEST» النووي الفرنسي رقماً قياسياً عالمياً جديداً، حيث استطاع احتجاز بلازما الهيدروجين لمدة 22 دقيقة و17 ثانية، متفوقاً على الرقم الصيني السابق.

وقد تم تسخين البلازما إلى 50 مليون درجة مئوية، مع التحكم فيها بأنظمة تبريد متطورة ومواد مقاومة للحرارة. يُعد هذا إنجازاً مهماً في مجال الاندماج النووي، الذي يهدف لتوفير طاقة نظيفة ومستدامة تشبه طاقة الشمس. يهدف العلماء الآن لزيادة مدة الاحتجاز ورفع الحرارة أكثر، مما يقربنا من حلم الحصول على مصدر طاقة لا ينضب وآمن للبيئة.



طفرة في استخدام الذكاء الاصطناعي في البحث العلمي

شهد عاما 2024 و2025 طفرة كبيرة في استخدام الذكاء الاصطناعي في البحث العلمي، حيث تطور من مجرد أداة لتحليل البيانات إلى شريك فعلي في عملية البحث يقوم بصياغة الفرضيات وتصميم التجارب وكتابة الأوراق العلمية، حيث تميزت نماذج مثل GPT-4.5 وDeepSeek الصيني و Grok التابع لإيلون ماسك بقدرتها على تحليل الأوراق البحثية واقتراح علاقات جديدة بين المفاهيم العلمية.

كما أطلقت شركة OpenAI أدوات جديدة تتيح تحويل الصور والرسوم البيانية العلمية إلى رسومات تفاعلية، وساهم الذكاء الاصطناعي بشكل كبير في تسريع الأبحاث الطبية خاصة في تحليل الجينوم وتطوير علاجات شخصية، بالإضافة إلى دوره الفعال في علم المواد عبر التنبؤ بخصائص المركبات الكيميائية قبل تصنيعها.

وبدأت المجلات العلمية الكبرى في الاعتماد على الذكاء الاصطناعي لمراجعة الأبحاث وكشف الانتحال العلمي، ورغم هذه الإنجازات الكبيرة، لا يزال العلماء يحذّرون من التحديات المتعلقة بدقة النتائج وحقوق الملكية الفكرية.

رقاقة ذكية تُحدِث ثورة في التصوير الطبي

طوّر علماء من جامعتي بنسلفانيا وكورنيل رقاقة ذكية بحجم حبة الملح تمثل قفزة نوعية في التكنولوجيا الطبية والاتصالات، حيث تعالج هذه الرقاقة الصور باستخدام الضوء بدلاً من الكهرباء مما يجعلها أسرع وأكثر كفاءة في استهلاك الطاقة.

وتمكنت الرقاقة من تحليل الصور المعقدة دون الحاجة لمعالجات تقليدية مما يفتح آفاقاً جديدة في الأجهزة الطبية المزروعة والتصوير الطبي الدقيق، كما تُقدم حلاً واعداً لتسريع الاتصالات الكمومية المشفرة. ويُتوقع أن تساهم هذه التقنية في تطوير أجهزة التصوير بالرنين المغناطيسي وأجهزة مراقبة النشاط العصبي، حيث تجمع بين تقنيات النانو الضوئية والذكاء الاصطناعي لتحقيق سرعات معالجة غير مسبوقة، ويشير الخبراء إلى أن هذا الابتكار قد يغير مستقبل الأجهزة الطبية والاتصالات الآمنة بشكل جذري.

مهمة Fram2
أول رحلة فضائية مأهولة فوق القطبين تُنفّذ تجارب علمية رائدة

في أبريل 2025، دخلت مهمة «Fram2» التاريخ كأول رحلة فضائية مأهولة تدور حول الأرض عبر مسار قطبي، وهو إنجاز لم يسبق لأي رحلة مأهولة تحقيقه من قبل.

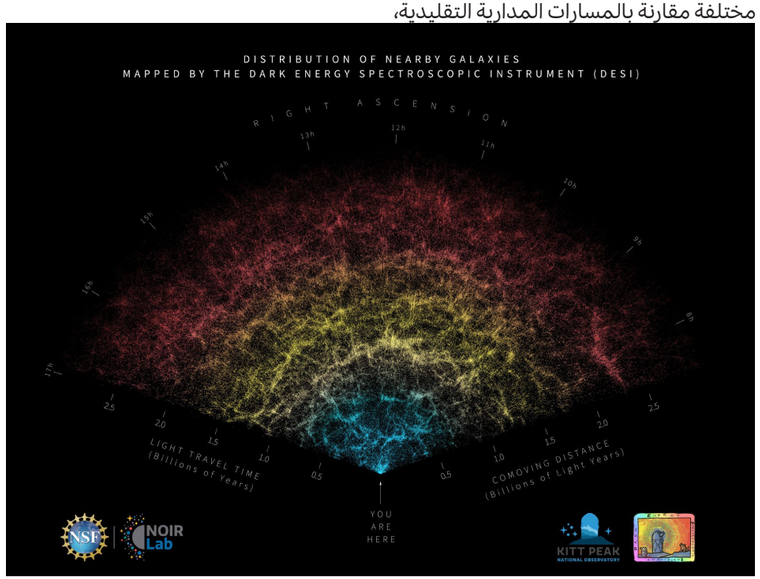
وقد أطلقت المهمة بواسطة شركة SpaceX ضمن جهودها لتوسيع حدود الملاحة الفضائية. استغرقت الرحلة ثلاثة أيام، وخلالها أجرى الطاقم أول تجربة تصوير بالأشعة السينية في الفضاء، إلى جانب سلسلة من التجارب البيولوجية والفيزيائية في بيئة الجاذبية الصغرى.

تميّزت المهمة بمسارها الذي مر فوق القطب الشمالي والجنوبي، ما سمح بجمع بيانات فريدة حول تفاعل الغلاف الجوي العلوي مع الأشعة الكونية والمجال المغناطيسي للأرض. وقد اعتُبرت هذه الرحلة اختبارًا لقدرة الطاقم والمركبة على التحليق في ظروف إشعاعية مختلفة مقارنة بالمسارات المدارية التقليدية، ما يمهد الطريق لمهام مستقبلية نحو القمر والمريخ عبر مدارات غير اعتيادية.

مشروع DESI ينشر أكبر خريطة ثلاثية الأبعاد للكون

كشف مشروع DESI عن أكبر خريطة ثلاثية الأبعاد للكون، تضم بيانات 18.7 مليون جرم سماوي، باستخدام تلسكوب متطور في أريزونا. الخريطة تقدم رؤية غير مسبوقة لتوزيع المادة والطاقة عبر 11 مليار سنة من تاريخ الكون.

النتائج تشير إلى أن الطاقة المظلمة - القوة الغامضة المسؤولة عن توسع الكون - قد تكون تغيرت قوتها مع الزمن، مما يتعارض مع النموذج الكوني السائد. هذا الاكتشاف المذهل يشير إلى أن تسارع توسع الكون قد يتباطأ، وهو ما قد يجبر العلماء على إعادة كتابة النظريات الكونية. البيانات التي جمعتها 5000 ألياف ضوئية روبوتية تقدم أدق قياسات لحركة المجرات وتوزيعها. إذا تم تأكيد هذه النتائج، فقد تحدث ثورة في فهمنا لمصير الكون وهيكله الكبير.



ملف خاص

محنة شاملة في غزة
أستاذ لغة فرنسية يروي معاناة منطقة مدمرة

بقلم د. زياد مدوخ
أستاذ لغة فرنسية بجامعة غزة

بعد أكثر من 18 شهرًا من العدوان المروع في غزة، تلاها شهران من هدنة هشة، نقض المحتل الاتفاقيات واستؤنف القصف على كامل قطاع غزة. منذ 2 مارس الماضي، أغلقت جميع المعابر التي تتيح وصول المساعدات الإنسانية.

يعيش سكان غزة في حالة من الرعب والإرهاق والخوف. إنهم يفتقرون إلى كل شيء، والأزمة الأشد وطأة هي نقص المياه الصالحة للشرب. قبل العدوان، كان هناك 1230 بئر مياه تعمل بالوقود أو الألواح الشمسية. دمر الاحتلال 990 بئرًا، ولم يتبق سوى حوالي 240 بئرًا تعمل بنسبة 30% فقط من طاقتها بسبب نقص الوقود والألواح الشمسية. شاحنات صهاريج تجوب الأحياء المدمرة، فيما يحق لكل أسرة الحصول على 20 لترًا من المياه كل ثلاثة أيام. برميل المياه الصالحة للشرب (4 لترات) يكلف 4 يورو، وهو سعر باهظ، لكن العائلات مضطرة لشرائه رغم رداءة الجودة غالبًا.

تتفاقم الأزمة بنقص المياه المنزلية، لقد أصبح الحصول عليها صعبًا بسبب تدمير أنابيب المياه بالقصف. هذا يجعل الحياة شاقة للغاية على العائلات التي تضطر أحيانًا للمشي 500 متر للحصول على 2 أو 3 جالونات من المياه. أحيانًا، نرى عشرات أو مئات الأشخاص يصطفون في الشوارع للحصول على المياه. إنها مأساة.

أزمة غذاء ودواء ومستشفيات مدمرة

منذ 2 مارس، أغلق الاحتلال جميع المعابر التي تربط غزة بالعالم الخارجي. لم يعد هناك ما يدخل. المنتجات الغذائية باتت شبه معدومة في الأسواق، وأسعارها مرتفعة للغاية. السكان يكتفون بوجبة واحدة يوميًا، وجبة متواضعة غالبًا مكونة من الأرز أو المعكرونة أو علب المعلبات، لأنها الوحيدة المتوفرة. لا فواكه، لا خضروات، لا دجاج، لا لحوم، لا أسماك، لا شيء.

في غزة، أصبح 30 مستشفى خارج الخدمة تمامًا. في شمال القطاع، لا يزال عدد قليل من العيادات والمراكز الطبية يعمل، لكن هناك نقص حاد في الأطباء. يوجد بعض الأطباء المتطوعين، لكنهم غير كافين لتلبية احتياجات العدد الهائل من المرضى والمصابين. الأدوية نادرة وغالبًا منتهية الصلاحية، ولم يعد هناك مخابر أو صيدليات. آلاف المرضى والمصابين ينتظرون العلاج.

ومنذ بداية العدوان، لم يدخل الغاز إلى قطاع غزة إلا بكميات قليلة جدًا خلال الهدنة، وتوقف تمامًا منذ 2 مارس. عاد سكان غزة للطهي بالحطب، لكن الحطب أصبح نادرًا وغالي الثمن. كيلو الحطب يكلف 6 يورو، ولتحضير وجبة لعائلة، يلزم 4 كيلو من الحطب، أي 24 يورو لوجبة بسيطة من الأرز أو المعكرونة. لم يعد الناس يجرؤون على تحضير الشاي أو القهوة على نار الحطب بسبب النقص. إنها حالة مروعة للسكان.

«في غزة، ينقصنا كل شيء»

أما المحطة الكهربائية الوحيدة، التي كانت تعمل بنسبة 30% فقط، دمرت بالكامل في 13 أكتوبر 2023. منذ ذلك الحين، تعتمد الكهرباء على المولدات التي تعمل بالوقود أو الديزل، أو على الألواح الشمسية. خلال الأشهر الأخيرة، كان الشتاء قارسًا في غزة، ولم تكن الشمس كافية لتشغيل الألواح الشمسية بكفاءة.

الأمر الأكثر خطورة هو أن نقص الكهرباء يعطل تشغيل محطة تحلية المياه، التي تزود المواطنين بالمياه الصالحة للشرب. كما تأثرت شبكة الاتصالات بسبب انقطاع الكهرباء.

في 2 أبريل، أغلقت جميع مخابز قطاع غزة بسبب نقص الطحين والوقود. أصبح السكان مضطرين لتحضير الخبز في منازلهم، وهو أمر صعب للغاية مع ارتفاع سعر كيس الطحين الذي تجاوز 200 يورو، ونقص الحطب.

في غزة، ينقصنا كل شيء. يعيش السكان المدنيّون في حالة من القلق والخوف والعجز الدائم. صحيح ان الفلسطينيين في غزة صبورون، لكنهم اليوم عاجزون. يحاولون الصمود، لكن الأمر معقد للغاية مع انعدام الأمن، استئناف القصف ليل نهار، التهجير القسري، المجاعة، وأزمة إنسانية غير مسبوقة

تهجير قسري في ظروف غير إنسانية

بعد نقض اتفاقيات الهدنة في 2 مارس 2025، أجبر جيش الاحتلال 400,000 شخص على النزوح مجددًا. من بينهم، 300,000 مضطرون للعيش في الشوارع، داخل خيام ممزقة، وسط الأنقاض، بجوار المقابر والنفايات. لم تدخل الخيام أو الكرفانات إلى غزة منذ بداية العدوان.

منذ 7 أكتوبر 2024، تم تهجير 1,400,000 من سكان غزة قسرًا داخل القطاع (60% من السكان المدنيين). بعضهم اضطر للإخلاء 5 أو 6 مرات.

مهلة 6 ساعات فقط للإخلاء

جيش الاحتلال، الذي كان يمنح المهجرين سابقًا 24 ساعة للاستعداد للإخلاء، بات يمنحهم 6 ساعات فقط للتنظيم. يتم إخطار السكان عبر الإنترنت (عند توفر الشبكة) أو من خلال منشورات ونشرات تُلقى من الطائرات، مما يتسبب في حالات من الذعر بين السكان. يحمل الناس حقيبة صغيرة، خيمة، وفراشًا، ويفرون تاركين كل شيء خلفهم. رجال، نساء، شيوخ، وأطفال، يُجبرون على المغادرة سيرًا على الأقدام في شوارع محطمة للانتقال إلى حي آخر، حيث لا يزالون غير آمنين.

علاوة على ذلك، لم يعد هناك سيارات أو

شاحنات او اي وسيلة نقل في غزة. ولو وُجدت، فلا يوجد وقود. يضطر السكان، من شيوخ ورجال ونساء وأطفال، للمشي 5 أو 10 كيلومترات في شوارع مدمرة. لا يستطيعون حمل شيء ويتركون كل شيء خلفهم.

بالنسبة لمعظمهم، لم يعد لديهم أموال، إذ خلال الهدنة، عادوا إلى منازلهم وأنفقوا آخر مدخراتهم لمحاولة إصلاح بيوتهم المدمرة أو شراء ألواح شمسية.

اليوم، باتت رفح، أكبر مدينة في جنوب قطاع غزة، شبه خالية. أجبر سكانها البالغ عددهم 130,000 نسمة على الإخلاء للجوء إلى خان يونس. في الشمال، تستضيف مدينة غزة اليوم 1,400,000 نسمة، بما في ذلك 300,000 مهجر قادمون من بيت حانون، جباليا، وبيت لاهيا.

وضع كارثي

تتفاقم هذه الظروف غير الإنسانية مع إغلاق جميع المعابر منذ 2 مارس ومنع دخول المساعدات الإنسانية. لا توجد أماكن مخصصة لاستقبال المهجّرين الذين فروا من القصف المكثف. بدون مساعدة أو دعم، يضطر المهجرون للعيش بمعدل 20 إلى 25 شخصًا في خيمة واحدة، في ظروف غير إنسانية.

الخيام الجديدة والكرفانات الموعودة محظورة ولا يمكنها دخول غزة. في الشتاء، كان البرد قارسًا داخل الخيام؛ وهذا الصيف، سيكون الجو حارًا للغاية. غالبًا، لا تستطيع شاحنات صهاريج المياه الصالحة للشرب المرور في الشوارع المحطمة بفعل القصف ومرور الدبابات الإسرائيلية. كل شيء مدمر، وحفر آبار المياه صعب. لا يوجد حكومة، ولا سلطة، ولا منظمات دولية أو محلية لمساعدة المهجرين، فالمنظمات الدولية التي كانت تقدم المساعدة للسكان لم تعد تدخل قطاع غزة.

في ظل صمت متواطئ من المجتمع الدولي، يعيش 2,400,000 من سكان غزة اليوم في ظروف كارثية وغير إنسانية.

جرعة أمل.. شباب يوزعون الهدايا والألعاب على أطفال غزة

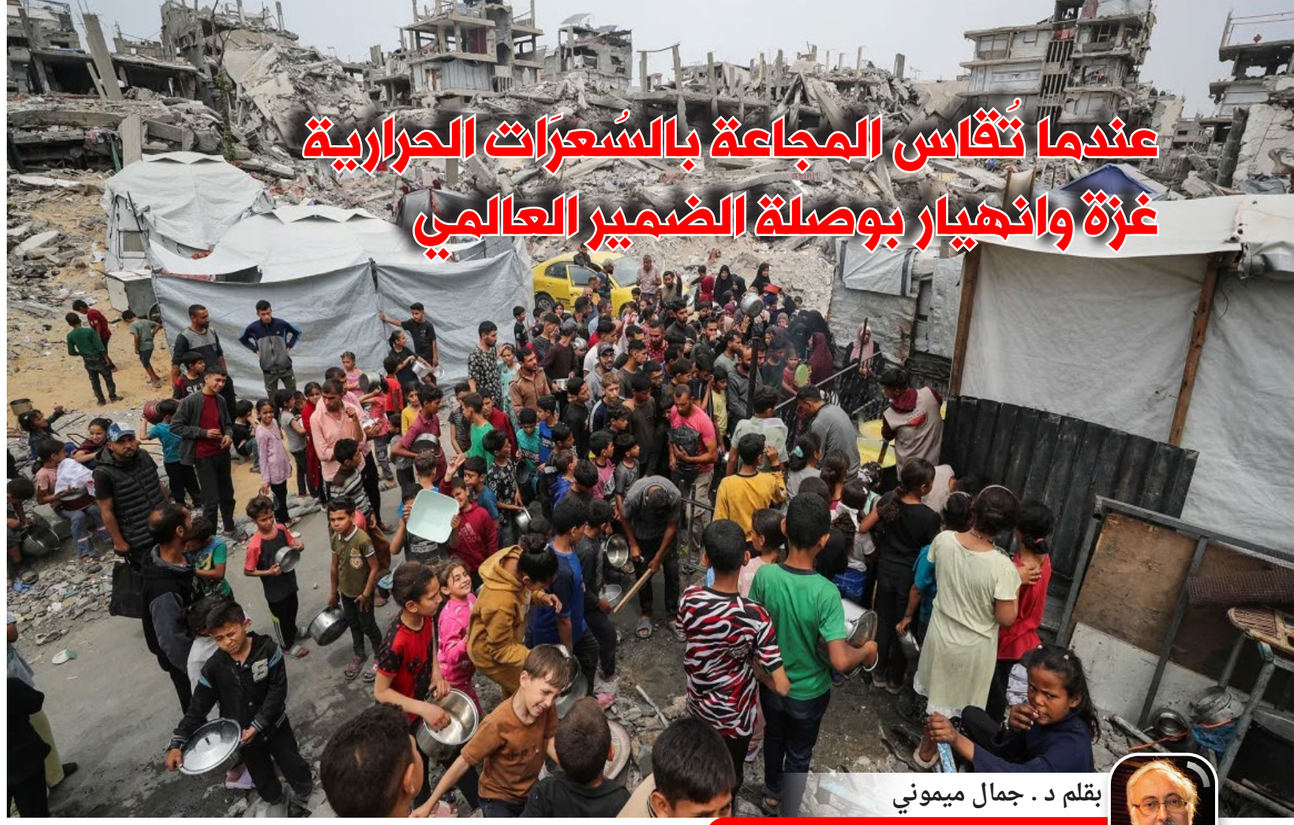
شارك شباب ناطقون بالفرنسية في غزة، في إدخال الفرح على قلوب أطفال غزة خلال هذا العدوان المروع، حيث قاموا بتوزيع الهدايا والألعاب على الأطفال في مركز تعليمي رغم القصف المكثف أواخر أبريل 2025.

دأب هؤلاء الشباب على تنظيم أنشطة متنوعة للأطفال في أحياء مدمرة وسط العدوان، وذلك ضمن مبادرة مواطنية تظهر التزام شباب غزة تجاه مجتمعهم وتعزز التضامن بين السكان، خاصة في هذه الفترة الاستثنائية من العدوان الرهيب.

كان الشباب سعداء جدًا بتوزيع الألعاب على هؤلاء الأطفال الشجعان، الذين يواصلون الابتسام رغم صدماتهم النفسية. كما كان الأطفال سعداء للغاية برؤية هؤلاء الشباب يأتون لمساعدتهم في هذه الفترة المروعة والاستثنائية.

هؤلاء الشباب المتحمسون، رغم الفظائع المطلقة، يحاولون مساعدة الأطفال، الذين غالبًا ما يكونون مصابين بصدمات نفسية، على استعادة ابتساماتهم. إنه قليل من الفرح لهؤلاء الأطفال المحرومين من كل شيء في منطقة محاصرة. غزة مدمرة ومخربة، لكن غزة هي ابتسامة أطفالنا وإرادة شبابنا.

عندما تُقاس المجاعة بالسُعرَات الحرارية
غزة وانهيار بوصلة الضمير العالمي



بقلم د . جمال ميموني

وحدة البحث في الوساطة العلمية - CERIST

تجويع محسوب: الحساب البارد لحصار غزة

في غزة اليوم، نشهد ما قد يكون أحد أكثر الفصول خزياً في التاريخ الحديث، مجاعة مُتعمَّدة فُرضت بشكل منهجي من قبل قوة عسكرية، وباركها صمت عالمي مطبق. لأكثر من شهرين، حُرم أكثر من مليوني فلسطيني من ضروريات الحياة الأساسية: الطعام، الماء، الكهرباء، الوقود، والدواء. لقد تحولت غزة إلى مختبر للقسوة، حيث يُقاس الجوع حرفياً حتى السُعرة الحرارية، بينما يكتفي العالم «المتحضر» بالمشاهدة في حالة من الشلل، مطلقاً إدانات فاترة، ويواصل في الوقت ذاته تزويد إسرائيل بالقنابل والغطاء السياسي.

لقد أصبحت الحريرة calorie وحدة القسوة في غزة بعد الرصاصة والقنبلة. ومع ازدياد الحصار الإسرائيلي شمولًا وقسوة، أصبحت الهيئات الدولية تحسب الجوع بأرقام باردة وجافة: كم سُعرة حرارية للفرد، كم غرامًا من البروتين، كم يومًا يفصلنا عن المجاعة؟ لقد تم تقليص المعاناة الإنسانية إلى بيانات رقمية. هذه ليست مجاعة ناجمة عن فشل في المحاصيل أو كارثة طبيعية. إنها سياسة ممنهجة: استخدام التجويع كأداة عسكرية. إن غزة تُجَوَّع عن قصد.

منذ 2 مارس 2025، فرضت إسرائيل حصارًا كاملاً على دخول المساعدات الإنسانية إلى غزة، متجاوزة في شدته كل القيود السابقة. وحتى 15 مايو، أصبح هذا الحصار الأطول دون انقطاع في تاريخ القطاع. ووفقًا لليونيسف ومكتب تنسيق الشؤون الإنسانية التابع للأمم المتحدة (OCHA)، فقد دمّرت هذه السياسة قدرة غزة على البقاء: الأراضي الزراعية قُصفت، مناطق الصيد مُنعت، والمخابز انهارت بسبب نقص الطحين والوقود والأمان. الأطفال، خصوصًا من هم دون العامين والأمهات المرضعات، هم الأكثر تضررًا: 92% منهم لا يحصلون على التغذية اللازمة. وعلى الرغم من وجود أكثر من 3000 شاحنة مساعدات، و116,000 طن متري من الغذاء جاهزة للدخول إلى غزة، ترفض إسرائيل السماح بذلك، متحدية أوامر مؤقتة صادرة عن محكمة العدل الدولية في قضية جنوب أفريقيا ضد إسرائيل. هذا التحدي يوضح بشكل قاطع أن المجاعة ليست نتيجة ثانوية مؤسفة للحرب، بل إنها الحرب ذاتها.

الجريمة ليست خفية.. إنها تُبثّ على الهواء

ليست هذه حالة جهل. نحن لا نعيش في أربعينيات القرن الماضي. لا يمكن لأحد أن يدّعي بأنه «لم يكن يعلم»، كما قيل بعد الحرب العالمية الثانية في أعقاب الهولوكوست. نحن نعلم. في الواقع، نحن نشاهد ذلك مباشرة، كل يوم، على كل شاشة.. أطفال يموتون جوعاً، مستشفيات تنهار، مقابر جماعية تُحفَر بالأيدي العارية. ما نشهده هو استخدام الطعام، أبسط حاجة إنسانية، كسلاح، في تحدٍ صارخ للقانون الدولي، والمبادئ الإنسانية، وأبجديات الكرامة.

أطلقت اليونيسف، الأونروا، برنامج الأغذية العالمي، ومكتب تنسيق الشؤون الإنسانية التابع للأمم المتحدة، جميعها، إنذارات عاجلة. وقد أقرت الأمم المتحدة بأن غزة منطقة مجاعة. مع ذلك، فإن أكثر من 3000 شاحنة مساعدات، وأكثر من 100,000 طن متري من الغذاء متوقفة، وتُمنع من دخول القطاع عمداً من قبل إسرائيل. هذا ليس حصاراً؛ بل هو إعدام بطيء وعلني لشعب بأكمله، جريمة حرب تُرتكب تحت أضواء الدبلوماسية العالمية.

الصمت تواطؤ

الفضيحة الحقيقية لا تكمن فقط في أن هذه الفظائع تحدث، بل في أنها تُحتمل، بل تُبرَّر، من قِبل من يدّعون أنهم حماة القانون الدولي وحقوق الإنسان. الحكومات الغربية، التي تسارع إلى فرض العقوبات عند أول مؤشر على العدوان في أماكن أخرى، أصبحت الآن عاجزة عن النطق، غير قادرة حتى على إصدار توبيخ رسمي، فضلاً عن اتخاذ أي إجراء.

لماذا؟ لأن الجاني هو «حليف»، حليف تصعب مواجهته، متجذر في شبكة تحالفات، ومقدّس إلى درجة تمنع انتقاده. النتيجة؟ كلمات بلا أثر، إدانات بلا عواقب، وتصريحات مُفصَّلة بعناية لتفادي إغضاب المعتدي.. رقصة منظمة من الجبن.

«لن يتكرر أبداً».. وعد الكاذب

العبارة «لن يتكرر أبداً» "Never again"، التي كانت ذات يوم وعداً جليلاً ضد الإبادة الجماعية والفظائع، أصبحت الآن بلا معنى. إذا لم تنطبق على غزة — حيث يُجوّع المدنيون ويُقصفون ويُهجّرون بشكل منهجي — فإنها لا تنطبق على أي مكان. لقد تآكل الإطار الأخلاقي للغرب، الذي تأسس على أنقاض أوشفيتز، إلى غضب انتقائي ونسبية أخلاقية مشوشة.

حين تفشل القيادة الأخلاقية

فشلت المؤسسات الدينية أيضاً. من الفاتيكان إلى مختلف الهيئات الدينية العالمية، التي قلصت نفوذها إلى الجانب الروحي. فحتى في هذا الجانب اكتفت بمعظمها إلى إصدار نداءات خجولة، وكأن ما يجري مجرد خلاف دبلوماسي، لا حملة منظمة من المعاناة الجماعية. كما تم تجاهل النظام القانوني الدولي بشكل سافر، بما في ذلك قرارات محكمة العدل الدولية بشأن التدابير المؤقتة ضد إسرائيل. ومع ذلك، لا عواقب.

نموذج لتقدير كمية الغذاء المتاح في غزة، استناداً إلى بيانات الجيش الإسرائيلي، يكشف حقيقة مفزعة: عشرات الآلاف من الأشخاص يعيشون على أقل من 300 سُعرة حرارية في اليوم — حصص مجاعة للفئات الأضعف. ومع ذلك، يسخر المسؤولون الإسرائيليون. أحد النواب صرّح: «لا يوجد شخص جائع في غزة».. الدليل غير مهم والقسوة مقصودة.

أما داخل إسرائيل، فالخطاب العام أصبح مروّعاً بشكل علني. نقاش حديث في الكنيست كشف عن نواب يدافعون، بل ويحتفلون بتجويع الأطفال. عندما عبّرت طبيبة إنسانية عن أملها البسيط في ألا يُحرم أي طفل من مسكنات الألم، قوبلت بالسخرية والضحك.. فما كان يُقال همساً في الماضي مثل تجويع شعب كاستراتيجية حربية والتصفية العرقية، يُصرّح به اليومَ بكلّ وقاحة، بينما يظلّ العالم «المتحضّر» غارقاً في صمته المخزي.

جبن العالم العربي

ولا ينبغي أن نعفي الأنظمة العربية من المسؤولية. فشلها في اتخاذ أي إجراء — باستثناء الإيماءات الرمزية — يُظهر مدى انعدام أهميتها السياسية وفسادها الأخلاقي. منشغلة بالحفاظ على عروشها وتحالفاتها الأجنبية، فشلت في حماية شعبها، حتى في أقصى حالات المعاناة.

الخاتمة: التاريخ يراقب

بعد سنوات من الآن، ستتم محاكمة هذه اللحظة. سيُتذكر الصمت. وسيُسجل رفض التحرك لا كحياد، بل كشراكة في الجريمة. عندما تُعدّ القبور، ويُرثى الأطفال، وتنهض غزة من رمادها لتكتب تاريخها، ماذا ستكون قد فعلت حكوماتكم؟ ولأي مبدأ ستُذكر مؤسساتكم؟

هذه ليست مجرد قضية تتعلق بغزة. بل تتعلق بما إذا كان النظام الدولي لا يزال يمتلك روحاً. والآن، هذه الروح تتلاشى ، حتى السُعرَة الحرارية.

«فشل أخلاقي وإنساني مطلق»

اومر بارتوف المختص في دراسات الهولوكوست بجامعة براون. Agence Media Palestine 2025

أومر بارتوف Omer Bartov ، الأستاذ الإسرائيلي-الأمريكي لدراسات الهولوكوست في جامعة براون، يتهم إسرائيل بارتكاب إبادة جماعية في غزة: «محاولة منهجية لجعل غزة غير قابلة للحياة وتدمير المؤسسات الضرورية لبقاء المجموعة جسدياً وثقافياً ». ويُحذر أن إفلات إسرائيل من العقاب يُهدد القانون الدولي، قائلاً: « فشل أخلاقي وإنساني كامل للدول التي تقدم نفسها كمدافعة عن حقوق الإنسان والديمقراطية».

عزاء لعائلة د.سليمان بركة

يصادف صدور العدد التاسع من مجلة الشهاب العلمي، ذروةً جديدة من وحشية الاحتلال الإسرائيلي في حربه الظالمة ضد المدنيين العُزّل في غزة. خلال 4 أيام فقط، ارتقى أكثر من 600 شهيد في أنحاء القطاع المحاصر، منهم أفراد من عائلة د. سليمان بركة، أستاذ بجامعة غزة الإسلامية وعضو اللجنة العلمية للمجلة، وقد كان من بين هؤلاء الضحايا إبن أخيه والمهندسة دعاء سليمان بركة، وشقيقتها شروق وأخيها صالح إضافة إلى العشرات من أقاربه الذين استشهدوا طوال حرب الإبادة، في خسارةٍ تهزّ القلوب وتدمي الأفئدة.

الشَّاطر الصغير

إشراف: الشيماء أمين خوجة

59 معكرونة في الفضاء!

60 توأم في عالم كمي!

61 إختبر معلوماتك

معكرونة في الفضاء!

بقلم: رانيا بن عربية

ماستر فيزياء نظرية - جامعة وهران 1

هل تعلم عزيزي القارئ، ما هو الشيء المشترك بين مجرتنا درب التبانة، مجرة أندروميدا ومجرة NGC 4889 رغم تباعد المسافة بينها؟

جميعها والعديد من المجرات الأخرى تتواجد بمركزها ثقوب سوداء فائقة أو عظيمة الكتلة. الثقب الأسود فائق الكتلة هو أحد أنواع الثقوب السوداء وأكبرها، يليه الثقب الأسود متوسط الكتلة، ثم الثقب الأسود النجمي، ويعتبر النوع الأخير الأكثر تواجدا في الكون.

والآن سنبدأ تجربتنا الفكرية ونذهب في رحلة تعليمية لاستكشاف أقرب الثقوب السوداء النجمية الى الأرض، المسمى Gaia BH1 والذي يبعد عنا بمسافة تقدر بـ 1600 سنة ضوئية، أي ما يقارب 1,51372 × 10^16 كلم. رغم أنه لا وجود لمركبة فضائية يمكنها السفر لتلك المسافة في مدة زمنية قصيرة في الفضاء، إلا أن خيالنا لا حدود له؟

نحن الآن في منتصف رحلتنا وإذا بسؤال يتبادر إلى ذهني: تتميز الثقوب السوداء بجاذبية قوية جداً ولا يمكن لأي شيء الإفلات منها، حتى الضوء! فإذا كانت الثقوب السوداء لا تُصدِر أي إشعاع، فكيف سنتمكن من رصدها؟

لحسن الحظ، توصل العلماء إلى الإجابة: تؤثر الثقوب السوداء على الأجرام السماوية حولها بجاذبيتها، وتتم دراسة حركة هذه الأخيرة أو الإشعاعات المنبعثة منها لإستخراج المعلومات عن الثقب الأسود. المثال الأنسب هو عندما تم رصد ثقب أسود لأول مرة، عام 1971 وأطلق عليه إسم Cygnus X-1. تم إكتشافه عندما لاحظ العالمان بول موردن (Paul Murdin) ولويز ويبستر (Louise Webster) أن نجما لم يكن يتصرف كما هو متوقع، ليتضح فيما بعد أن الثقب الأسود Cygnus X-1 كان يؤثر عليه.

بعد هذا الشرح، نلاحظ أننا اقتربنا من وجهتنا حيث بدأنا نحس بقوة الجاذبية. ها نحن وصلنا إلى أفق الحدث أو ما يعرف بنقطة اللاعودة، وإذا بنا نحس بشعور غريب جدا، أجسامنا تتمدد، فما الذي يحدث؟ تُعرف هذه الظاهرة بالتأثيرات المعكرونية (Spaghettification)، فالأجسام الساقطة في الثقب الأسود تتعرض لقوة جذب كبيرة جدا وبما أنه لا يوجد سطح لإيقاف سقوطها، فهي تستمر بالسقوط والتمدد. لذا لن يمكننا البقاء على قيد الحياة إذا ما سقطنا داخل الثقب الأسود!

وأن عدد الثقوب السوداء التي تم إحصاؤها كبير جدا ويقدر بـ 4×10^19 ثقب أسود (4 يليها 19 صفرا!) وقد تم رصد ثقب أسود يبعد عنا بمسافة تقدر بـ 16 مليار سنة ضوئية، ويعتبر الأبعد حتى الآن. أليس هذا مذهلا!

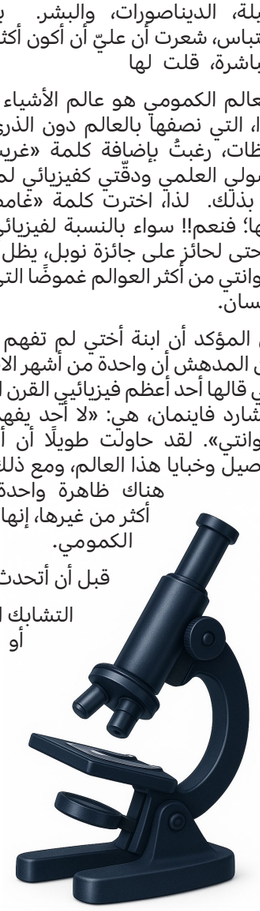
توأم في عالم كمومي!

بقلم: يونس زكرياء طاير
ماستر في الفيزياء النظرية- جامعة وهران 1

في لحظة غير متوقعة سألتني ابنة أختي: «ما هو العالم الكوانتي؟» فأجبتها: «العالم الكوانتي.. هو، هو! اااه!»، وما إن بدأتُ الكلام حتى قاطعتني قائلة: «آه، إنه خروف!» وبصراحة، كان ذلك مضحكًا، لأنه فعلا، نحن جميعًا «كموميون»: الكلاب، القطط، الماعز، الفيلة، الديناصورات، والبشر. بعد هذا الالتباس، شعرت أن عليّ أن أكون أكثر وضوحًا ومباشرة، قلت لها

«العالم الكمومي هو عالم الأشياء الصغيرة جدًا، التي نصفها بالعالم دون الذري.» بعد لحظات، رغبتُ بإضافة كلمة «غريب»، لكنّ فضولي العلمي ودقّتي كفيزيائي لم يسمحا لي بذلك. لذا، اخترت كلمة «غامض» بدلًا منها؛ فنعم!! سواء بالنسبة لفيزيائي مبتدئ أو حتى لحائز على جائزة نوبل، يظل المشهد الكوانتي من أكثر العوالم غموضًا التي واجهها الإنسان.

من المؤكد أن ابنة أختي لم تفهم ما قلته، لكن المدهش أن واحدة من أشهر الاقتباسات التي قالها أحد أعظم فيزيائيي القرن العشرين، ريتشارد فاينمان، هي: «لا أحد يفهم العالم الكوانتي». لقد حاولت طويلًا أن أفهم كل تفاصيل وخبايا هذا العالم، ومع ذلك، لا يزال هناك ظاهرة واحدة تبهرني أكثر من غيرها، إنها التشابك الكمومي.



قبل أن أتحدث عن التشابك الكمومي أو الكوانتي، عليّ أن «أوضح» بعض الأمور. تخيّل نفسك في ساحة عمومية، محاطًا بمئة شخص تقريبًا. الجو لطيف، ليس حارا جدًا ولا باردا جدًا. ولكن، إذا وجدت نفسك أمام العالم الغريب، فإن بعضًا من مجموعة المائة شخص، لسبب ما قد تبدو وكأنها تظهر وتختفي بشكل عشوائي. وإذا ما وجّهت نظرك نحو أحدهم، يتجمّد في مكانه ولا يتحرك، كأنه انكشف فجأة وتجمد من الخوف.

أحيانًا، ستشعر أن هناك شخصًا واحدًا في مكانين مختلفين، وكأن له توأمًا بجانبه، لكنه في الواقع شخص واحد فقط. هذا السلوك له اسم في الفيزياء، إنه ما يُعرف بـالتراكب الكمومي. من الصعب أن نصف ذلك بشكل آخر، فبالفعل، العالم الكمومي غريب.

مع ذلك، فإن التشابك الكمومي ليس سوى قطعة واحدة من لغز لا نهائي، يمكن تشبيهها بصورة توأمين في نفس الساحة العامة.

هذان التوأمان قريبان جدًا من بعضهما، ولم يفترقا منذ ولادتهما، لدرجة أننا نقول إن بينهما «ذرات متشابكة».

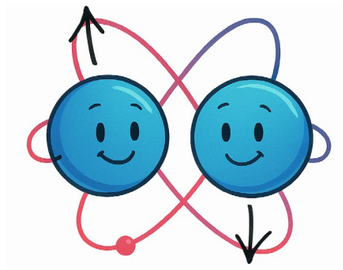
لكن فلنفترض أن أحدهما شرير والآخر طيب. والآن، لأغراض تجربتنا، سنفصل بين التوأمين لأول مرة في حياتهما: أحدهما يسافر إلى اليابان، والآخر إلى إيطاليا. نحن الآن في رحلة إلى إيطاليا، وصدف أننا التقينا بأحدهما.. السؤال الذي يُطرح هل الذي أمامنا هو التوأم الشرير أم الطيب؟

هناك وسيلة واحدة فقط لنعرف، وهي أن نخرج أدوات التحقيق: دفتر وقلم، ونسجل كل الملاحظات التي تدل على ما إذا كان هذا الشخص هو الشرير. ولنفترض أننا توصلنا إلى نتيجة مؤكدة: إنه هو الشرير! حينها يحدث شيء مدهش:

نصبح على يقين تام بأن التوأم الآخر، في اليابان، هو الطيب.

هي بالفعل صورة مذهلة لما يحدث بين الجسيمات «التوأمية»، أو الجسيمات المتشابكة كموميا. فمثلًا، يمكن للإلكترون أن يكون له جسيم «توأم»، أو جسيم متشابك. هذان الجسيمان يتصرفان بشكل مختلف إذا عرّضناهما لمغناطيس، حسب «أي منهما نراه الآن».

إذا كانت التي أمامنا هي «الشريرة»، نرسم لها إشارة 👎، أما إذا كانت «الطيبة»، فنضع لها إشارة 👍.



إذًن في البداية لا نعرف من هو من!

لا يمكننا التمييز بين «الطيب» و«الشرير » إلا عندما نُمرّر أحدهما عبر مغناطيس. وحينها، لا نحصل على معلومة واحدة فقط، بل نحصل على معلومتين!

لنفترض أن الإلكترون المجهول مرّ من خلال المغناطيس الذي يزيح الستار عن هويته: هذا الإلكترون هو الطيب!

لكن انتظر ألا يعني هذا أن الإلكترون الآخر، المتشابك معه، هو الشرير؟ نعم، بالضبط، الآخر هو الشرير. والمثير في الأمر أن الفيزيائي، قبل مرور الإلكترون بالمغناطيس، لا يعتبره طيبًا أو شريرًا، بل يعرف أنه «طيب وشرير في نفس الوقت» وهذه هي حالة التراكب الكمومي. تذكّر، في العالم الكوانتي، يجد العالِم أحيانًا الأمور بصورتين في آن واحد.

أما بعد مرور الإلكترون عبر المغناطيس، فكل شيء يتضح فجأة.

اختبر معلوماتك

إعداد: عمر نمول

1 - ما هو العمر التقديري للشمس؟

أ) 4.6 مليار سنة
ب) 500 مليون سنة
ج) 1 مليار سنة

2 - ما هو اسم أول قمر صناعي أطلقه الإنسان إلى الفضاء؟

أ) فوييجر 1
ب) أبولو 11
ج) سبوتنيك 1

3 - ما هو الحدث الفلكي الذي يمكن أن يُنتج «توهجات راديوية سريعة»؟

أ) الانفجار العظيم
ب) اندماج نجوم نيوترونية
ج) انفجار نجم قزم أبيض

4 - ما هو اسم أكبر قمر يدور حول كوكب المشتري؟

أ) آيو
ب) غانيماد
ج) يوروبا

5 - ما هو العنصر الأكثر شيوعًا في مكونات النجوم؟

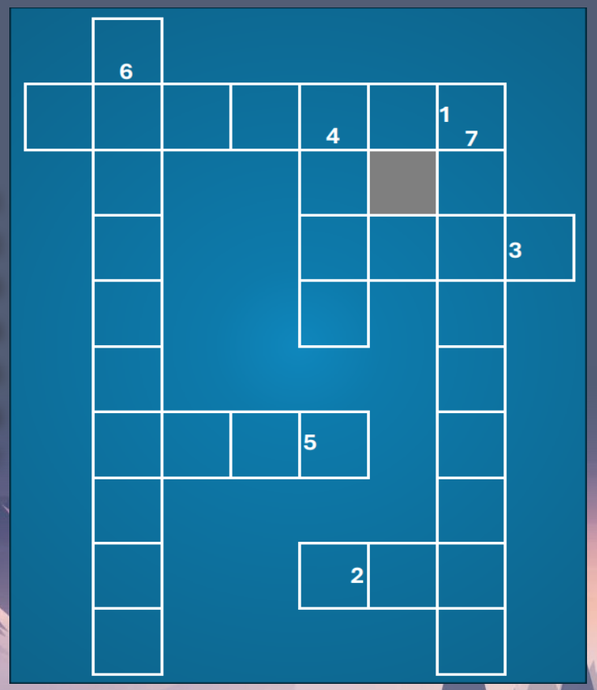
أ) الهيدروجين
ب) الهليوم
ج) الأكسجين

6 - أي من هذه الأجرام السماوية يُعد «قزمًا أبيضا»؟

أ) نجم الدبران
ب) نجم الشعرى اليمانية ب
ج) بروكسيما سنتوري

الحلول

٤ (ب) ٩ (ب)
٢ (ج) ٥ (أ)
١ (أ) ٤ (ب)



1. أكبر الكواكب في المجموعة الشمسية
2. مراقبة الأجرام السماوية
3. مسار الكوكب أو القمر حول جرم آخر
4. تجمع ضخم من النجوم
5. جسم سماوي يدور حول نجم
6. المجرة التي تنتمي إليها شمسنا
7. أقرب مجرة لنا

كيف تُعدَّل الصور الفلكية؟

بقلم مصطفى بن قسمية
مصور فلكي وممثل مشروع The Algerian Astronaut

هل تساءلتم يومًا إن كان السفر عبر الزمن أمرًا حقيقيًا؟ في الواقع، السفر عبر الزمن ممكن بالفعل، لكنه ليس كما تُصوره لنا القصص والأفلام الخيالية. بل يكمن في قدرتنا على رؤية الماضي.

ربما لا يمكننا التنبؤ بالمستقبل، لكن هل تعلم أنه بإمكاننا رؤية الماضي؟ نعم، ببساطة، عندما ترفع رأسك إلى السماء، ترى آلاف النجوم اللامعة التي تبعد عنا مئات أو حتى ملايين السنين الضوئية. كل الضوء المنبعث منها يقطع مسافات شاسعة قبل أن يصل إلينا، ولهذا نستخدم السنة الضوئية كوحدة قياس، حيث تمثل المسافة التي يقطعها الضوء خلال سنة واحدة بسرعة الضوء. مثال على ذلك نجم منكب الجوزاء، الذي يبعد بحوالي 700 سنة ضوئية عن الأرض، لذا إذا افترضنا أنه انفجر اليوم، فهذا يعني أن الانفجار قد حدث فعليًا منذ 700 سنة، لكننا لن نرى آثاره إلا بعد 700 سنة أخرى، وهي المدة التي يستغرقها الضوء للوصول إلينا.

بمعنى آخر، ما نراه الآن هو حالته كما كانت قبل 700 سنة، وهذا ينطبق على جميع الأجرام السماوية: كلما كان الجسم أبعد، كلما رأينا صورة أقدم له. لهذا السبب تُعتبر التلسكوبات الفلكية نافذة إلى الماضي، حيث يمكننا من خلالها دراسة تطور النجوم والمجرات وحتى اللحظات الأولى من عمر الكون بعد الانفجار العظيم، وهذا موضوعنا أساسا، التليسكوبات، لكن ليس لغاية الرصد فقط، بل من أجل التصوير، ماذا نصور؟ الفضاء؟ نعم.. هذا ما يُعرف بالتصوير الفلكي.

كمقدمة، يمكن تعريف التصوير الفلكي ببساطة بأنه فن وعلم التقاط صور للأجرام السماوية المختلفة، سواء كانت نجومًا أو كواكب أو سدمًا أو مجرات، باستخدام تقنيات متخصصة تتيح تسجيل التفاصيل التي لا يمكن رؤيتها بالعين المجردة.

وتختلف دوافع ممارسة التصوير الفلكي باختلاف المصور نفسه.. فهواة التصوير الفلكي يمارسونه غالبًا بدافع الشغف والمتعة، حيث لا شيء يضاهي الإحساس بالإعجاب والانبهار عند التقاط صورة لجرم سماوي بعيد، يكشف فيها عن ألوانه وتفاصيله الخفية بعد ساعات من التعريض الطويل والتعديل، فمن المذهل أن يتمكن شخص بأدوات متواضعة من التقاط صور كانت قبل عقود مقتصرة على المراصد العلمية العملاقة، وهذا يعكس التقدم التقني الذي جعل من التصوير الفلكي مجالًا متاحًا لهواة الفلك حول العالم، نحن نعيش حقًا في عصر يُتيح فيه العلم والتكنولوجيا فرصًا غير مسبوقة لاكتشاف هذا الكون الشاسع.

أما بالنسبة للمحترفين، فالتصوير الفلكي ليس مجرد صور جميلة، بل هو أداة أساسية في البحث العلمي، تُستخدم في دراسة الظواهر الكونية وفهم مكونات الكون. وعلى عكس الهواة الذين يبحثون عن الجمال البصري في الصور، يجد الكثيرون من المصورين الهواة أن العمل الاحترافي في هذا المجال قد يكون جافًا ومرهقًا، إذ يتطلب تحليلًا دقيقًا للبيانات، التعامل مع معادلات رياضية معقدة، وبرمجيات متخصصة لمعالجة الصور واستخلاص المعلومات العلمية منها.

أداة أساسية للكشف عن أسرار الكون

وكغيره من العلوم، يمر علم الفلك بتطور مستمر، ومن بين أبرز المستجدات التي طرأت عليه في العصر الحديث هو ظهور مجالات جديدة أحدثت ثورة في طريقة دراستنا للكون، مثل علم الفلك الراديوي الذي مكّننا من اكتشاف ظواهر غير مرئية بالضوء المرئي. وبالمثل، لم يكن التصوير الفلكي ممكنًا حتى توفّر التقنيات المناسبة، مثل الكاميرات الحساسة والتلسكوبات المتطورة. ومع هذا التطور، أصبح التصوير أداة أساسية للكشف عن أسرار الكون، مما أدى إلى العديد من الاكتشافات التي غيرت فهمنا للفضاء والظواهر الكونية.

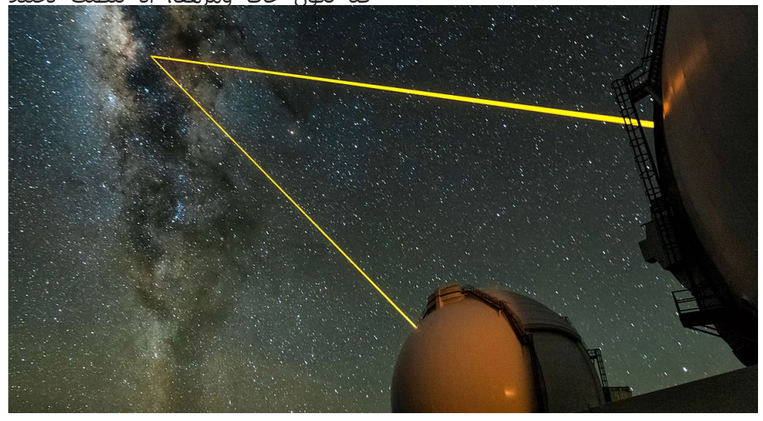
تنقسم أنواع التصوير الفلكي إلى عدة مجالات، مثل تصوير الأجرام السماوية مع المناظر الطبيعية (Landscape astrophotography)، والتصوير الكوكبي (Planetary imaging)، وتصوير الفضاء العميق (Deep-sky astrophotography). في هذا السياق، سنركز على التصوير العميق، الذي يهدف إلى التقاط المجرات، السدم، والعناقيد النجمية البعيدة، وكشف تفاصيل لم يكن بالإمكان رؤيتها سابقًا.

التلسكوبات وأهميتها في التصوير العميق

الخطوة الأولى في التصوير الفلكي العميق هي اختيار التلسكوب المناسب، حيث يحدد نوع التلسكوب جودة الصورة والنتائج التي يمكن الحصول عليها. هناك عدة أنواع من التلسكوبات، وأبرزها

التلسكوبات الكاسرة (Refractors):

تستخدم عدسات زجاجية لتجميع الضوء، وتتميز بجودة بصرية ممتازة وتباين ألوان رائع، مما يجعلها مثالية لتصوير الأجرام العميقة مثل السدم والمجرات. لكنها قد تعاني من الزيغ اللوني (Chromatic Aberration)، وهو تأثير يتسبب في ظهور حواف ملونة حول النجوم، خاصة عند استخدامها لتصوير الكواكب.



الشكل 1: صورة لمجرة القنطورس A

التلسكوبات العاكسة (Reflectors):

تعتمد على مرايا بدلاً من العدسات، مما يلغي مشكلة تقزح الألوان ويجعلها مناسبة لمجموعة واسعة من الأهداف الفلكية، بما في ذلك التصوير العميق والتصوير الكوكبي عند الرصد البصري، قد يكون التلسكوب الكاسر خيارًا جيدًا للمجرات والسدم، بينما يُفضَّل العاكس عند الرغبة في تقليل التشوهات اللونية أثناء التصوير. ولكن بمجرد دخولنا إلى عالم التصوير الفلكي، نحتاج إلى ما هو أكثر من مجرد تلسكوب، فنحن بحاجة إلى كاميرا متخصصة.

لماذا الكاميرا الفلكية أفضل من DSLR؟

يمكن تصوير الأجرام العميقة باستخدام كاميرات DSLR العادية، ولكنها ليست الخيار الأمثل مقارنة بالكاميرات الفلكية المخصصة. السبب في ذلك يعود إلى عدة عوامل

1. التحكم بالضوضاء الحرارية: الكاميرات الفلكية تحتوي على نظام تبريد داخلي يقلل من التشويش الناتج عن الحرارة خلال فترات التعريض الطويل. في المقابل، كاميرات DSLR ترتفع حرارتها، مما يؤدي إلى تشويش أكبر

2. الحساسية الطيفية: الكاميرات الفلكية لا تحتوي على مرشح الأشعة تحت الحمراء المدمج في كاميرات DSLR، مما يسمح بالتقاط تفاصيل أدق، خاصة في مجالات الطيف غير المرئية.

3. فلتر مصفوفة الألوان (Bayer Grid): الكاميرات الملونة العادية تعتمد على مصفوفة Bayer، حيث يتم تقسيم البيكسلات إلى 50% أخضر، 25% أحمر، و25% أزرق، مما يقلل من الحساسية الضوئية. في المقابل، الكاميرات الفلكية الأحادية اللون (Monochrome) تلتقط الضوء بجميع تفاصيله، وتتم إضافة الألوان لاحقًا باستخدام فلاتر متخصصة، مما يعزز جودة الصورة بشكل كبير.

بعد ذلك، سنحتاج إلى جهاز تتبع. بما أن الأرض تدور، فإن الأجرام السماوية تتحرك في السماء، لذا نحتاج إلى جهاز تتبع النجوم (Equatorial Mount) لمزامنة حركة التلسكوب مع دوران الأرض، مما يسمح بالتقاط صور طويلة التعريض دون ظهور خطوط نجمية بسبب الحركة.

الشكل 2: كاميرا رقمية عالية الحساسية للتصوير

الصورة في الشكل 1 هي لمجرة القنطورس A، وهي مجرة غير منتظمة الشكل تبعد حوالي 13 مليون سنة ضوئية عن الأرض. تم التقاط هذه الصورة باستخدام كاميرا فلكية أحادية اللون، وتمثل صورة واحدة فقط (Single Exposure)، مما يعني أن تفاصيل المجرة لا تزال بحاجة إلى بيانات إضافية لتحسينها. لذلك، نقوم بتكديس الصور (Stacking)، أي جمع عدة صور معًا لزيادة نسبة الإشارة إلى الضوضاء، وتحسين التفاصيل الدقيقة.

بما أن الكاميرا الفلكية المستخدمة أحادية اللون، نحتاج إلى إضافة الألوان يدويًا عبر فلاتر خاصة

- **فلتر L Luminance:** يلتقط أكبر قدر ممكن من التفاصيل والحدة دون الحاجة للألوان.
- **فلاتر R, G, B (الأحمر، الأخضر، والأزرق):** تُستخدم لإضافة معلومات الألوان بدقة.

من خلال تصوير كل نطاق لوني على حدة وتجميعه لاحقًا، نحصل على صور ذات دقة أعلى وألوان طبيعية مقارنة بالتصوير باستخدام كاميرا ملونة مباشرة، مثل الصورة في الشكل 3 وهي النتيجة النهائية.

بعد جمع البيانات، نستخدم برامج متخصصة مثل PixInsight أو AstroPixel Processor لمعالجة الصور عبر عدة مراحل

1.محاذاة الصور (Aligning): التأكد من تطابق جميع الصور المكدسة.

2.تكديس الصور (Stacking): دمج عدة صور معًا لتحسين الجودة وتقليل الضوضاء.

3.تمديد التباين (Stretching): إبراز التفاصيل المخفية في الأجرام السماوية.

4.تحسين الألوان والتوازن اللوني: ضبط الألوان لإظهار الصورة بأقرب ما يمكن للواقع.

النتيجة النهائية!

بعد كل هذه الخطوات، نحصل على صورة مذهلة تكشف تفاصيل لم تكن مرئية بالعين المجردة، مثل الهياكل الداخلية للمجرة، خطوط الغبار، والتوهجات الناتجة عن التفاعلات النجمية. هذه العملية ليست مجرد تصوير، بل هي بحث علمي يتيح لنا فهم الكون بطريقة لم تكن ممكنة من قبل، مما يجعل التصوير الفلكي العميق أكثر من مجرد هواية، بل وسيلة لاكتشاف أسرار الفضاء السحيق.

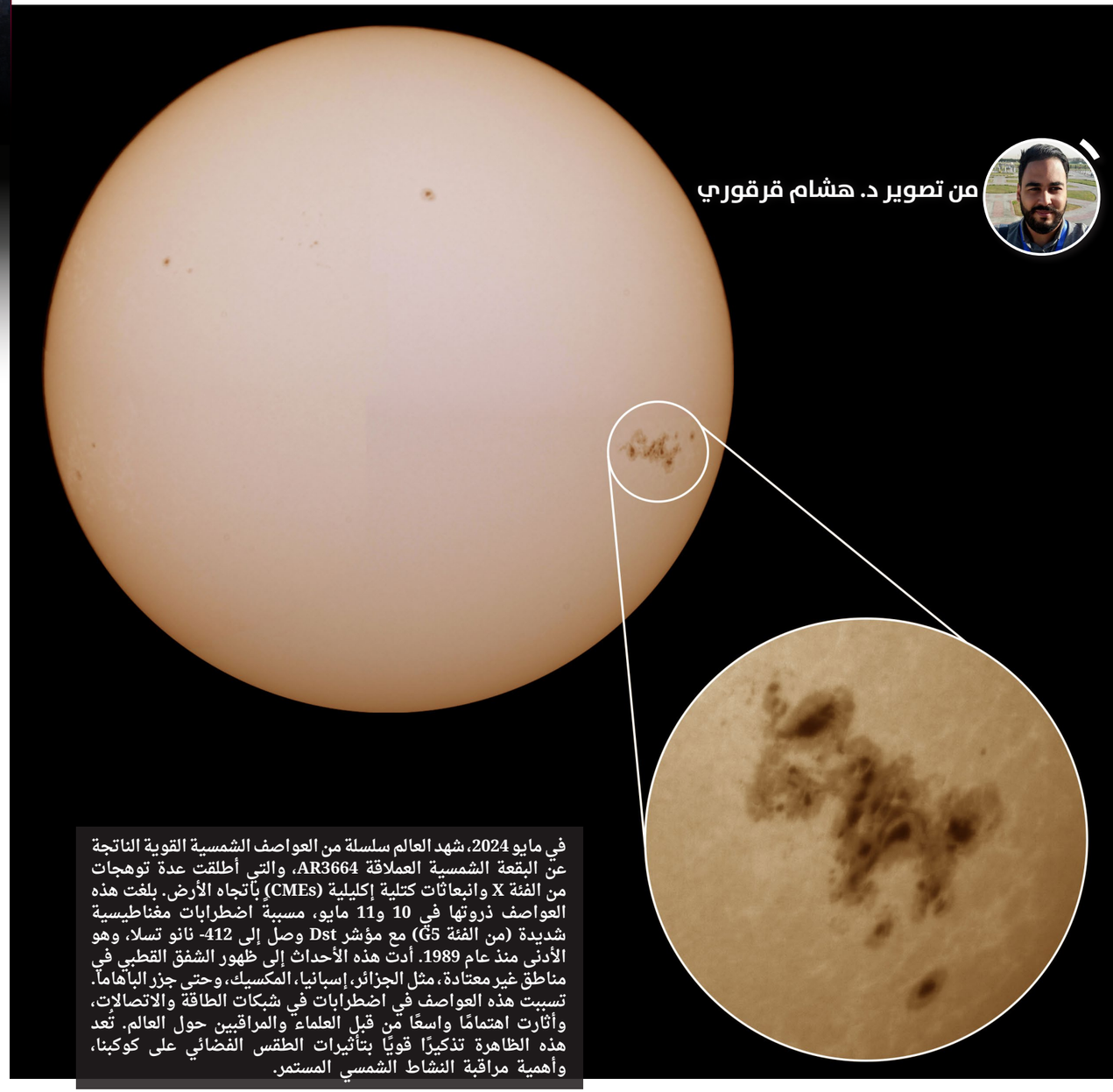
لهذا يتساءل البعض عمّا إذا كانت الصور التي تلتقطها المسابر الفضائية حقيقية أم لا، ويشكك الكثيرون في مصداقيتها. لكن في الواقع، لا تختلف هذه الصور عن تلك التي نلتقطها نحن في التصوير الفلكي. فالمسألة لا تتعلق بما إذا كانت الصور حقيقية أم لا، بل تتعلق بقدرة عين الإنسان على استقبال وتجميع الضوء.

عين الإنسان محدودة بطبيعتها، فهي غير قادرة على استقبال الضوء الخافت المنبعث من الأجرام البعيدة، كما أن هناك نطاقات ضيقة جدًا من الطيف الكهرومغناطيسي لا تستطيع المستقبلات العصبية في العين إدراكها. لذلك، تُستخدم تقنيات متقدمة لجمع الضوء القادم من الأجرام السماوية وتكديسه على مدى فترات طويلة، مما يسمح لنا برؤية تفاصيل لم تكن ممكنة بالعين المجردة. وهذا كله يندرج ضمن جمع البيانات الفلكية، ولا يعني بأي حال من الأحوال أن الصور مزيفة.

الشكل 3: صورة مجرة القنطورس A بعد استخدام الفلاتر

اندلاع شمسي تاريخي
بقعة AR3664 تشعل السماء بالشفق القطبي

من تصوير د. هشام قرقوري

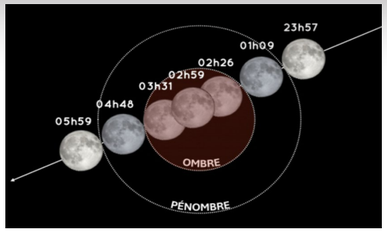


في مايو 2024، شهد العالم سلسلة من العواصف الشمسية القوية الناتجة عن البقعة الشمسية العملاقة AR3664، والتي أطلقت عدة توهجات من الفئة X وانبعاثات كتلية إكليلية (CMEs) باتجاه الأرض. بلغت هذه العواصف ذروتها في 10 و11 مايو، مسببةً اضطرابات مغناطيسية شديدة (من الفئة G5) مع مؤشر Dst وصل إلى 412- نانو تسلا، وهو الأدنى منذ عام 1989. أدت هذه الأحداث إلى ظهور الشفق القطبي في مناطق غير معتادة، مثل الجزائر، إسبانيا، المكسيك، وحتى جزر الباهاما. تسببت هذه العواصف في اضطرابات في شبكات الطاقة والاتصالات، وأثارت اهتمامًا واسعًا من قبل العلماء والمراقبين حول العالم. تُعد هذه الظاهرة تذكيرًا قويًا بتأثيرات الطقس الفضائي على كوكبنا، وأهمية مراقبة النشاط الشمسي المستمر.

تغطية خاصة :

الخسوف الكلي للقمر في 13-14 مارس 2025

بقلم: شمس الدين مواتسي
جمعية الشعرى لعلم الفلك - كندا



في أجواء باردة خلال ليلة الخسوف، حيث كانت درجة الحرارة الخارجية في حدود 8 درجات مئوية تحت الصفر، مما جعل التصوير الفلكي تحديًا إضافيًا. ورغم البرد القارس، كان الطقس صافياً بشكل عام، مما سمح لي بمراقبة الظاهرة بشكل ممتاز، كما كانت السماء خالية من السحب، مما ساهم في وضوح الرؤية. لتصوير هذه الظاهرة، استُعملت آلة تصوير من نوع Canon EOS R7، مع عدسة زووم من نوع 600mm-Sigma 60، والتي ساعدت بشكل كبير في تقريب القمر وتصويره بتفاصيل دقيقة. كانت المعدات الأساسية تتضمن أيضًا عدة بطاريات احتياطية لضمان الاستمرار في التصوير خلال ساعات الليل الطويلة، خاصة مع البرودة الشديدة التي تؤثر سلبًا على أداء البطاريات. ما زاد من أهمية هذا الخسوف هو توافقه مع منتصف شهر رمضان الكريم. هذا التوافق النادر بين الخسوف الكلي وشهر العبادة لدى المسلمين جعل هذه الظاهرة تحمل طابعًا روحيًا خاصًا.

في ليلة 13-14 مارس 2025، الموافقة لـ 15 من شهر رمضان 1446 هجري، شهدت سماء شمال الكرة الأرضية ظاهرة فلكية مميزة تمثلت في خسوف كلي للقمر. هذه الظاهرة التي تُعد واحدة من أبرز الأحداث الفلكية لهذا العام، جذبت أنظار الملايين حول العالم. من بين هؤلاء كان شمس الدين مواتسي، أحد أعضاء جمعية «الشعرى» لعلم الفلك، الذي نجح في رصد وتصوير مراحل الخسوف من مدينة لافال بمقاطعة كيبيك، كندا.

بدأ الخسوف الجزئي ليلة 13 مارس عند الساعة 23:57 بالتوقيت المحلي لمقاطعة كيبيك، عندما بدأت ظلال الأرض بالتسلل تدريجيًا لتغطي سطح القمر. ومع اقتراب ذروة الحدث، دخل القمر تمامًا في ظل الأرض فجر 14 مارس عند الساعة 02:59، ليتحول إلى اللون الأحمر الداكن، وهو ما يُعرف بـ «قمر الدم». استمر هذا الطور الكلي لمدة ساعة و5 دقائق تقريبًا، قبل أن يبدأ القمر في الخروج من ظل الأرض بشكل تدريجي ليعود إلى مرحلته العادية في الساعة 5:59 صباحًا.

تمت عملية الرصد من شرفة المنزل

صورة الخسوف الكلي الملتقَطة من طرف شمس الدين مواتسي يوم 14 مارس 2025 - مدينة لافال - كندا

بقلم: د. هشام قرقوري

فلم: تينيت (TENET)

إذا كنتم من عشاق أفلام المخرج المبدع كريستوفر نولان، فقد عدنا لكم بفلمه الرائع: Tenet الذي صدر عام 2020، ويتميّز ببنية سردية معقّدة تدور حول مفهوم انعكاس الزمن (time inversion)، حيث لا يسافر الناس عبر الزمن فحسب، بل «ينعكس» تدفق الزمن بالنسبة لهم، ما يجعلهم يتحركون نحو الماضي بينما العالم من حولهم يتحرك للأمام.

الفيلم يفتح النقاش حول مفاهيم فيزيائية مثل:

الزمن والانتروبيا: الانتروبيا تقيس درجة الفوضى، وهي المفتاح لفهم لماذا يتقدّم الزمن في اتجاه واحد فقط.

الزمن في الميكانيكا الحرارية: الزمن ليس مكوّنًا مطلقًا في الفيزياء، لكن الفوضى تفرض اتجاهًا واضحًا له في حياتنا اليومية.

السفر عبر الزمن مقابل انعكاس الزمن: في Tenet لا نتحدث عن «آلة زمن»، بل عن إعادة ترتيب الجزيئات لتسير بعكس اتجاه الزمن.

الطاقة والسلوك الحراري: ما الذي يحدث لجسم يعكس الزمن؟ هل يبرد بدلاً من أن يسخن؟ هل يتنفس بالعكس؟

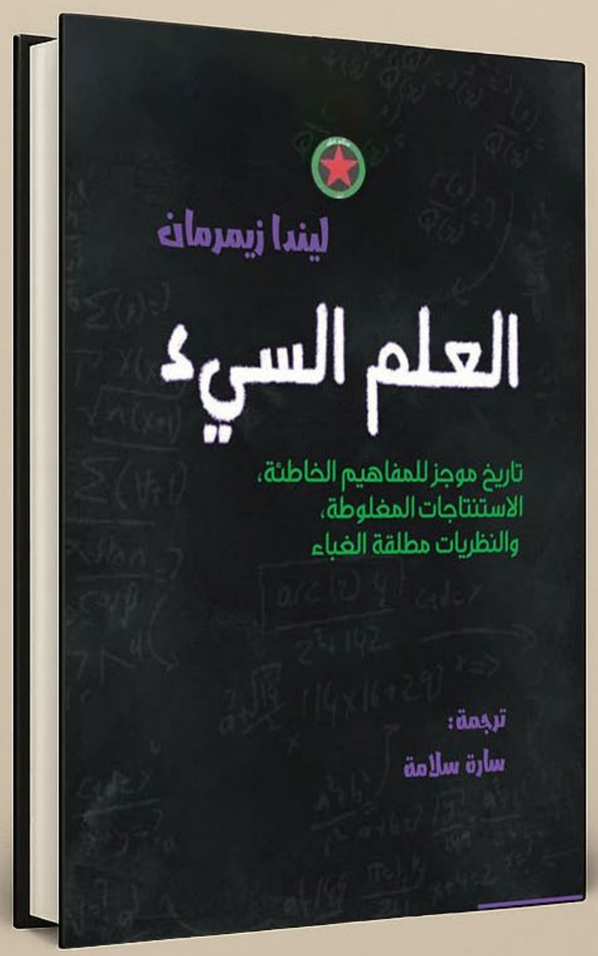
فيلم Tenet ليس فقط لغزًا سينمائيًا، بل تمرينًا عقليًا في فهم طبيعة الزمن، ومرآة تعكس كيف يمكن للخيال العلمي أن يدفعنا لإعادة التفكير في القوانين التي نظنها راسخة.

كتاب: العلم السيء

تاريخ موجز للمفاهيم الخاطئة، الإستنتاجات المغلوطة، والنظريات مطلقة الغباء

بقلم: د.نذير طيار

يعد كتاب «العلم السيء: تاريخ موجز للمفاهيم الخاطئة، الاستنتاجات المغلوطة، والنظريات مطلقة الغباء» للكاتبة ليندا زيمرمان، استكشافًا للمفاهيم العلمية الخاطئة التي سادت عبر التاريخ، وكيفية تأثيرها على المجتمع والتقدم العلمي.



يتناول الكتاب مجموعة من القضايا التي توضح كيف يمكن للعلم السيء أن يؤثر سلبًا على الفهم العام والتطور العلمي. يستعرض حالات تاريخية مثل محاكمة غاليليو بسبب نظرياته حول مركزية الشمس، ويُبرز كيف يمكن للجشع والأنا والتجاهل المتعمد للحقائق أن يؤدي إلى استنتاجات مغلوطة ونظريات غير صحيحة. كما يُسلط الضوء على أهمية التمييز بين المعتقدات الشخصية والعلم القائم على الأدلة.

«العلم السيء» هو كتاب يناقش الأخطاء العلمية الفادحة التي وقع فيها العلماء والمجتمع على مر التاريخ. تكتب ليندا زيمرمان بأسلوب ساخر وممتع، مسلطة الضوء على بعض من أكبر المفاهيم الخاطئة والتجارب العلمية المشبوهة التي شكلت تفكيرنا العلمي. «العلم السيء» ليس فقط كتابًا عن الأخطاء، بل هو درس في التفكير النقدي، حيث يحثّ القارئ على التحقق من المعلومات وعدم تصديق أي شيء لمجرد أنه «علمي».

تقدم زيمرمان دعوة لعدم الوثوق الأعمى بالمؤسسات العلمية، بل لتحليل المعطيات بعقلية نقدية. يؤكد الكتاب أن التقدم العلمي كان مليئًا بالأخطاء، لكنه أيضًا أظهر قدرة البشر على تصحيح مسارهم والتعلم من التجارب السابقة. الكتاب مليء بالقصص الشيقة والتفاصيل الممتعة، وهو مثالي لمن يريد فهم العلم بطريقة غير تقليدية.

Editorial

As the Sun approaches the peak of its 11-year cycle, we find ourselves witnesses to two parallel spectacles of violence – one celestial, the other tragically human. This ninth issue of Chiheb Magazine arrives as our star prepares its most dramatic performance in over a decade, while on Earth, the people of Gaza endure a man-made catastrophe that shames our civilization.

This issue in your hands has the Sun as its main theme reaching the apex of its activity and the impact of space weather on our climatic changes. In addition to a detailed dossier covering various aspects of the subject, we also explore it through illuminating conversations with leading solar physicists, notably Dr. Tallat ElSayed, CEO of USRA and former Chief Scientist of NASA's Heliophysics Division, who guides us through the Sun's magnetic tantrums that ripple through our technological world. Dr. David Orozco Suárez, head of the Spanish Solar Physics Group, deciphers the complex language of solar oscillations and their terrestrial impacts, while the Algerian scholar Dr. Nouar Tabet from Sharjah University discusses the state of the art in technology and its connection with solar energy.

Yet even as we marvel at these cosmic phenomena, we cannot ignore how Palestinian universities and research centers have become casualties of a barbarous war of destruction. Where solar physicists track predictable cycles with precision, Gaza's educational community, along with the rest of the population, face the unbearable violence of daily bombardment. Some 650,000 Palestinian children now find their classrooms replaced by rubble, their education interrupted by war crimes conducted in full view of the world. The Sun's approaching maximum activity stands in stark contrast to humanity's moral minimum.

This issue maintains Chiheb's tradition of making complex science accessible while keeping our conscience awake. Between explanations of coronal mass ejections and Algeria's contributions to solar observation, we remember that true science cannot flourish where injustice reigns. Our "Young Smarties" section continues to inspire young minds with solar mysteries, while "Science Paparazzi" spotlights scietific breakthroughs. However, theseachievements feel bittersweet while Palestinian colleagues struggle to maintain even basic research under occupation.

As the Sun's eruptions paint auroras across polar skies in coming months, may they remind us that light should conquer darkness, knowledge should overcome ignorance, and justice must prevail over oppression. This issue is dedicated to that hope – that our understanding of the cosmos might be matched by wisdom in human affairs.

Jamal Mimouni

Table of Contents

Thematic Dossier : The Sun

- The Sun: The Fiery Heart of the Solar System, Omar Nemoul
- Solar Energy: The Primary Source for Future Electricity , Nouar Tabet
- The Sun: A friend or a foe? Hichem Guergouri
- Solar Oscillations and the Sun's Echo, Nassim Seghouani
- The Sacrifice of the Sun: A Tale of Sunspots, Katia Bechker
- Interview with Dr. David Orozco Suàrez, head of the Spanish Space Solar Physics Consortium
- The Issue's Guest: Special Interview with Dr. Talaat Elsayed
- Revolution in Solar Physics: Major Discoveries of Past Decades, Jamal Mimouni
- Parker Solar Probe: A Mission to Touch the Sun, Jamal Mimouni

General Science Articles & Activities

- The Journey of Biotechnology from Earth to Space, Tarik Kabil
- Polymer Science and its Central Role in Modern Technology Industries, Aicha Ben Souissi
- From Equation to Machine: Mathematics and the Spirit of Artificial Intelligence, Nadir Teyar
- Scientific Communication in the Arab World: A Leap and Challenges, Mohamed Elsonbaty
- ISYA: The International School for Young Astronomers 2025 — Echaima Amine-Khodja
- AfAS 2025 Conference in Johannesburg: For Africa's Astronomical Revival - Jamal Mimouni

Science Paparazzi

- Latest Science News, Omar Nemoul

Special Issue's file

- Global Crisis in Gaza: The Tragedy of a Devastated Region , Ziad Medoukh
- Up to the Calorie: Gaza and the Collapse of the World's Moral Compass, Jamal Mimouni

The Smarties Corner

- Spaghetti in Space, Rania Ben Arabia
- Twins in a Quantum World, Younes Zakaria Tayer
- Test Your Knowledge, Omar Nemoul

From Each Nebula a Star

- How Astropictures are edited? — Mustapha Benguesmia
- Astronomy Amateurs Lens, Hichem Guergouri
- Total Lunar Eclipse March 13–14, 2025 — Chamseddine Mouatsi
- Popcorn...Science and Fiction: Tenet, Hichem Guergouri
- The Best Companion Reader: "Bad Science", Nadir Teyar

فريق المجلّة

رئيس التحرير
ياسمين بوالجدري

الإشراف العام و التدقيق العلمي
جمال ميموني

مسؤول التصميم و الأعمال الفنية
هشام قرقوري

التدقيق اللغوي
ياسمين بوالجدري

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

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

Linguistic Review Team
Yasmine Bouldjedri

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

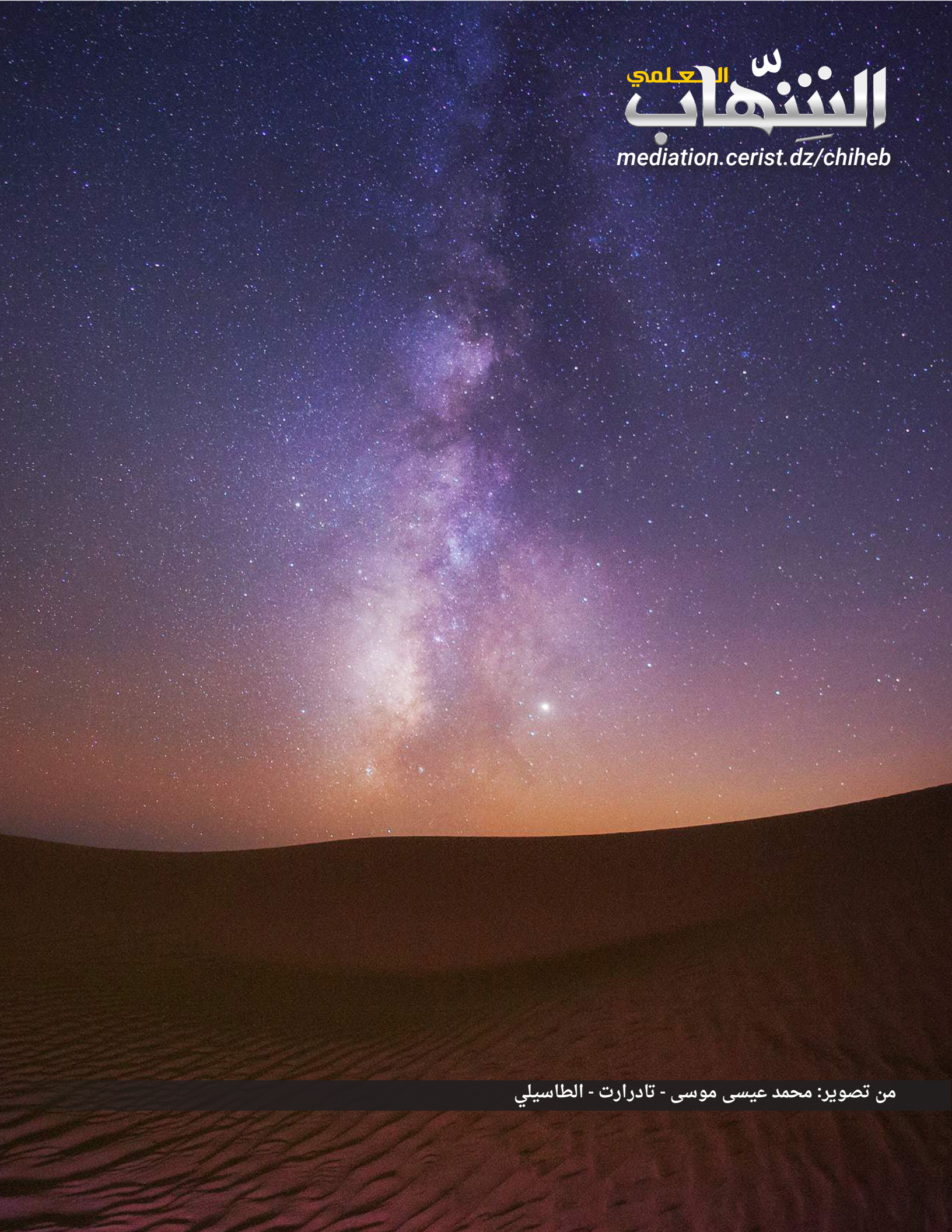
اللجنة العلمية

جمال ميموني	جامعة قسنطينة 1 - الجزائر
نضال قسوم	الجامعة الأمريكية بالشارقة- إ. ع. م.
حمزة لبيض	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	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 Chihab" *is a science magazine founded and edited by the Sirius Astronomy Association at Constantine in Algeria and the Research Unit in Scientific Mediation (CERIST-Constantine), in collaboration with the Directorate of Scientific Research and Technological Development (DGRSDT). It tackles scientific issues of timely relevance with a strong focus on astronomical ones. It aims at spreading scientific culture through original articles written by astronomers both professional and amateurs, as well as students from various scientific fields, making sure that the information provided is from reliable sources and we are strongly committed to relentlessly fight against this new age curse that is fake news.. It also makes a point of bringing the facts from leaders in the fields around the world by conducting extensive interviews with some of them.*

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



من تصوير: محمد عيسى موسى - تادرارت - الطاسيلي