

## الركائز الأساسية للرحلات الفضائية



سلسلة

## الركائز الأساسية للرحلات الفضائية



[www.nasainarabic.net](http://www.nasainarabic.net)

@NasalnArabic NasalnArabic NasalnArabic NasalnArabic NasalnArabic



هذا المقال هو جزء من سلسلة طبيعة الكون، يمكنكم الإطلاع على أجزائها الأخرى لاستكمال الفهم عبر الروابط التالية: [النظم المرجعية](#)، [أساسيات الطيران الفضائي: المدارات الكوكبية](#)

الفصل الأول- النظام الشمسي

الصفحة الأولى

لطالما اعتبر النظام الشمسي موضوعاً وهدفاً للدراسات والبحوث منذ بداية التاريخ، وعبر هذه المدة الزمنية كلها تقريباً، كان على البشر

الاعتماد على القياسات غير المباشرة والمأخوذة من مسافات بعيدة جداً لكل أجسام النظام الشمسي.

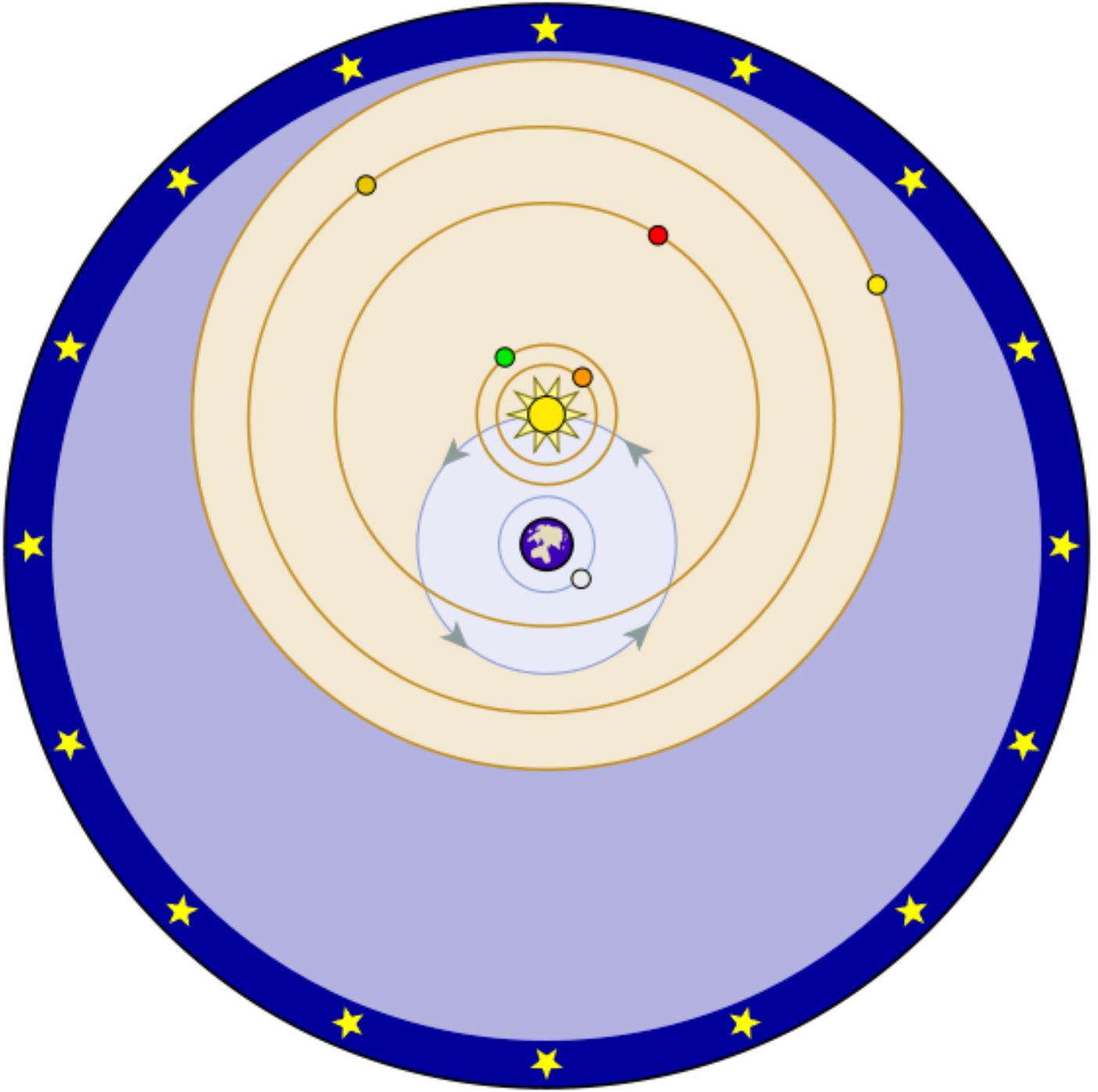
وخلال عصور تاريخ البشرية وحتى خلال عصور ما قبل التاريخ التي سبقتها، اعتمدت الأرصاد التي تم إجراؤها على الضوء المرئي. وفي القرن الـ 20، تمكن البشر من إدراك كيفية استخدام أجزاء إضافية من الطيف، كالموجات الراديوية التي يتم استقبالها على الأرض، حيث استخدمت منذ عام 1931 في استكشاف ورصد الأجرام السماوية.

وعدا بدء ظهور الرحلات الفضائية في عام 1957، لم تكتف الأجهزة والمركبات العاملة فوق الغلاف الجوي للأرض (والذي يعيق أحياناً عمليات الرصد من على سطحها)، باستغلال ضوء الأشعة الراديوية وحسب، بل عملت على استغلال الطيف كله (الطيف الكهرومغناطيسي هو موضوع فصل لاحق من دراستنا).

أما مؤخراً، مع إمكانية السفر بين الكواكب، أمكن استخدام بعض الأجهزة والأدوات الفضائية التي تم نقلها إلى العديد من أجسام النظام الشمسي، بهدف قياس خواصها الفيزيائية والديناميكية مباشرة من على مسافة قريبة جداً. وفي القرن الـ 21، يمكن ملاحظة التقدم الهائل في مجال المعلومات المتعلقة بالنظام الشمسي، وذلك بمعدل غير مسبوق على الإطلاق.

يتكون النظام الشمسي من نجم متوسط الحجم مركزي ندعوه بـ "الشمس"، و"فقاعة" تسمى الهيليوسفير **heliosphere**، التي تتكون من الجسيمات والمجال المغناطيسي المنبعث من الشمس - الوسط بين الكواكب - وإضافة إلى هذا كله، هناك الأجسام التي تدور حول الشمس.

ويمتد هذا النظام الشمسي من كوكب عطارد إلى المذنبات التي تبعد تقريباً حوالي سنة ضوئية. والسنة الضوئية هي المسافة التي يقطعها الضوء خلال سنة، بسرعة تصل إلى ما يقارب 300 ألف كيلومتر في الثانية الواحدة.



يظهر نظام مركزية الأرض الذي وضعه العالم الفلكي تيخو براهي (1546-1601) (Tycho Brahe)، كلاً من القمر والشمس يدوران حول الأرض، بينما تدور الكواكب الأخرى أي زحل والزهرة وعطارد والمريخ والمشتري حول الشمس، ويحيط بهذا كله مجال مكون من نجوم ثابتة. وفي وقت لاحق، استند مساعد براهي يوهانس كبلر Johannes Kepler في تحسين نظرية كوبرنيكوس عن مركزية الشمس، إلى البيانات والمعلومات الفلكية التي جمعها براهي على مدار سنوات حياته. المصدر: Wikimedia Commons.

تم توزيع الأجسام التي تدور حول الشمس إلى عدة تصنيفات، وقد يكون البعض منها موجوداً في أكثر من تصنيف واحد. استطاع القدماء معرفة وتمييز كل من المريخ والأرض وعطارد وزحل والمشتري والزهرة (على الرغم من أن الأرض نفسها لم يتم الاعتراف بها ككوكب إلا حين نشر نيكولاس كوبرنيكوس اكتشافاته وأبحاثه عام 1543). أما أورانوس ونبتون، فتمت رؤيتهما بمساعدة التلسكوب،

ولم تكتشف إلا في عامي 1781 و1846 على التوالي. ولدى العديد من هذه الكواكب حاشيتها الخاصة من الأقمار المتنوعة.

وفي العام 1801، تم الإعلان عن اكتشاف كوكب جديد عندما وُجد يدور حول الشمس بين كوكبي المريخ والمشتري. وبعد ذلك بوقت قصير، تم الكشف عن وجود العديد من الأجسام في نفس المنطقة، ما دفع العلماء إلى البحث عن اسم جديد لها، فتم تصنيفها تحت خانة الكويكبات أو الكوكب الصغير. وبالطبع توجد العديد من الأصناف التي تندرج تحتها الكويكبات كما سيمر معنا في هذا الفصل من بحثنا العلمي.

من المعلوم جيداً أن الكواكب الداخلية الأربعة هي كواكب صخرية، ويتم تصنيفها على أنها كواكب أرضية. بينما الكواكب الخارجية أي زحل، ونبتون وأورانوس والمشتري، فهي عبارة عن عمالقة غازية تحتوي كمية كبيرة من الهيدروجين والهيليوم وبعض النوى الصلبة والصغيرة. وتسمى أيضاً بكواكب جوفيان **Jovian planets**.

في عام 1930 تم اكتشاف جسم يدور حول الشمس موجود وراء كوكب نبتون، وقد سمي حينئذ بـ بلوتو. ويتميز بلوتو بأن مداره البيضواوي يميل (17) درجة مبتعداً عن مدار الشمس بشكل لم يسبق له مثيل. وقد تم تصنيفه في خانة الكواكب على غرار الكويكب الذي اكتشف سابقاً. إلا أن العلماء في عصرنا، عصر تكنولوجيا التلسكوبات المتطورة والجديدة، اكتشفوا لاحقاً أن بلوتو هو عبارة عن جسم من بين عدة أجسام أخرى موجودة في نفس المنطقة.

وبناءً على هذه المعلومة، قام الاتحاد الفلكي الدولي **International Astronomical Union** في عام 2006، بتحديد معنى كلمة كوكب للمرة الأولى. واستناداً إلى هذا التعريف، تمت إعادة تصنيف بلوتو ككوكب قزم من بين خمسة أخرى، أحدها هو سيريس **Ceres**، وهو أول كويكب تمت رؤيته على الإطلاق.

تسمى جميع الأجسام التي تدور حول الشمس بعد نبتون بـ الأجسام العابرة لمدار نبتون (**Trans-Neptunian Objects**) أو اختصاراً **TNO**. ومن بين هذه الأجسام، يطلق على بلوتو وثلاثة كواكب قزمة أخرى (تم التعرف عليها في أوائل عام 2013) من ذات الفئة اسم البلوتويد **plutoids**، وأطلق أيضاً على الكواكب الثلاثة القزمة أسماء: إريس **Eris**، وماكماكي **Makemake**، وهوميما **Haumea**. وتعتبر هذه الكواكب القزمة مع غيرها من الأجسام الأخرى جزءاً مما يسمى حزام كايبر الواسع **Kuiper Belt**.

يتكون حزام كايبر من المواد التي خلفتها عملية تشكيل الكواكب الأخرى (انظر موضوع المذنبات في فصل لاحق)، ولم تتعرض الأجسام الموجودة في حزام كايبر **KBO** مطلقاً إلى درجات حرارة عالية، أو إلى مستوى عالٍ من الإشعاع الراديوي المنبثق من داخل النظام الشمسي.

وعلى هذا الأساس، تعتبر هذه الأجسام عينة من المادة البدائية (الأولية) التي مهدت الطريق أمام تطور النظام الشمسي بالشكل الذي هو عليه الآن، بما في ذلك الحياة. وفي العام 2015، كانت مركبة نيو هورايزنز على موعد مع تحليق قرب كوكب بلوتو لدراسة أحد هذه الأجسام **KBO** على الأقل.

يتميز الكوكب القزم المعروف باسم سيدنا **Sedna** بأنه أصغر من بلوتو، وهو يعتبر من الأجسام العابرة لمدار نبتون **TNO**. وقد أثار اكتشافه ضجة كبيرة واهتماماً شديداً في الأوساط العلمية بسبب مداره البعيد جداً، والممتد إلى حد كبير.

وتبلغ أقرب نقطة إلى الشمس يصل إليها سيدنا هي **AU 76.4** (AU هي وحدة فلكية تمثل المسافة بين الشمس والأرض)، وتعادل هذه

المسافة ضعفي مسافة كوكب نبتون عن الشمس. وفي الوقت الحالي، يتحرك سيدنا نحو الخارج بمداره الذي يبلغ عمره 12 ألف سنة ضوئية إلى نقطة عالية تبعد عن الشمس **AU 961**. وسيقدم فهم نشأة مداره الاستثنائي معلومات قيمة جداً عن أصل النظام الشمسي، ومراحل تطوره الأولى. ويعتبر بعض علماء الفلك سيدنا كأول عضو معروف في سحابة أورت **Oort cloud**.

سحابة أورت هي عبارة عن خزان كروي الشكل مليء بأنوية المذنبات، يدور الجزء الأكبر منها حول الشمس من على مسافة تبعد عنها تقريباً **AU 50,000**، أي ما يعادل سنة ضوئية. وإلى الآن، لم يتم إجراء أية أرصاد مباشرة ومؤكدة حول سحابة أورت، إلا أن علماء الفلك يعتقدون أنها مصدر كل المذنبات الطويلة التي تدخل النظام الشمسي الداخلي عندما تتعرض مداراتها إلى الزعزعة.

## في المنظور الكوني

يعرّف الفضاء بين النجمي (**Interstellar space**) بأنه المسافة التي تفصل بين النجوم داخل المجرة. فعلى سبيل المثال، يبعد أقرب جار نجمي للشمس عنها مسافة تبلغ 4.2 سنة ضوئية، وهو عبارة عن نجم قزم أحمر يسمى بـ بروكسيما سانتوري **Proxima Centauri**. وقد بدأنا نكتشف منذ فترة قريبة أن العديد من النجوم، إضافة إلى الشمس، تحوي نظامها الشمسي الخاص بها، والذي يتضمن وجود كواكب تدعى بالكواكب خارج المجموعة الشمسية **exoplanets**.

منذ شهر يناير/كانون الثاني لسنة 2013، استطاع علماء الفلك رصد ما مجموعه 809 كواكب تدور حول نجوم أخرى. ويزيد هذا العدد عن عدد الكواكب التي تم اكتشافها خارج المجموعة الشمسية والذي وصل إلى 500 كوكب، وقد عدّ هذا الاكتشاف (أي الـ 500 كوكب) الذي تم في شهر فبراير/شباط عام 2011 بمثابة حدث مهم في تاريخ البشرية.

معظم الكواكب المشهورة التي اكتشفت خارج النظام الشمسي هي عمالقة غازية، كما أنها شبيهة جداً بكوكب المشتري، وذلك على اعتبار أن الطرق المتبعة قديماً في الرصد كانت تفضل اكتشاف الأجسام الأكبر حجماً. ومعظم تلك الكواكب قريب نسبياً، ضمن نطاق يصل إلى 5000 آلاف سنة ضوئية. لكن على الرغم من ذلك، تم اكتشاف أحدها في سبتمبر/أيلول عام 2005، وهو يبعد تقريباً مسافة تبلغ 17 ألف سنة ضوئية.

يقع نظامنا الشمسي بأكمله، إلى جانب كل النجوم التي يمكن أن تراها في ليلة مظلمة وصافية، في أحد الأذرع الحلزونية لمجرتنا والمسماة ذراع أورايون. وتدور هذه الكواكب حول ثقب أسود فائق الكتلة يقع في عنقود نجمي كثيف موجود في مركز مجرتنا، ويبعد عنا مسافة تبلغ  $26000 (\pm 1400)$  سنة ضوئية.

في هذه المسافة البعيدة، تكمل دورة كاملة مرة كل 250 مليون سنة. وقد تم رصد نجوم قريبة من الكتلة المركزية في مدارات كبلر خلال فترات قصيرة تقدر بـ 15.2 عام. القرص الحلزوني الذي نسميه درب التبانة يحتوي على 200 مليار نجم، وآلاف السحب العملاقة المكونة من الغاز والغبار، وكميات كبيرة من المادة المظلمة الغامضة.

تظهر الصورة إلى اليمين مجرة تدعى بـ **M100**، وهي شبيهة جداً بمجرتنا درب التبانة (اضغط على الصورة من أجل مزيد من التفاصيل). تدور بالقرب من مجرة درب التبانة مجرتان صغيرتان، وبالإمكان رؤيتهما بوضوح من نصف الكرة الجنوبي. وتسميان بسحابة ماجلان الكبرى، وسحابة ماجلان الصغرى.

تنتقل مجرتنا، مثلها مثل أية واحدة أخرى من مليارات المجرات المعروفة، عبر الفضاء الموجود بين النجوم. وبالمقياس الكوني، تنحسر جميع المجرات مبتعدة عن بعضها البعض، على الرغم من أن تلك القريبة من بعضها نسبياً قد تقوم بحركة محلية باتجاه بعضها، أو بعيداً

عن بعضها.

وبصرف النظر عن سرعتها المدارية التي تتراوح بين 250 إلى 300 ألف كم في الثانية، تهيم الشمس مع نظام الكواكب التابع لها في منطقة نجمية محلية بسرعة تبلغ تقريباً 100 ألف كم في الساعة. وخلال هذه الرحلة، تدخل وتخرج من عدد مختلف من سحب الغاز المحلية ضمن نطاق زمني يبلغ تقريباً مرة واحدة كل عدة آلاف من ملايين السنين.

تحيط مباشرة بنظامنا الشمسي سحابة دافئة ومتأينة جزئياً تسمى السحابة المحلية في الوسط بين النجمي. وتتكون هذه السحابة مما نسبته 90% من الهيدروجين و 10% من الهيليوم، وذلك على غرار معظم السحب الأخرى الموجودة بين النجوم. ويكون ما نسبته 1% من كتلة السحابة عبارة عن غبار.

الشروط النموذجية التقريبية في المجرة		
داخل الغلاف الشمسي، في محيط الأرض	رقم الكثافة، Atoms / cm <sup>3</sup>	درجات الحرارة،* كالفن Kelvins
السحابة المحلية المحيطة بالغلاف الشمسي	5	10,000
الفراغ القريب (الفقاعة المحلية)	0.3	7,000
نموذج سحابة تكوين النجوم	0.001 >	1,000,000
أفضل فراغ في المختبر	1000	100
الجو في حجرة الدراسة	$\sqrt[19]{10 \times 2.7}$	288
* تشير درجات الحرارة إلى الجسيمات الموجودة في الفراغ القريب في الفضاء. لا تتأثر الأجسام المادية الكبيرة جداً مثل الكويكبات والمركبات الفضائية وغيرها، بدرجة حرارة الجسيمات، وعوضاً عن ذلك تكون الحالة الحرارية لهذه الأجسام محكومة بتسخينها بواسطة الشمس (أو النجم)، وتعرضها للظلال.		
خارج المجرة، في الفضاء بين المجرات، ويعتقد أن كثافة عدد الجزيئات تكون في حالة تراجع إلى ما يقارب ذرة واحدة أو جسيم واحد لكل متر مكعب $(\sqrt[6]{10^{-3}} \text{ cm}^3)$		

## الحركة داخل النظام الشمسي

تدور كل من الشمس والكواكب حول محورها، وبسبب أنها تشكلت جميعها من نفس القرص الدوار، فإن الكواكب مع معظم الأقمار التابعة لها والكويكبات، تدور حول الشمس في مدارات دائرية تقريباً وفي نفس الاتجاه الذي تدور هي فيه.

تدعى المدارات التي تدور فيها الكواكب حول الشمس بالقرب أو في نفس المستوى بدائرة الكسوف **ecliptic** (لأنه المكان الذي يحدث فيه الكسوف). اعتبر كوكب بلوتو في الأصل من بين الكواكب التسعة، إلا أنه طالما شكل حالة خاصة من ناحية أن مداره يميل بدرجة عالية (نحو 17 درجة)، كما أنه أيضاً بيضاوي للغاية. وفي وقتنا الحالي، أصبحنا ندرك أنه كوكب قزم إضافة طبعاً إلى كونه جزءاً من حزام كايبر **Kuiper Belt**.

تدور معظم الكواكب في أو بالقرب من نفس المستوى الذي تدور فيه حول الشمس، ويعود سبب ذلك إلى أنها جميعاً قد تشكلت بالتناوب من نفس قرص الغبار. ويعد أورانوس حالة استثنائية، وذلك بسبب تعرضه لاصطدام قوي أدى إلى جعله يدور حول نفسه بعكس عقارب الساعة.

## المسافات داخل النظام الشمسي

تعتبر الوحدة الفلكية **AU** أكثر الوحدات استخداماً لقياس المسافات داخل النظام الشمسي، وتستند هذه الوحدة إلى متوسط المسافة بين الأرض والشمس الذي يبلغ ما يقارب 150.000.000 كيلومتر. وقد استطاعت شبكة الفضاء العميق التابعة لمختبر الدفع النفاث في وكالة ناسا تحديد قيمة **AU** بدقة عالية في ستينيات القرن الماضي، وذلك عن طريق الحصول والتقاط أصداء الرادار الآتية من كوكب الزهرة. وتعتبر هذه الوحدة مهمة جداً على اعتبار أن ملاحه المركبات الفضائية تعتمد على المعرفة الدقيقة بها.

كما يمكن الإشارة إلى المسافة داخل النظام الشمسي باستعمال وحدة أخرى هي السنة الضوئية، والتي تشير إلى المسافة التي يقطعها الضوء خلال وحدة من الزمن. وتعتبر المسافات داخل النظام الشمسي، والتي يمكن تشبيهها بشكل واسع برحلات السفر التي نقوم بها على سطح الأرض، ذات نطاق صغير نسبياً بالمعنى الفلكي. فعلى سبيل المثال، يبعد نجم بروكسيما سانتوري **Proxima Centauri**، الذي يعتبر أقرب نجم بمسافة تبلغ 4.2 سنة ضوئية، أي حوالي **AU 000265** عن الشمس.

السنة الضوئية	المسافة التقريبية	مثال
3 ثوان	900,000 كم	رحلة زهاباً وإياباً بين الأرض والقمر
3 دقائق	54,000,000 كم	المسافة بين الشمس وعطارد
8,3 دقيقة	149,600,000 كم	من الشمس إلى الأرض AU
ساعة واحدة	1,000,000,000 كم	المسافة بين الشمس والمشتري 1.5x
17 ساعة	AU 123	موقع فوياجر 1 (ديسمبر/كانون الأول لعام 2012)
سنة واحدة	AU 63,000 ~	سنة ضوئية
4.2 سنة	AU 265,000 ~	المسافة إلى أقرب نجم

## درجات الحرارة داخل النظام الشمسي

بشكل عام، تكون درجة حرارة الكواكب والأجسام الأخرى في النظام الشمسي مرتفعة جداً قرب الشمس، وتكون باردة كلما قمنا بالتحرك نحو المناطق الخارجية للنظام الشمسي. عادة، تكون درجة حرارة البلازما منخفضة الكثافة (الجسيمات المشحونة الموجودة في البيئة)، عالية جداً في نطاق يبلغ آلاف الدرجات (انظر إلى فقاعة الفضاء بين الكواكب أدناه).

يسمى هذا الجدول الموجود إلى اليسار بـ دليل درجات الحرارة في النظام الشمسي **Solar System Temperature Reference**. ويقدم أمثلة كما يقوم بالمقارنة بين درجات حرارة الأجسام في الفضاء إضافة إلى الظروف انطلاقاً من درجة الصفر المطلق، مروراً بدرجة حرارة الكواكب، وصولاً إلى درجة حرارة النجوم وما بعدها.

لرؤية هذا الدليل انقر على الصورة المصغرة الموجودة إلى اليسار. وهو يشمل أيضاً درجات حرارة التي تحدث فيها عمليات التحويل بين أطوار المواد.

الدرجات	درجة حرارة فهرنهايت	درجة حرارة مئوية	كالفن
الصفر المطلق	-459.67	-273.15	0
أخفض درجة حرارة تم الوصول إليها مخبرياً	-459.67 ~	-273.15 ~	القليل من البيكو كالفن

2.725	270.5-	454.8-	إشعاع الخلفية الكونية الميكروي
4.2	268.95-	452.11-	درجة غليان الهيليوم السائل
14.01	259.14-	434.45-	درجة انصهار الهيدروجين الصلب
20.28	252.87-	423.16-	درجة غليان الهيدروجين السائل
35	235-	390-	درجة حرارة سطح تريتون قمر نبتون
63.17	209.98-	345.96-	انصهار النيتروجين الصلب
72	201-	330-	نبتون عند مستوى 1 بار
76	197-	323-	كوكب أورانوس عند مستوى 1 بار
77.36	320.42-	195.79	درجة غليان النيتروجين السائل
90-	180-	300-	سطح تايطان قمر كوكب زحل
90.188	182.96-	297.33-	درجة غليان الأكسجين السائل
100	175-	280-	سطح كوكب عطارد ليلاً
134	139-	219-	كوكب زحل عند مستوى 1 بار
153	120-	184-	سطح المريخ ليلاً
165	108-	163-	كوكب المشتري عند مستوى 1 بار
195	78.15-	108.67-	تجمد غاز ثنائي أكسيد الكربون
273.15	0.0	32.0	نوبان الجليد المائي
288	15	59	كوكب المريخ ليلاً
288.15	15.0	59.0	درجة حرارة الغرفة القياسية
373.15	100	212	درجة غليان الماء
600.46	327.31	621.16	انصهار الرصاص
635	326	683	سطح كوكب الزهرة
700	425	800	سطح كوكب عطارد نهاراً
750	457	890	هالة أورانوس من الهيدروجين
1,337,58	1,064,43	1,947,97	انصهار الذهب الصلب
1,700	1,400	2,600	لهب الشمعة، تقريباً أسخن جزء
3,500	5,800	3,200	فوتوسفير النجم الأحمر العملاق منكب الجوزاء
3,700	3,400	6,700	البقع الشمسية
5,700	5,400	9,800	فوتوسفير الشمس
7,000	7,000	12,000	نيون البلازما النموذجي
8,000	8,000	14,000	درجة الحرارة في الوسط بين النجوم
10,000	10,000	18,000	سطح سيروس (النجم الأبيض والأزرق)
15,000	15,000	27,000	نواة زحل
30,000	30,000	54,000	نواة المشتري
- 100,000	- 100,000	- 180,000	بلازما
2,000,000	2,000,000	3,600,000	الغلاف الجوي للشمس
2,000,000	2,000,000	3,600,000	بلازما الهالة الشمسية
15,000,000	15,000,000	27,000,000	نواة الشمس



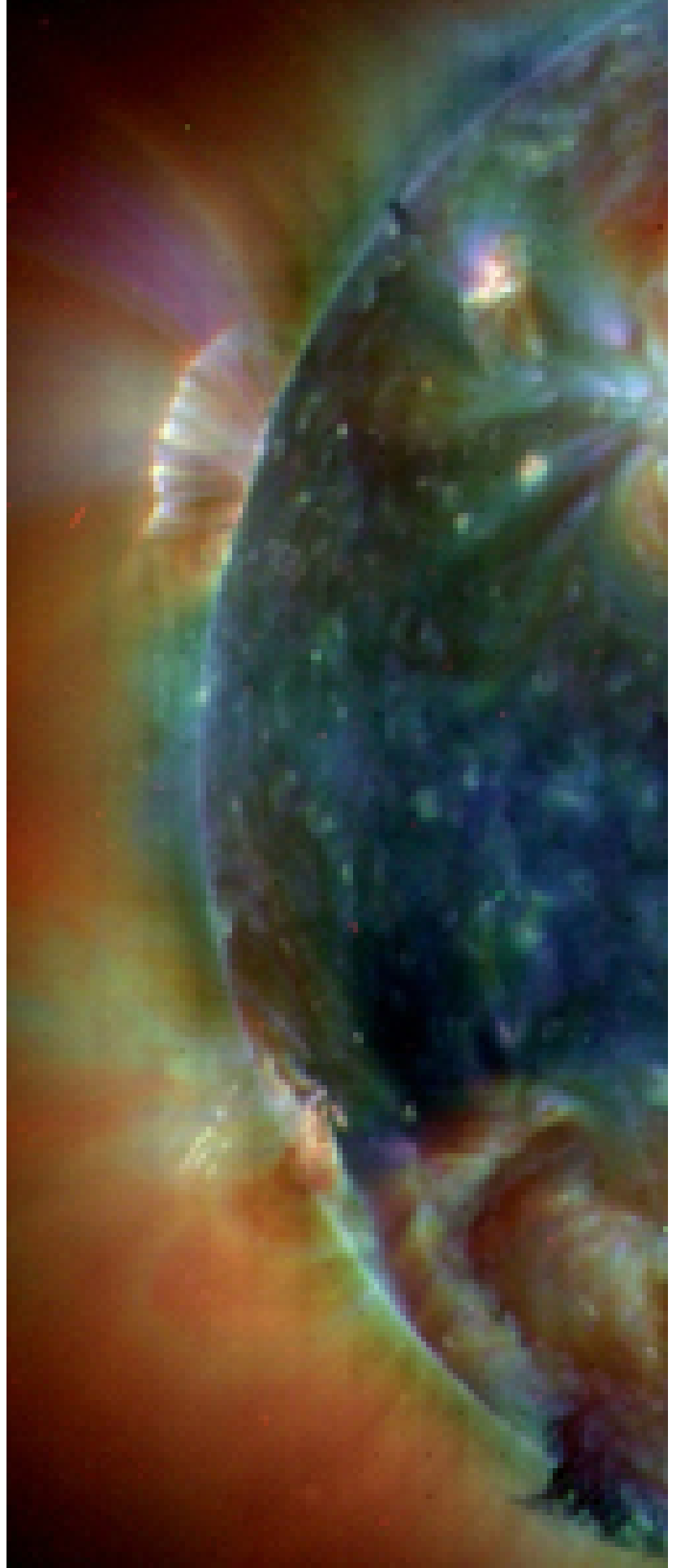
(\ ( {billion; 10^{11 100 } 100,000,000,000 ) \	السوبرنوفا
(\ ( {trillion; 4 \times 10^{12 4 } 4,000,000,000,000 ) \	كوارك- غلون البلازما
تظهر درجة الذوبان والغليان بدقة شديدة، في درجة ضغط 1 في الغلاف الجوي. بينما تظهر قيم الكواكب والنجوم والأسطح بشكل تقريبي عوضاً عن الأرقام الدقيقة.	

## دليل درجات الحرارة داخل النظام الشمسي

### الشمس

تعتبر الشمس نجماً نموذجياً، وتنتمي حسب التصنيف على أساس الطبقات الطيفية إلى الفئة **G2 V**. ويشير الرمز **G2** إلى أنها نجم أصفر وأبيض، بينما يشير الرقم الروماني **V** إلى أنها نجم قزم من "التسلسل الرئيسي" (حتى الآن هي الأكثر شيوعاً)، وليست نجماً عملاقاً أو شبه قزم.. إلخ.

وحقيقة أن الشمس هي المصدر الرئيسي للطاقة لمختلف العمليات الموجودة على كوكب الأرض والتي تمدنا بالطاقة، جعلت منها موضوعاً رئيسياً للدراسة والبحث. وعند النظر إليها من سطح الأرض تكون الشمس مقابلة لنا على شكل قوس يمتد لنصف درجة تقريباً في السماء (كما يفعل القمر حالياً في هذه الفترة من تاريخ النظام الشمسي).



http://sohowww.nascom.nasa.gov/gallery/Movies/sunspots.html اضغط على الصورة لاختيار الفلم. المصدر: مرصد

سوهو.

يمكنك عرض بعض الصور الحالية المدهشة للشمس كما تمت رؤيتها اليوم من خلال مجموعة من الأدوات والتجهيزات على متن مرصد سوهو الفضائي **SOHO** (مرصد الشمس وغلافها الجوي)، الذي يقوم برصد الشمس من إحدى نقاط لاغرانج **L1 Lagrange points** الموجودة بين الأرض والشمس.

صورة الشمس التي تظهر على اليمين مأخوذة من فلم التقطه مرصد سوهو بواسطة الجمع بين ثلاثة أطوال موجية من الأشعة فوق البنفسجية الحادة. اضغط على الصورة لاختيار الفلم

يوفر هذا الزوج من المركبات الفضائية الوسائل اللازمة لدراسة الشمس عبر ثلاثة أبعاد. ويتم هذا عندما تتحرك إحدى المركبتين باتجاه الأرض في المدار الشمسي ويطلق عليها اسم ستيريو أ **A STEREO**، بينما المركبة الأخرى المسماة ستيريو ب **B STEREO** تتباطأ لتصبح خلف الأرض. يمكنك العثور على أحدث الصور المتعلقة بهذه المهمة هنا.

• **الكتلة:** تهيمن الشمس على مجال الجاذبية في النظام الشمسي، ويعود الفضل في ذلك إلى حجم كتلتها الهائل جداً. وتؤثر هذه الكتلة الشمسية على كل شيء يتحرك في غضون نطاق يمتد لعدة سنوات ضوئية من الشمس.

وتبلغ هذه الكتلة ما مجموعه **1.98892 X 10<sup>30</sup>** كيلوغرام، أو ما يقارب 333,000 مرة حجم كتلة الأرض، وبناءً على هذا يمكن القول إنها تشكل ما نسبته 99% من كتلة النظام الشمسي. بينما تشكل الكواكب، التي تكونت من نفس قرص المواد التي تشكلت منه الشمس، نسبة تزيد قليلاً على 0.001% من كتلة النظام الشمسي.

الجدول التالي يوضح طريقة حساب كتلة الشمس

التوزيع الشامل للكتلة داخل النظام الشمسي	
99.85%	الشمس
0.135%	الكواكب الثمانية الأساسية
0.015%	المذنبات، الأجسام الموجودة في حزام كايبر، أقمار الكواكب، الكواكب القزمة، الكويكبات، النيازك، الوسط بين الكواكب
رغم أن الكواكب لا تشكل إلا جزءاً بسيطاً من كتلة النظام الشمسي، إلا أنها تحتفظ بالغالبية العظمى من الزخم الزاوي للنظام الشمسي. ويمكن استخدام هذا الخزان من الزخم من قبل المركبات في الفضاء بين الكواكب فيما يسمى بـ مسارات "مساعدة الجاذبية".	

• **الانصهار:** تخلق جاذبية الشمس ضغطاً ودرجات حرارة قصوى داخل نواتها، ما يؤدي لاستمرار حدوث تفاعل نووي حراري يسبب دمج نوى الهيدروجين وإنتاج نوى الهيليوم. يقوم هذا التفاعل بتحويل ما يقارب 4 مليارات كيلوغرام من الكتلة إلى طاقة في كل ثانية، وهذا بالطبع سيؤدي إلى إنتاج طاقة هائلة، ما يفسر كون جميع مواد الشمس عبارة عن غاز وبلازما.

بدأت هذه التفاعلات النووية الحرارية في الشمس قبل حوالي 5 مليارات سنة، ومن المحتمل ان تستمر لمدة 5 مليارات سنة أخرى في المستقبل.

تستغرق الطاقة المنتجة داخل نواة الشمس أكثر من مليون سنة لتصل إلى سطحها، كي تنبعث بعد ذلك على شكل ضوء وحرارة (اعرض هذا الوصف التوضيحي). ويختلف إنتاج نجمنا خلال دورته التي تستغرق 11 سنة، وأثناء ذلك يحدث تغيير في بعض البقع أو الكلف الشمسية.

تحاصر الموجات الصوتية غالباً داخل الشمس، وتنكسر بعيداً عن النواة الساخنة، ثم تعكس حركتها ذهاباً وإياباً بين الأجزاء المختلفة للفوتوسفير.

من خلال رصد اهتزاز سطح الشمس، يستطيع العالم المختص بالنظام الشمسي التحقق مما يحدث داخل هذا النجم بنفس الطريقة التي يستخدم فيها علماء الجيولوجيا الموجات الزلزالية الناجمة عن الزلازل للتحقق مما يحدث داخل كوكب الأرض.

• **الدوران:** تدور الشمس حول محورها خلال مدة زمنية تبلغ تقريباً 25.4 يوماً، وهذه هي القيمة التي تم اعتمادها عند خط العرض 16. وباعتبار أنها جسم غازي، لا تدور جميع موادها معاً. وتوضح هذه الدراسة حقيقة أن الشمس يختلف دورانها عند خطوط العرض، فبعض مواد الشمس عند خطوط العرض العالية جداً تحتاج إلى 30 يوماً كي تنهي دورانها.

• **المجال المغناطيسي:** يتم إنتاج الحقل المغناطيسي في الشمس عبر تدفق الجسيمات المشحونة كهربائياً: أي الأيونات والإلكترونات. وتعرف البقع الشمسية (أو الكلف الشمسية) بأنها الأماكن الأكثر برودة التي يمكن رؤيتها على الفوتوسفير **photosphere** (أي قرص الشمس الساطع)، حيث توجد خطوط مغناطيسية كثيفة جداً تخترق السطح. ويبدو أن الشواظ الشمسية التي تطفو فوق الفوتوسفير يتم دعمها، حيث تكون متصلة ومتراصة، بواسطة الحقل المغناطيسي.

تتشكل جميع الحلقات والتيارات التي نراها على إكليل الشمس (الغلاف الجوي الممتد للشمس) من خلال المجالات المغناطيسية. وتعتبر هذه المجالات أصل كل المعالم التي يتم رصدها على الشمس أو فوقها.

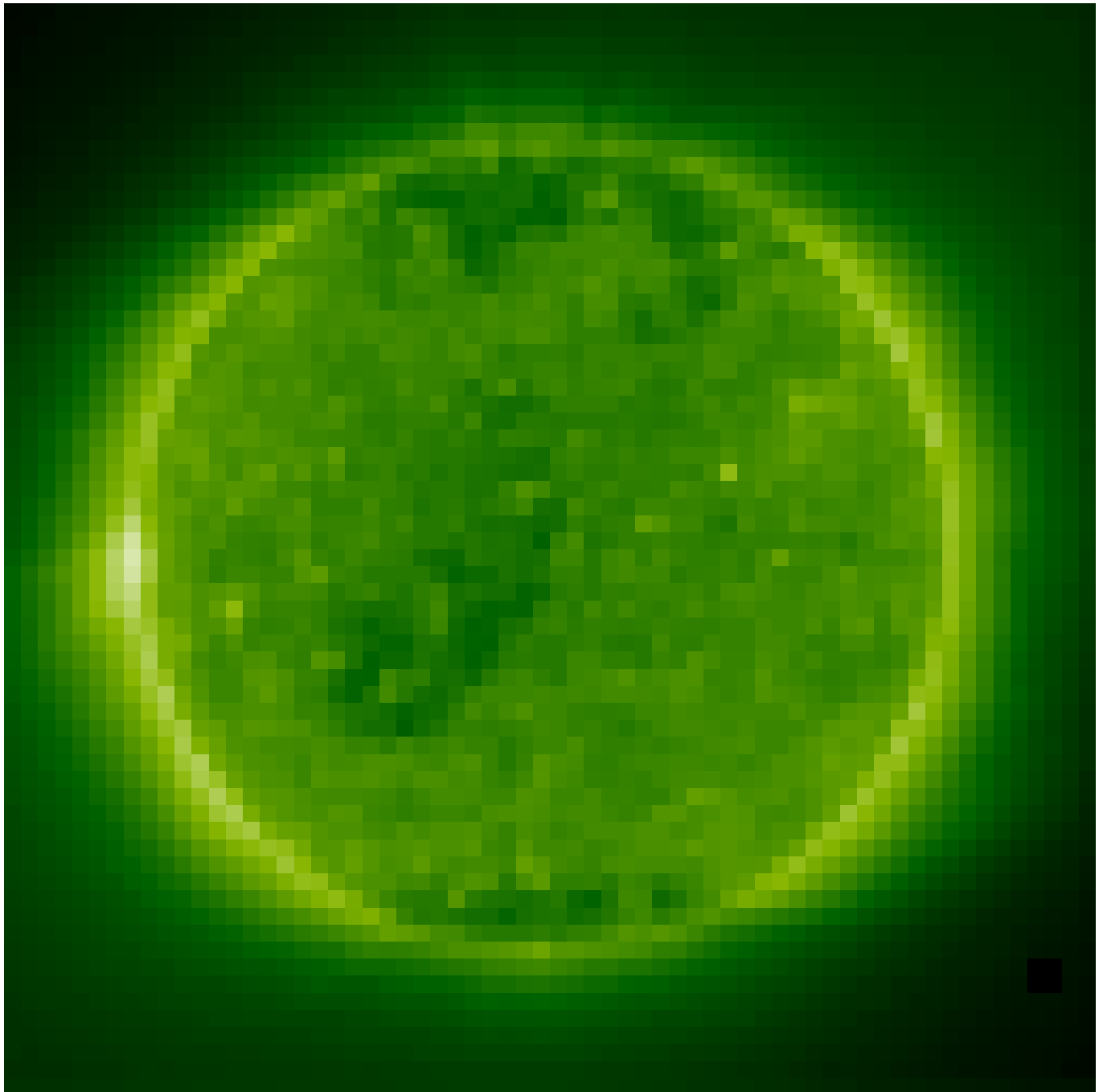
ليس مستغرباً على الإطلاق أن يتخلل الحقل المغناطيسي للشمس الفضاء بين الكواكب، حيث يؤثر هذا الحقل المغناطيسي على الطريقة التي تتحرك عبرها الجسيمات المشحونة (الأشعة الكونية، جسيمات الطاقة الشمسية، وحتى حبيبات الغبار الكوني) من خلال الغلاف الجوي للشمس.

وتعتبر الدورة المغناطيسية للشمس البالغة 11 سنة والتي يتبعها نشاط البقع الشمسية، جزءاً من دورة هيل **Hale** التي تدوم لـ 22 عاماً. خلال النصف الأول من دورة الـ 22 عاماً، يكون القطب الشمالي المغناطيسي للشمس في النصف الشمالي، في حين يكون القطب الجنوبي المغناطيسي للشمس في النصف الجنوبي.

وتماماً عند الوصول إلى ذروة دورة البقع الشمسية (الحد الأقصى لطاقة الشمس) أي حوالي 11 سنة للدورة المغناطيسية، يتبادل القطبان المغناطيسيان أمكنتهما، بحيث يصبح الشمال المغناطيسي في النصف الجنوبي للشمس.

• **الكتلة المنبعثة:** انبعاث كتلة إكليل الشمس (Coronal mass ejections) أو اختصاراً CMEs، هي عبارة عن فقاعات مغناطيسية هائلة الحجم من البلازما، التي تتمدد وتتوسع بعيداً عن الشمس بسرعات عالية تصل إلى 2000 كيلومتر في الثانية. ويمكن لانبعاث CME واحد أن يحمل 10 مليارات طن (1013 كيلوغرام) من البلازما بعيداً عن الشمس.

وقد اعتقد فيما مضى أن انبعاث كتلة إكليل الشمس CME قد بدأت نتيجة حدوث توهجات شمسية (أو انفجارات شمسية)، وعلى الرغم أن بعضها يترافق حدوثه مع حدوث الانفجارات الشمسية، إلا أنه أصبح من المعلوم أنها غير مرتبطة بها أبداً.



صورة مأخوذة من مرصد سوهو باستخدام الأشعة فوق البنفسجية الحادة. انقر على الصورة كي تعرض فيلماً يبلغ حجمه 1 ميغابايت حول النشاط الشمسي الذي تزايد إلى حده الأقصى خلال 11 عاماً في أوائل عام 2000 ثم تناقص بعد ذلك. المصدر: مرصد سوهو. (تلسكوب) <http://solarsystem.nasa.gov/basics/solarActivity.mov>

عندما يصل انبعاث كتلة إكليل الشمس **CME** إلى الأرض، فمن الممكن أن يتسبب بحدوث تقلبات في الحقل المغناطيسي للأرض، والتي بدورها ستؤدي إلى دمار في البنية التحتية لمحطات توزيع الطاقة الكهربائية، عن طريق إثارة الفولتية الزائدة غير المرغوب فيها.

قم بعرض هذا الفيلم المذهل المأخوذ عن مرصد سوهو والذي يبلغ حجمه 5 ميغابايت، حيث تظهر فيه انبعاثات **CMEs** في شعر أغسطس/آب لسنة 1999. ومن خلال التغير في مواقع حركة مركبات سوهو، نستطيع رؤية بعض النجوم تتحرك وراء الشمس، بينما تدور الأرض نحو اليمين.

• **الرياح الشمسية:** تعرف الرياح الشمسية بأنها تدفق للجسيمات التي تخرج من الشمس وتنتشر في جميع الاتجاهات. وتعتبر الهالة الساخنة للشمس مصدر هذه الرياح، حيث بسبب درجة حرارتها العالية جداً (أي هالة الشمس) لا يستطيع الحقل المغناطيسي الإبقاء والمحافظة على هذه الجسيمات.

وعلى الرغم من أن سبب حدوث الرياح الشمسية مفهوم وواضح، إلا أن التفاصيل حول كيفية حدوثه، وحول المكان الدقيق الذي تتسارع فيه الغازات الإكليلية لا تزال موضع بحث مستمر. ويصبح تدفق الرياح الشمسية سريعاً جداً عندما تكون دورة البقع الشمسية في أدنى مستوى لها، وذلك لأن الاضطراب في إكليل الشمس يكون ضعيفاً وقليلاً إلى درجة لا يستطيع فيها إبطاء هذا التدفق.

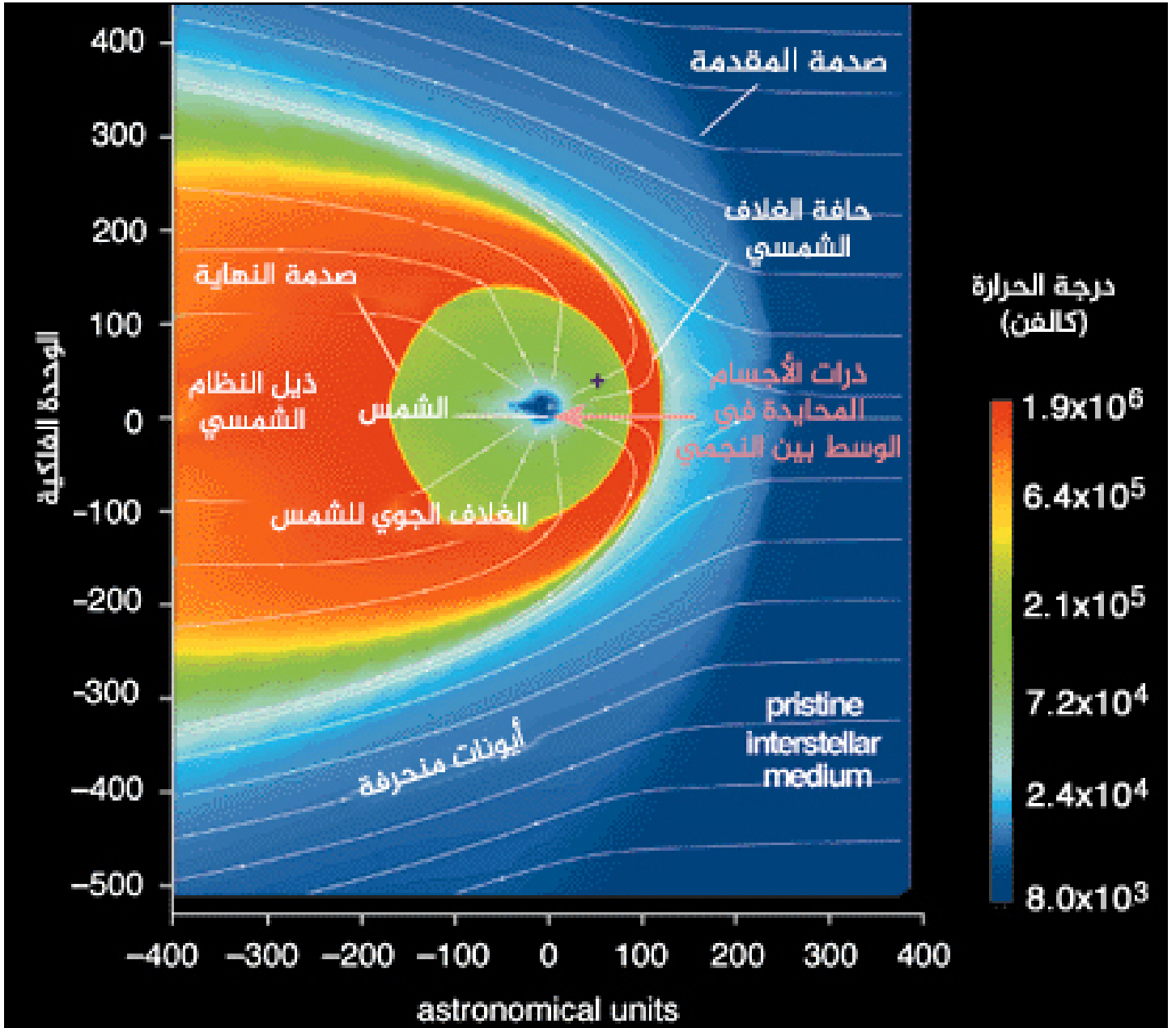
وستتابع النقاش حول آثار هذه الرياح الشمسية في المقاطع التالية من هذا البحث المطول.

## فقاعة في الفضاء بين الكواكب

يتضمن الفراغ الموجود في الفضاء بين الكواكب كميات وفيرة جداً من الطاقة المنبعثة من الشمس، وبعض الغبار المنتشر بين الكواكب وبين النجوم (جسيمات مجهرية صلبة)، إضافة إلى الغاز والرياح الشمسية. والرياح الشمسية هي عبارة عن تدفق للأيونات والإلكترونات (التي تكون البلازما) التي تطلقها الشمس، وقد تم اكتشاف الرياح الشمسية من قبل يوجين باركر **Eugene Parker** في سنة 1958.



تتدفق الرياح الشمسية إلى الخارج منبعثة من نجمننا (أي الشمس) بسرعة 400 ألف كيلومتر في الثانية (حوالي مليون ميل في الساعة)، وقد قيست هذه السرعة قرب مدار كوكب الأرض. ووجدت المركبة الفضائية يوليسيس **Ulysses** أن الرياح الشمسية تُضاعف تقريباً من سرعتها عند خطوط عرض أعلى. تؤثر هذه الرياح بشكل ملحوظ على ذيول المذنبات، وذلك بواسطة تفجير الجسيمات المشحونة التي تكوّن ذيول المذنب وتدفعها بعيداً عن الشمس كما لو أنها أعاصير قمعية. كما تقوم الرياح الشمسية بتشكيل فقاعة تدعى الغلاف الجوي للشمس، وذلك في الوسط بين النجمي المحيط بها.



المصدر: .Diagram courtesy Dr. Gary Zank, University of Delaware

تحتوي الحدود التي تصطدم عندها الرياح الشمسية مع الوسط بين النجمي، على مجموع الرياح الشمسية الآتية من النجوم المحلية الأخرى في مجرتنا، لذلك تسمى بـ حافة الغلاف الشمسي **heliopause**. وتعرف حافة الغلاف الشمسي بأنها المكان الذي تتوقف فيه كل من الرياح الشمسية، والحقل المغناطيسي للشمس.

ولتفسير هذه الحدود يتم تشبيهها تقريباً بالدمعة المتساقطة، لأنها تخلق تورماً كي تستطيع تشكيل ذيل الشمس، مع حركة الشمس نحو الوسط بين النجمي المحيط بها. وتخلق حركة الشمس النسبية قوساً هو صدمة المقدمة، تشبه إلى حد كبير تلك الناجمة عن حركة القارب. ولا يزال هذا الأمر موضع نقاش، كما يعتمد جزئياً على قوة الحقل المغناطيسي بين النجوم.

وقبل أن تخرج الرياح الشمسية إلى حافة الغلاف الشمسي، تبطئ سرعتها إلى ما دون سرعة الصوت ما يخلق ظاهرة تسمى صدمة النهاية. وهي تظهر في محيط الدائرة الخضراء في الرسم البياني، وهذا هو شكلها الفعلي، أو تقريباً هو كذلك. سواء كانت ذات شكل كروي،



أو ذات شكل يشبه الدمعة، فإن ذلك يعتمد على قوة الحقل المغناطيسي والتي لا تزال مجهولة إلى الآن.

تعتبر المركبة الفضائية فوياجر 1 (Voyager 1) أبعد البعثات الفضائية التي أرسلها البشر، ولا زالت إلى الآن تقوم بتواصلها الروتيني والمعتاد مع مختبر الدفع النفاث التابع لوكالة ناسا. وقد استطاعت هذه المركبة عبور منطقة صدمة النهاية إلى الغلاف الجوي للشمس في شهر ديسمبر/كانون الأول لعام 2004، وذلك على مسافة من الشمس تبلغ **AU 94**.

وفي سنة 2010، دخلت هذه المركبة إلى بيئة داخل الغلاف الشمسي لا تزال مجهولة إلى الآن، ويمكن اعتبارها بمثابة غرفة الانتظار التي تؤدي إلى حافة الغلاف الشمسي. تتحرك مركبة **Voyager 1** مندفعة إلى الأمام بمعدل يبلغ **AU 3.6** في كل سنة، ومن المتوقع أن تصل إلى حافة الغلاف الشمسي في عام 2015 مع محافظتها على التواصل المستمر مع الأرض.

في الرسم البياني أعلاه، تم تفسير درجات الحرارة: في الواقع لم يتم قياسها أبداً بعيداً جداً وراء منطقة صدمة النهاية. لاحظ أنه حتى في ظل درجات الحرارة العالية للجسيمات، تكون كثافتها منخفضة جداً إلى درجة أن الأجسام الكبيرة كمركبات الفضاء لا تشعر بدرجات الحرارة هذه. وعوضاً عن ذلك، تكون حالتها الحرارية محكومة بتسخين الطاقة الشمسية، والتعرض إلى المناطق المظلمة.



يمكن تشبيه الرياح الشمسية التي تتراكم في منطقة صدمة النهاية، بالمياه المتدفقة من الصنبور على طبق ما. اضغط على الصورة، لم

يتم رسم مدارات الكواكب على نطاق كبير.

تمثل الخطوط البيضاء في الرسم البياني الجسيمات المشحونة، والتي تكون في معظمها أيونات الهيدروجين، الموجودة في الرياح بين النجوم، والتي تنحرف حول حافة الغلاف الشمسي **heliopause**. يدل السهم الزهري على كيفية اختراق الجسيمات المحايدة للغلاف الشمسي. وتتكون هذه الجسيمات في المقام الأول من ذرات الهيدروجين والهيليوم التي لا يتأثر معظمها بالحقل المغناطيسي، وإضافة إليها تظهر حبيبات ثقيلة من الغبار.

تشكل هذه الجسيمات المحايدة الموجودة بين النجوم جزءاً كبيراً وأساسياً من المواد داخل الغلاف الجوي للشمس. تشير إشارة + السوداء الموجودة في المنطقة الخضراء إلى الموقع السابق لمركبة **Voyager 1** عند مسافة تبعد عن الشمس **80 AU**، في شهر يناير/كانون الثاني سنة 2001.

تتغير الرياح الشمسية مع الدورة الشمسية كل 11 عاماً، وباعتبار أن الوسط بين النجوم ليس متجانساً، وبالتالي ربما يتقلب شكل وحجم الغلاف الجوي للشمس.

يعتبر الحقل (المجال) المغناطيسي للشمس هو الحقل السائد داخل الغلاف الجوي الخارجي للشمس، باستثناء تلك البيئات المباشرة التابعة للكواكب التي تمتلك حقول مغناطيسية خاصة بها. بالإمكان قياس هذا المجال المغناطيسي في جميع أنحاء النظام الشمسي بواسطة مركبة فضائية، ولكن لا يمكن قياسه من الأرض، على اعتبار أننا محميون بواسطة الحقل المغناطيسي الخاص بكوكبنا.

تعتبر الخصائص الفعلية للوسط بين النجوم (خارج الغلاف الجوي للشمس)، بما في ذلك قوة واتجاه الحقل المغناطيسي، هامة في تحديد شكل وحجم الغلاف الجوي للشمس. ستمنحنا القياسات التي ستجريها مركبتا فوياجر في المنطقة وراء (خارج) صدمة النهاية وحتى تلك التي ستجريانها ربما خارج الغلاف الجوي للشمس، بيانات ومعطيات هامة جداً لنماذج منطقة صدمة النهاية والغلاف الجوي للشمس. وعلى الرغم من أن مركبة فوياجر ستفحص وتختبر هذه المناطق في أماكن منفصلة، إلا أن معلوماتها ستؤدي إلى نماذج أكثر شمولاً وصدقاً.



صورة ملتقطة في شباط/فبراير عام 1995، بواسطة تلسكوب هابل الفضائي. القوس المنحني النجمي هو منطقة صدمة المقدمة، والتي تمتد على مسافة تبلغ نصف سنة ضوئية. وتصطدم هنا الرياح الشمسية للنجم أورايون L.L. Orionis مع تدفق سديم الجبار. المصدر: (Courtesy NASA, Hubble Heritage Team (STScI/AURA)

## الكواكب الأرضية

تسمى الكواكب التالية: الأرض والزهرة والمريخ وعطارد بالكواكب الأرضية، ويعود سبب هذه التسمية لأنها تمتلك سطحاً صخرياً وصلباً يشبه اليابسة على الأرض. تتميز هذه الكواكب الأربعة بأنها أكثر الكواكب عمقاً في النظام الشمسي، كما لا يمتلك أي منها حلقات وذلك رغم وجود أحزمة من الإشعاع المحاصر حول الأرض كما هو مبين أدناه.

ووحدها الأرض من بين الكواكب الأربعة التي تمتلك المجال المغناطيسي الخاص بالكواكب الكبيرة. وقد تم تحديد بعض المجالات المغناطيسية الإقليمية في أماكن مختلفة في سطح كل من المريخ وقمر الأرض، ولكنها لا تعتبر مجالاً شاملاً.

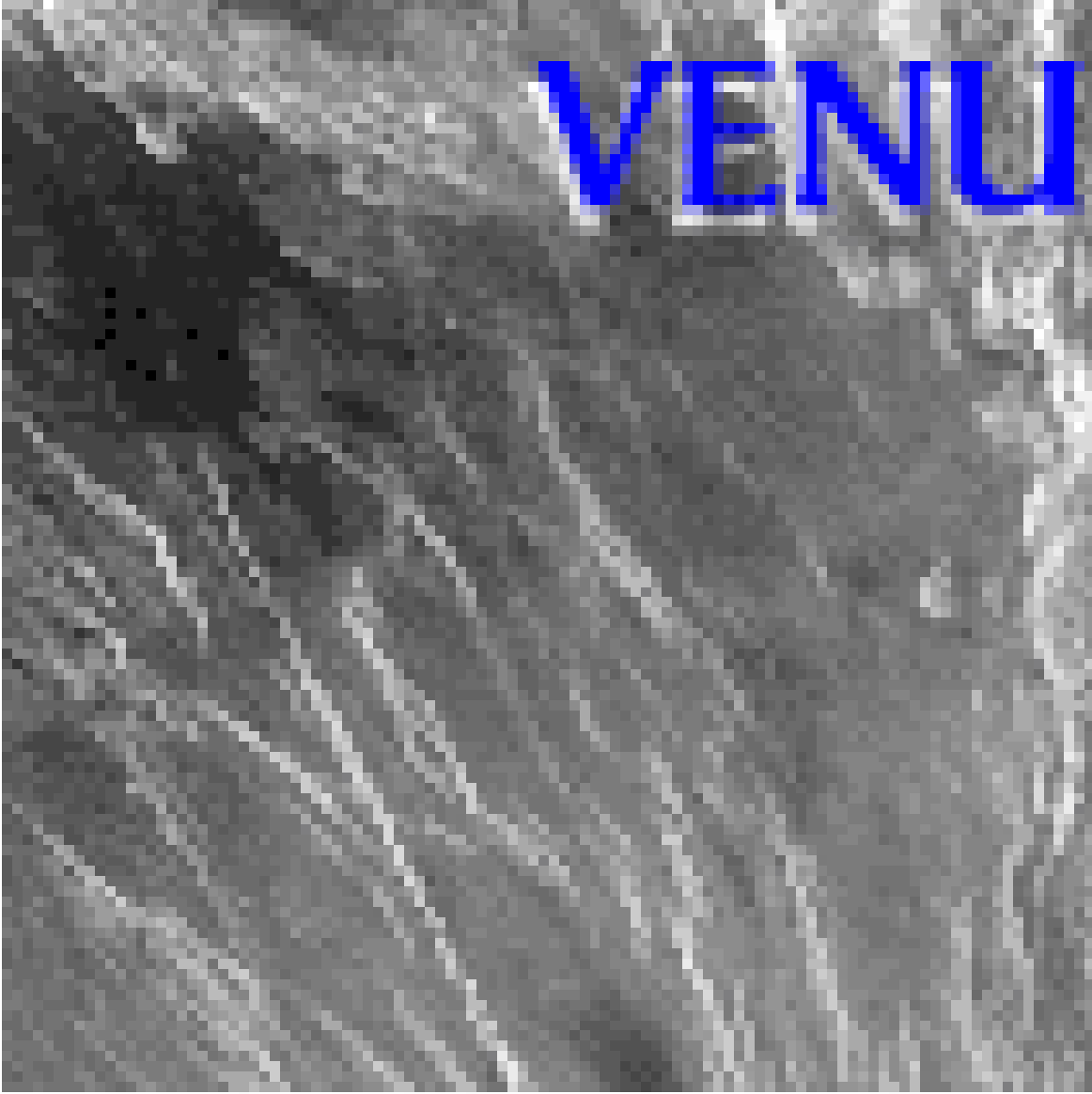


## عطارد

من بين الكواكب الأرضية، تمتلك كل من الزهرة والأرض والمريخ غلافاً جويّاً خاصاً بها، وترتبط كمية الغازات الموجودة في الغلاف الجوي للكواكب بحجمها، ودرجة الحرارة فيها، وطريقة تكونها وتشكلها، وعمّا إذا كانت هناك حياة موجودة على سطحها. وقد تتسبب درجة حرارة الغازات بجعل ذراتها وجسيماتها تتحرك بسرعة كبيرة جداً، وهذا سيؤدي إلى هروبها وتسربها من مجال الجاذبية (الثقالة) الخاص بالكوكب. وربما يفسر هذه الظاهرة افتقار كوكب عطارد إلى غلاف جوي دائم ومستقر، ومن الممكن أيضاً أن يعزى هذا الهروب للجسيمات إلى قرب تلك الكواكب من الرياح الشمسية العنيفة جداً.

يمكن تفسير وفرة الأكسجين في الغلاف الجوي للأرض بوجود حياة على سطحها، ما يجعل كوكبنا حالة فريدة واستثنائية في النظام الشمسي. ولولا وجود الحياة على كوكب الأرض، لتحول الأكسجين إلى جزء من المركبات الموجودة على سطحه. وبالتالي، فإن اكتشاف آثار للأكسجين في كوكب ما خارج المجموعة الشمسية، سيكون أمراً مهماً جداً وسيحمل أكثر من دلالة.

# VENUS



## الزهرة

يفتقر كوكب عطارد إلى وجود غلاف جوي يمكن الحديث عنه، وعلى الرغم من أن معظم سطحه حار جداً، إلا أن هناك دليلاً قوياً يشير إلى وجود جليد الماء في أماكن بالقرب من القطبين الشمالي والجنوبي وقد تم الاحتفاظ به مظللاً بشكل دائم بواسطة جدران الحفر المنتشرة هناك.

ويأتي العثور على هذا الدليل في سياق الأرصاد التي أجريت من على سطح الأرض بواسطة أجهزة الرادار لهذا الكوكب الموهل في عمق الفضاء. وسيكون لاكتشاف وجود جليد مظلل بشكل دائم على سطح قمر كوكب الأرض (تحديداً بالقرب من قطبيه الشمالي والجنوبي)، أثر بالغ الأهمية في تقوية الحجج التي تشير إلى أن وجود الجليد على سطح عطارد هو أمر واقعي ومنطقي.



## الأرض

قامت المركبة الفضائية **Mariner 10** بزيارة عطارد، فحلقت بالقرب منه مرتان في عام 1974، ومرة في عام 1975، ملتقطه صوراً لأحد نصفي الكوكب. كما أجرت المركبة الفضائية مسنجر **Messenger**، والتي تم إطلاقها عام 2004، سلسلة من عمليات التحليق بالقرب من عطارد بين عامي 2008 و2009، وذلك قبل أن تستقر نهائياً في مدارها بتاريخ 18 مارس/آذار عام 2011.

يمتلك كوكب الزهرة غلافاً جويّاً كثيفاً مكوناً من غاز ثنائي أكسيد الكربون، كما يتميز بأنه حار وغائم بشكل دائم ما يجعل سطحه غير مرئي. وتم الحصول على أفضل الدراسات لسطح الزهرة من مراكب الإنزال، ومن التصوير الراداري بواسطة المركبة الفضائية التي تدور حوله.

زارت أكثر من 20 مركبة فضائية كوكب الزهرة، وقد استخدمت بعثة ماجلان **Magellan mission** الرادار ذو الفتحة الاصطناعية للتصوير وقياس الارتفاعات لرسم خريطة لسطحه بدقة عالية جداً وذلك بين عامي 1990، و1994.

ولا تزال بعثة فينوس أكسبرس الأوروبية **European Venus Express**، والتي أطلقت في عام 2005، تدور حول كوب الزهرة منذ شهر إبريل/نيسان لعام 2006.

إلى تاريخ الأول من يناير/كانون الثاني عام 2013، كانت الأرض لا تزال هي الكوكب الوحيد الصالح للحياة، حيث ازدهرت هنا على سطحه منذ أن كان هذا الكوكب فتياً.

تعتبر الأرض كوكباً استثنائياً بكل ما تحمله الكلمة من معنى، فهي تتميز بوجود محيطات كبيرة من المياه السطحية، وغلافها الجوي غني بالأكسجين، إضافة إلى وجود أجزاء من القشرة الأرضية تطفو فوق غلاف حار جداً في الأسفل حسب نظرة الصفائح التكتونية.

يدور القمر حول كوكب الأرض مرة كل 27.3 يوماً، وبمتوسط مسافة يبلغ 384,400 كيلومتر. وتزداد هذه المسافة المدارية للقمر عن الأرض بمعدل بطيء جداً يبلغ 38 متراً لكل ألف سنة. وساهمت هذه المسافة الحالية للقمر عن الأرض في جعله يظهر في السماء بحجم يشبه حجم الشمس تقريباً، ويقابلها تقريباً بنصف درجة.

• **البيئة الإشعاعية للأرض:** حملت إكسبلورر 1 (**Explorer 1**) أول مركبة فضائية أرسلها مختبر الدفع النفاث التابع لناسا، وهي أداة علمية واحدة أشرف على اختراعها وتشغيلها جيمس فان ألين **James Van Allen** وفريقه العلمي من جامعة أيوا **University of Iowa**.

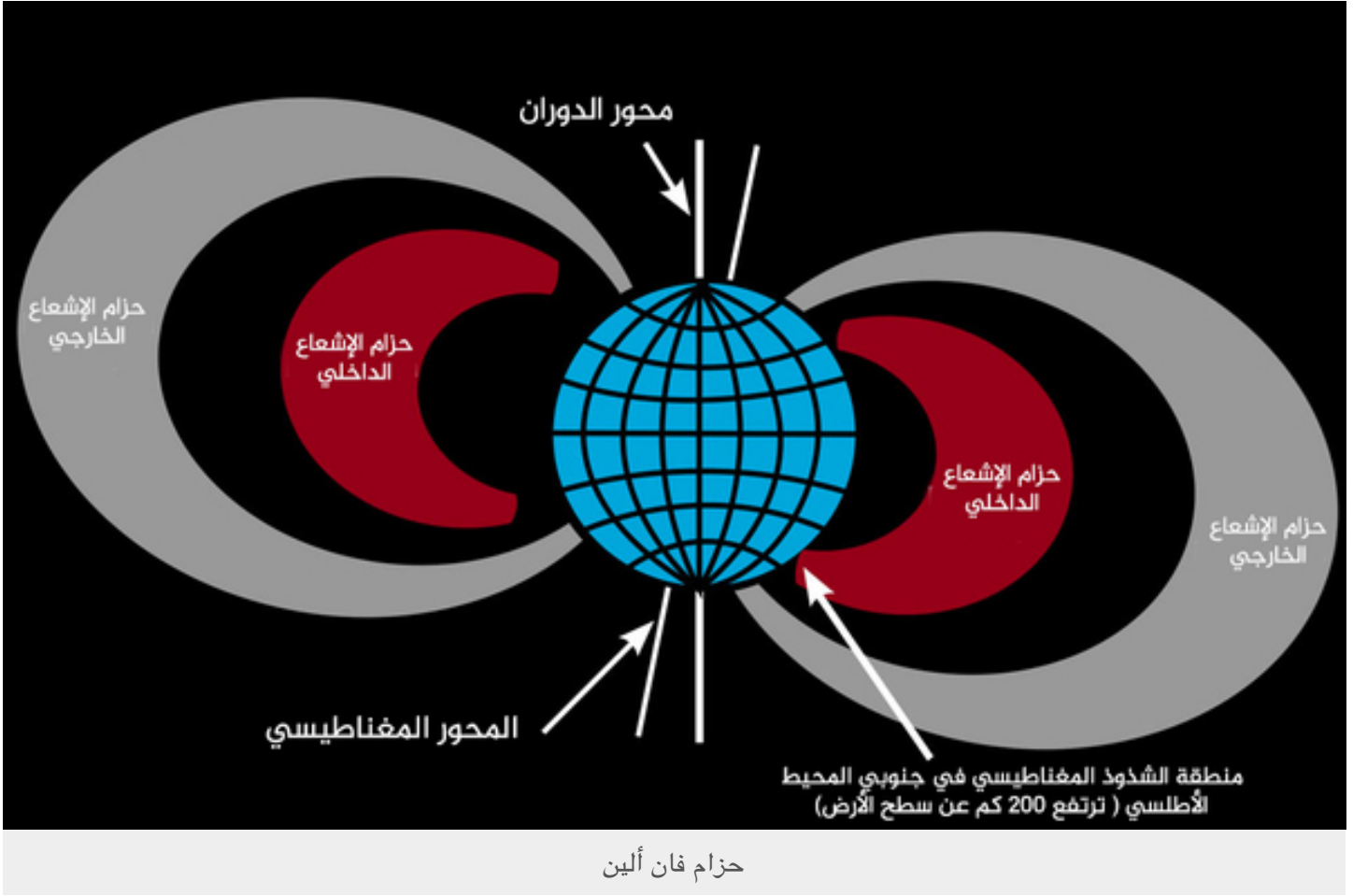
وقد اكتشفت هذه التجربة في أوائل عام 1958 وجود عدة أحزمة من الجسيمات المشحونة التي تتحرك بسرعة كبيرة جداً، والمحاصرة من قبل المجال المغناطيسي للأرض في مناطق ذات شكل حلقي (شبيه بحلوى الدونات) بالقرب من خط الاستواء. ويوضح الرسم التوضيحي أدناه هذين الحزامين في شكل ذو بعدين فقط، كما لو كانت شرائح من مقاطع عرضية رقيقة.

يحمل هذا الحزام من الجسيمات اسم فان ألين، وينقسم إلى منطقتين من حيث الكثافة العظمى: المنطقة الداخلية ويتكون معظمها من البروتونات مع طاقة عالية جداً تصل إلى 30 مليون إلكترون فولط، ويتركز موقعها فوق سطح الأرض على ارتفاع يبلغ 3000 كيلومتر.

والمنطقة الخارجية التي تتركز على ارتفاع يتراوح بين 15000 إلى 20000 كيلومتر، وتحتوي على الإلكترونات مع إجمالي طاقة يصل إلى مئات الملايين من الإلكترون فولط. كما تتميز بوجود تدفق عالٍ للبروتونات، وذلك على الرغم من أنها ذات طاقات أقل من تلك الموجودة في الحزام الداخلي.

يمكن أن يكون الطيران ضمن هذه الحزامين خطراً جداً على كل من البشر والمركبات الفضائية، ويعود سبب ذلك إلى الآثار المدمرة التي ستحدثها الجسيمات عندما تخترق الخلايا البشرية والدوائر الإلكترونية. وبناءً على هذا، تحلق معظم المركبات الفضائية التي تدور حول الأرض على ارتفاع عالٍ بما فيه الكفاية، أو على ارتفاع منخفض لتجنب العبور في هذين الحزامين.

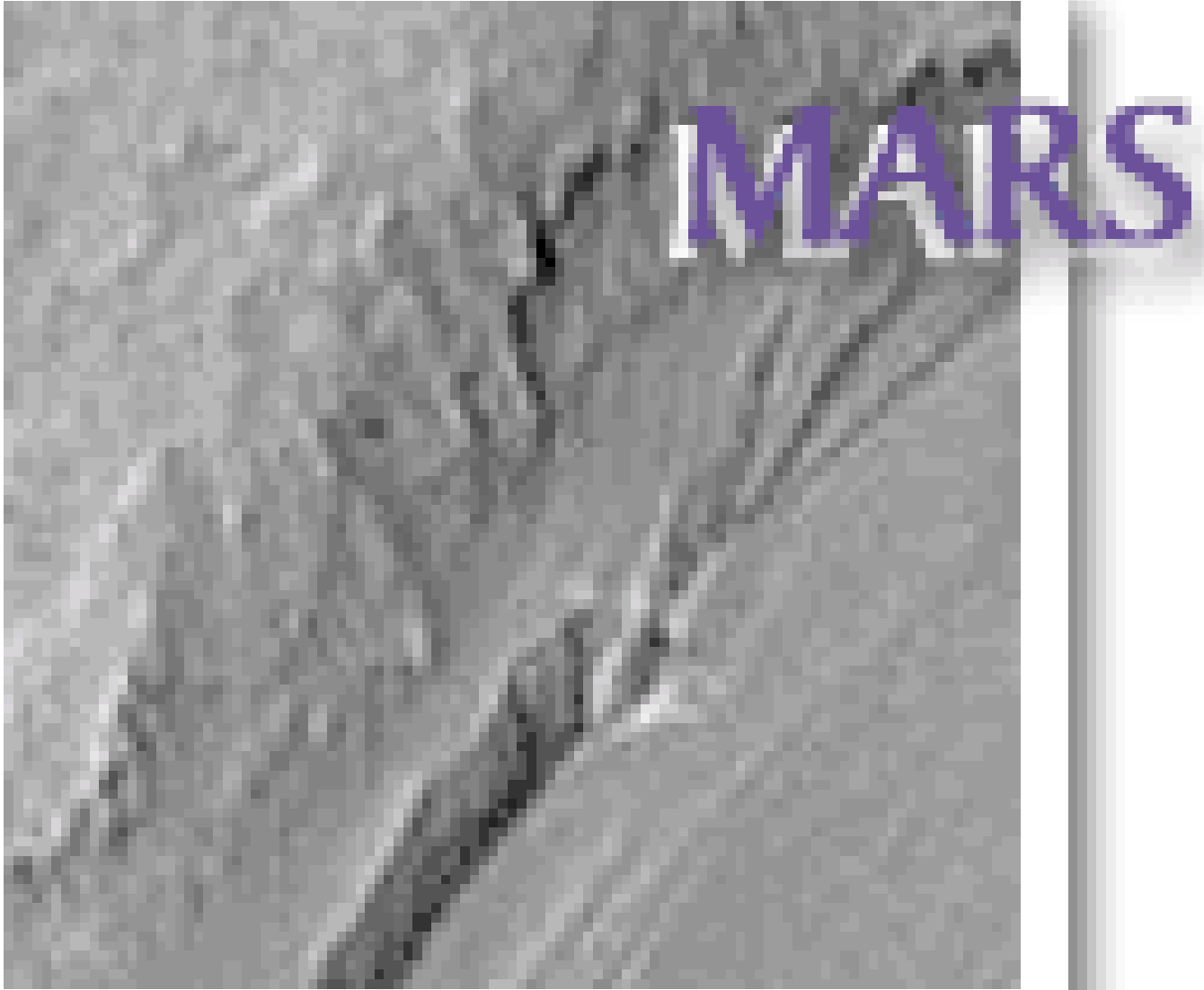
ومع ذلك، يوجد في الحزام الداخلي منطقة الشذوذ المغناطيسي في جنوبي المحيط الأطلسي **South Atlantic Anomaly**، والتي تمتد في الأسفل على علو منخفض في مدار الأرض. لذا من المتوقع أن تسبب هذه المنطقة العديد من المشكلات لمركبات الفضاء التي تعبر من خلالها.



يملك كوكب المريخ غلافاً مكوناً من غاز ثنائي أكسيد الكربون أيضاً، ورغم أنه أخف وأقل كثافة من غلاف الأرض، إلا أنه يحافظ على الغيوم الناعمة الناجمة عن بخار الماء. ويتكون القطبان الشمالي والجنوبي لكوكب المريخ من غاز ثاني أكسيد الكربون وجليد المياه. وقد اكتشف على سطح الكوكب أدلة قوية على أنه كان مملوئاً بشكل كامل بالماء فيما مضى، فضلاً عن وجود أدلة أخرى محتملة على تدفق المياه في بعض الينابيع الصغيرة في الآونة الأخيرة.

تم إرسال 13 بعثة فضائية كان هدفها الرئيسي كوكب المريخ، ولكن العديد منها لم يستطع الوصول إلى وجهته المحددة. في الوقت الحالي، تجري المركبتان الفضائيتان سبيريت وأبورتونيتي (**Spirit and Opportunity**) عمليات استكشاف على سطح المريخ، في حين أن 3 مركبات أخرى تطوف وتعمل حالياً في مداره وهي: مارس أوديسي 2001 (**Mars Odyssey 2001**)، ومارس إكسبريس (**Mars Express**)، ومستطلع المريخ المداري (**Mars Reconnaissance Orbiter**).





المريخ

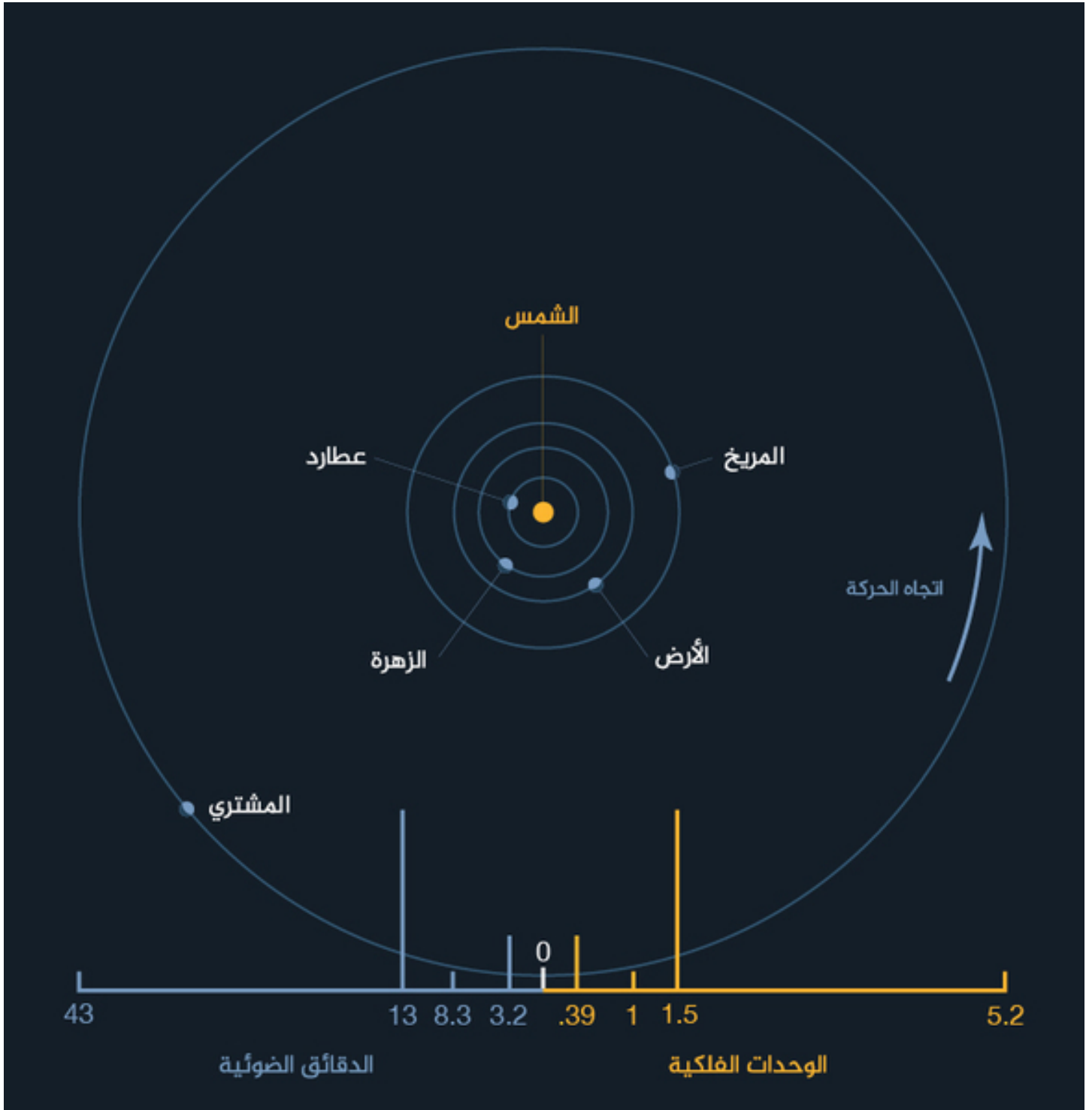
## بيانات الكواكب الأرضية

يقارن هذا الجدول بين خصائص الكواكب الأرضية من حيث القيم بالنسبة إلى الأرض. غالباً ما تستخدم الدقائق الضوئية للدلالة على المسافة داخل المنطقة بين الكواكب الأرضية، وهي تعتبر مفيدة جداً وعملية لأنها تشير إلى الوقت المطلوب للاتصالات اللاسلكية مع المركبة الفضائية في تلك المسافات التي تصلها أو تبلغها.

إذا ضغطت على اسم الكوكب في أعلى الجدول، سترى مجموعة كاملة من البيانات التقنية حوله، إضافة إلى مقارنة هذه البيانات مع بيانات الأرض. ولديك الآن جدول موسع يتضمن بيانات حول الكواكب.

عطارد	الزهرة	الأرض	المريخ
-------	--------	-------	--------

1.524	1	0.723	0.387	متوسط المسافة عن الشمس (AU)
12.7	8.3	6.0	3.2	البعد عن الشمس بالدقائق الضوئية
0.107	1	0.815	0.0553	الكتلة (x الأرض)
0.533	1	0.949	0.383	نصف قطرالدائرة الاستوائية (x الأرض)
1.027	1	116.75- رجعيًا	175.942	فترة الدوران (بالأيام الأرضية)
1.881	1	0.615	0.241	الفترة المدارية (بالأيام الأرضية)
24.13	29.78	35.02	47.87	متوسط السرعة المدارية (كم/ثانية)
2	1	0	0	الأقمار الطبيعية
من 0069 إلى 009.	1	92	تقريباً 0	الضغط الجوي على مستوى السطح
لا يوجد	يوجد	لا يوجد	قليل جداً	الحقل المغناطيسي



المسافات المتوسطة للكواكب الأرضية بعيداً عن الشمس

## الكويكبات

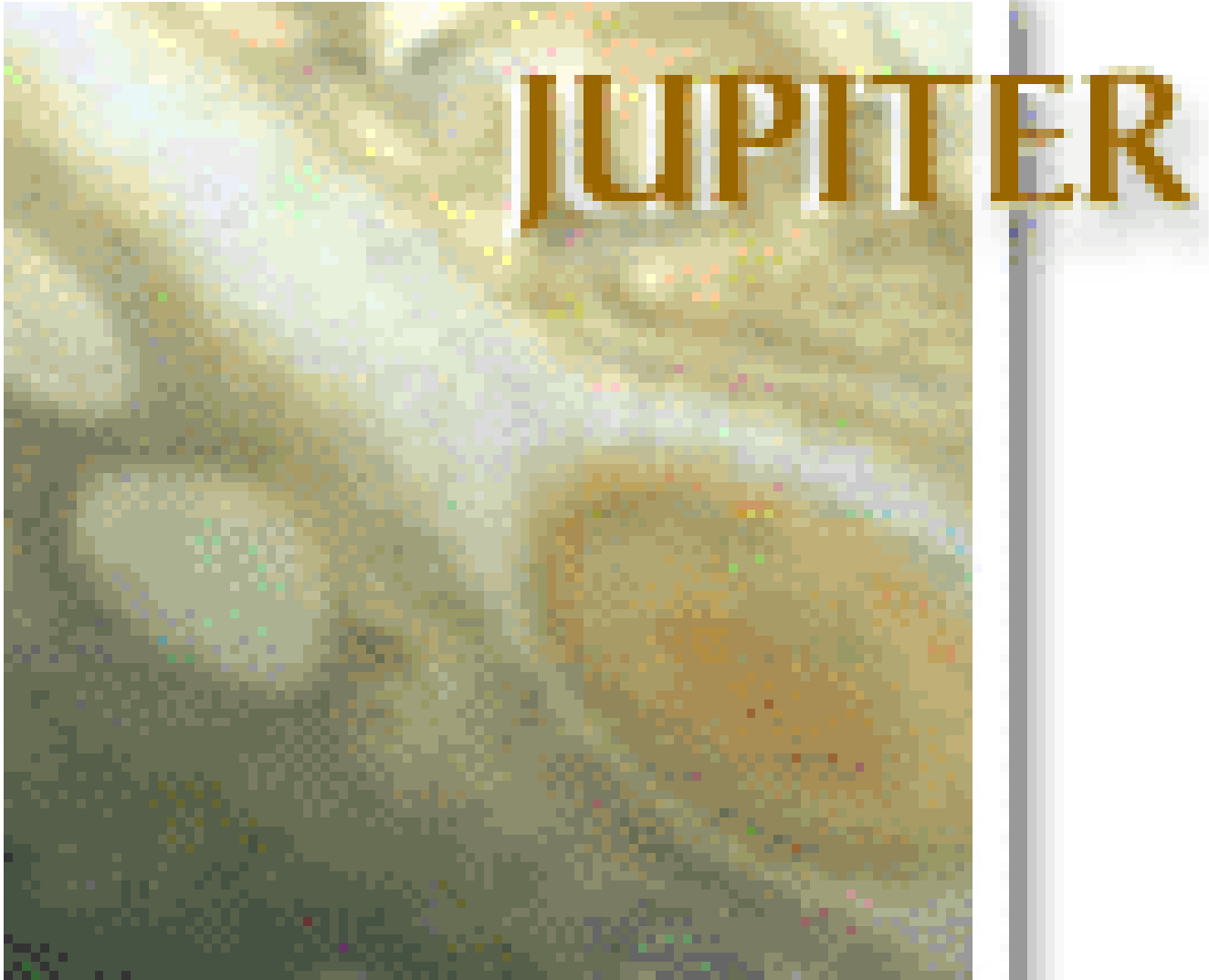
على الرغم من أن الكثير من المجموعات تندرج تحت خانة الكويكبات، سنتحدث عنها بالتفصيل في القسم التالي، إلا أن مصطلح الكويكبات أصبح أكثر فأكثر يشير على وجه الخصوص إلى الأجسام الصخرية والمعدنية الموجودة ضمن النظام الشمسي خارج مدار كوكب المشتري. ويطلق على الكويكبات أيضاً اسم الكواكب الصغيرة (**minor planets**)، حيث تدور الملايين منها والموجودة في

حزام يسمى "الحزام الرئيسي" حول الشمس في الغالب بين كوكبي المريخ والمشتري.

## كواكب جوفيان

يدعى كل من المشتري وزحل وأورانوس ونبتون بـ كواكب جوفيان (أي الكواكب الشبيهة بالمشتري)، وذلك بسبب حجمها الضخم جداً مقارنة بكوكب الأرض وبسبب طبيعتها الغازية (الشبيهة بالمشتري) المكونة في معظمها من الهيدروجين وبعض الهيليوم وآثار متنوعة لبعض الغازات الأخرى والجليد.

يشار إلى كواكب جوفيان اصطلاحاً باسم "العمالقة الغازية" لأنها مكونة في معظمها من الغاز، وذلك على الرغم من أن بعضها أو بالأحرى كلها يحوي نواة صلبة صغيرة. كما أنها تحتوي أيضاً حقلاً مغناطيسياً خاصاً بها، وحلقات حولها، إضافة إلى العديد من الأقمار.



المشتري

يعتبر المشتري أكبر من كل الكواكب الموجودة في النظام الشمسي مجتمعة، وتنبعث منه طاقة كهرومغناطيسية تحديداً من ذرات الجسيمات المشحونة والمتصاعدة عبر حقله المغناطيسي القوي. ولو كان باستطاعتنا رؤية أيز المغنتوسفير (الغلاف المشحون المحيط بالمشتري)، لظهر لنا المشتري في السماء بحجم أكبر من حجم القمر المكتمل.

وتشكل هذه الأحزمة من الإشعاعات المحاصرة خطراً كبيراً على المركبات الفضائية يماثل تقريباً خطر أحزمة فان ألين في مدار الأرض، وهذا بغض النظر طبعاً عن حقيقة أن تدفق الجسيمات وتوزيعها في كواكب جوفيان يختلف عن تدفقها في الأرض.

كما تشكل الجسيمات المتأينة خطراً كبيراً على عملية إرسال مركبة فضائية إلى مسافة قريبة من المشتري، لذا يجب أن تكون المركبات المراد إرسالها إلى هناك مدرعة ومصممة من مكونات مقاومة للإشعاع. وقد تتعرض بعض المركبات التي تستخدم كوكب المشتري كمساعد للجاذبية إلى جرعة من الإشعاعات العنيفة، لذا فإن المعدات التي لا توجد حاجة لاستعمالها على الكوكب يجب أن تتم حمايتها عبر وقف تشغيلها، أو تغطية أجهزة الكشف والرصد فيها.

دارت حول كوكب المشتري مركبة واحدة هي غاليليو (Galileo)، بينما حلقت بالقرب منه سبع مركبات أخرى هي: بيونير 10 (Pioneer 10)، وبيونير 11 (Pioneer 11)، وفوياجر 1 (Voyager 1)، وفوياجر 2 (Voyager 2)، وكاسيني (Cassini)، وأوليسيس (Ulysses)، ونيو هورايزنز (New Horizons). ومن المقرر أن تصل مركبة أخرى هي جونو (Juno) إلى المشتري نفسه في شهر يوليو/تموز لعام 2016.



## زحل

يشتهر كوكب زحل، أبعد الكواكب التي يمكن رؤيتها بسهولة بالعين المجردة، بنظام حلقاته المعقدة والواسعة، والتي يبدو منظرها بديعاً ورائعاً حتى عبر تلسكوب صغير جداً. كما يمكن للمرء باستخدام التلسكوب الصغير تمييز الشكل المفلطح للكوكب أو حتى التسطح الموجود في قطبيه.

يمكن للدراسات الجديدة المستمرة حول كوكب زحل أن تقدم لنا فهماً جديداً لديناميكية الحركة المدارية، والتي يمكن أن تنطبق تقريباً على أي نظام للأجسام المدارية، من الأنظمة الشمسية حديثة التشكل إلى المجرات. وتتميز أقمار كوكب زحل تيتان، وإنسيلادوس، وإيبوس وغيرها الكثير بأنها تثير الاهتمام بشكل كبير جداً.

حلقت كل من مركبة بيونير 11 ومركبتا بعثة فوياجر بالقرب من زحل، كما تعكف حالياً مركبة الفضاء كاسيني على دراسة نظام الكوكب من داخل مداره. وفي هذا الصدد، نفذ مسبار هيغينز الأوروبي (European Huygens Probe)، الذي قامت بنقله مركبة كاسيني،

مهمة ناجحة في الغلاف الجوي للقمر تيتان وعلى سطحه وذلك بتاريخ 14 يناير/كانون الثاني سنة 2005.

# URANUS

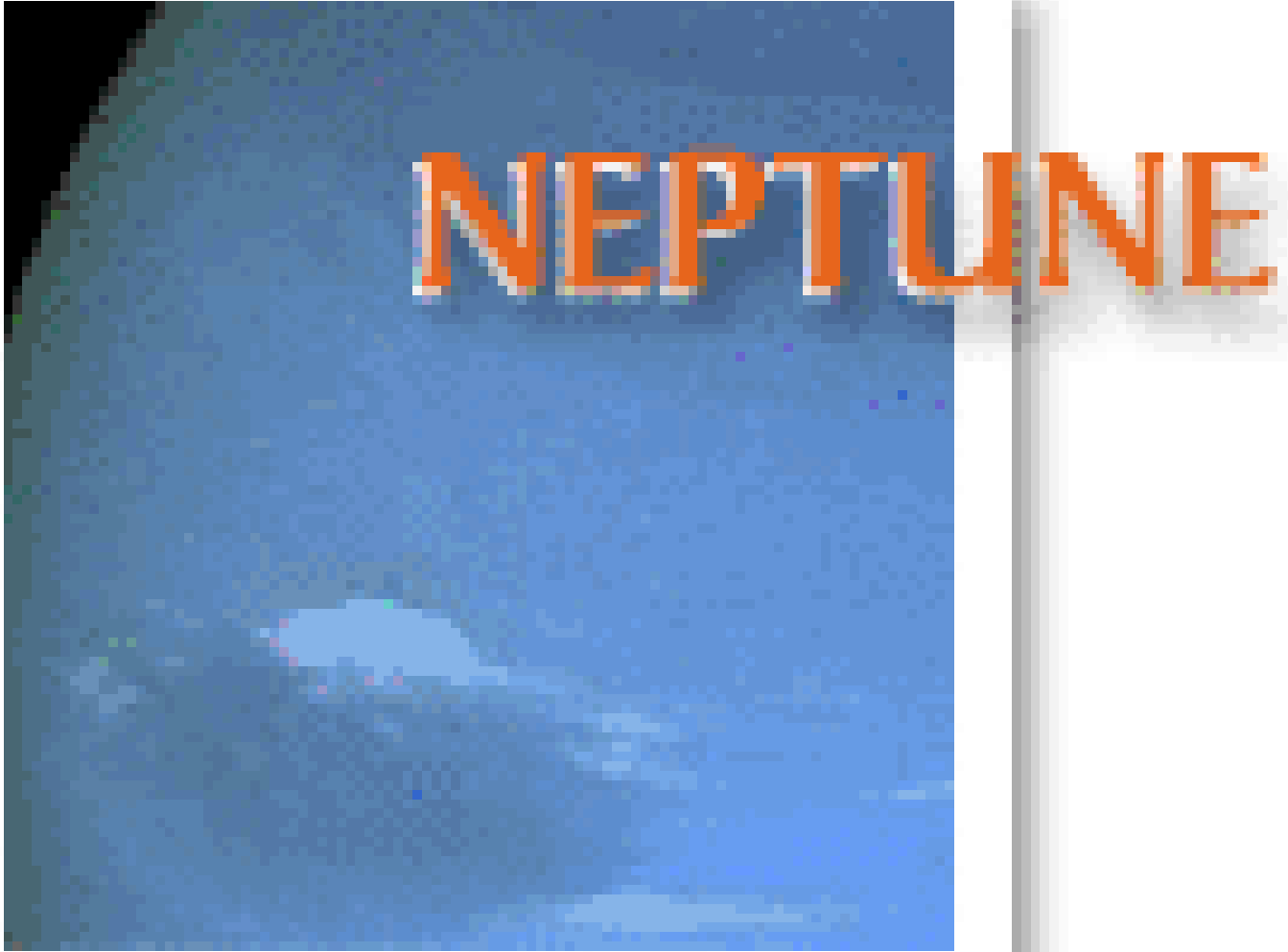
## أورانوس

يتشابه كوكب أورانوس (الذي يدور على جانبه) مع كوكب نبتون في الحجم واللون تقريباً، إلا أن نبتون يمتاز عن أورانوس بغلافه الجوي الأكثر نشاطاً على الرغم من المسافة الشاسعة التي تفصله عن الشمس. يتكون كلا الكوكبين في المقام الأول من الصخور والثلوج المختلفة. كما يتكون الغلاف الجوي الواسع لكل واحد منهما، والذي يشكل تقريباً ما نسبته 15% من كتلة الكوكب، من الهيدروجين مع القليل من الليثيوم.

يمتلك كلا الكوكبان حاشية متنوعة ومثيرة للاهتمام من الأقمار، ولم تقم أي مركبة فضائية سوى مركبة فوياجر 2 بزيارة هذين الكوكبين البعيدين والباردين.

أقمار كواكب جوفيان

لدى هذه العمالقة الغازية عدة آلاف من الأقمار التابعة لها، وكثير منها يبدو كبيراً ومثيراً للاهتمام بنفس الدرجة التي يتمتع بها أي كوكب. ويتم كل بضعة سنوات اكتشاف أقمار صغيرة وجديدة تابعة لكواكب جوفيان.



نبتون

تتنوع الأقمار الغاليلية لكوكب المشتري وتختلف عن بعضها البعض، وقد سميت كذلك تيمناً بالعالم الشهير غاليليو غاليلي **Galileo** الذي اكتشفها في عام 1610. يمكن رؤية كل 4 منها بواسطة تلسكوب صغير أو بالمنظار. ويعد قمر أبو **IO** (الواضح في الصورة هنا) أقرب هذه الأقمار إلى كوكب المشتري، ويعتبر أبو الجسم صاحب النشاط البركاني الأعلى في النظام الشمسي وذلك بسبب الحرارة الناجمة عن قوى المد والجزر التي تعمل على حني قشرته. وتستطيع التلسكوبات الأرضية رصد البراكين التي تعود للظهور على سطحه باستمرار.

أما سطح قمر أوروبا، ثاني أقمار المجموعة، فإنه مغطى بقشرة رقيقة جداً وملساء من جليد المياه، ومن المحتمل جداً وجود محيط من الماء السائل تحت القشرة، والذي يتعرض للحرارة الناتجة عن نفس القوى التي قامت بتسخين البراكين على قمر أبو.



بينما توجد على سطح القمر جانيميد **Ganymede** (القمر الثالث من مجموعة أقمار المشتري) جبال ووديان وحفر وتدفق للحم الباردة، ويشبه سطحه القديم هذا سطح قمر كوكب الأرض ومن المرجح أنه يحوي محيطات أسفله.

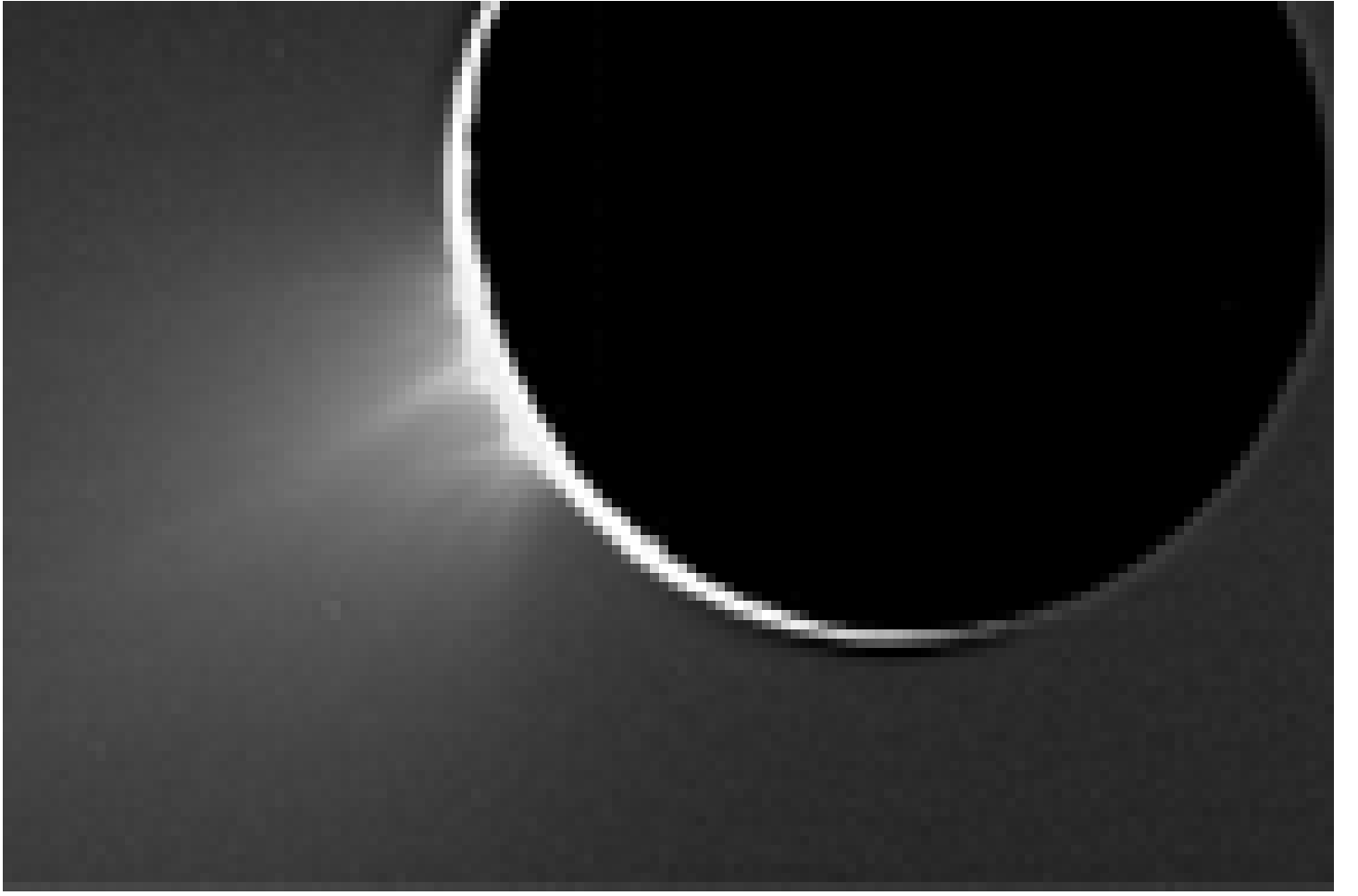
القمر الأخير في هذه المجموعة هو كاليستو **Callisto** الذي يعتبر أبعد الأقمار الغاليلية، ونجد سطحه مليئاً بالتجاويف الناجمة عن تأثير الحفر الاصطدامية، ما يشير إلى حدوث تغييرات عدة في هذا السطح منذ الأيام الأولى لتكوينه وتشكله.

أكبر أقمار كوكب زحل هو قمر تيتان الغامض، الذي يعد أكبر حتى من كوكب عطارد نفسه. يتميز هذا القمر، الذي يمكن اعتباره تقريباً بمثابة كوكب أرضي، بغلاف جوي ضبابي من النتروجين ويعتبر أيضاً أكثر كثافة من غلاف الأرض.

واستطاعت بعثة مسبار هيغينز تحقيق نجاح منقطع النظير عندما كشفت في عام 2005 عن وجود أنهار وأحواض بحيرات على سطحه، إضافة إلى تفاصيل واسعة عن غلافه الجوي المعقد.

إضافة إلى تيتان، يمتلك زحل مجموعة أخرى متنوعة من الأقمار الأصغر حجماً، والتي تتكون إلى حد كبير من الجليد المائي. تغطي مقدمة قمر زحل الجليدي المسمى إيبيتيس مادة مظلمة من نوع ما، كما تم في الآونة الأخيرة اكتشاف سلسلة من الجبال الاستوائية التي يبلغ ارتفاعها 13 كم في قطر القمر الذي يبلغ 1450 كم.

يدور قمر إنسيلاديس الجليدي داخل أكنف جزء من حلقة زحل المسماة **E**، ويعتقد أنه مصدر الجسيمات الجليدية الموجودة في تركيب الحلقة. وقد استطاعت مركبة كاسيني رصد وجود مجموعة من الأخاديد بالقرب من نوافير الجليد في القطب الجنوبي لقمر إنسيلاديس. كما استطاعت المركبة أيضاً تحديد أن درجة الحرارة في تلك الأخاديد أدفئ من مساحة الـ 500 كم المتبقية من نصف قطر القمر.

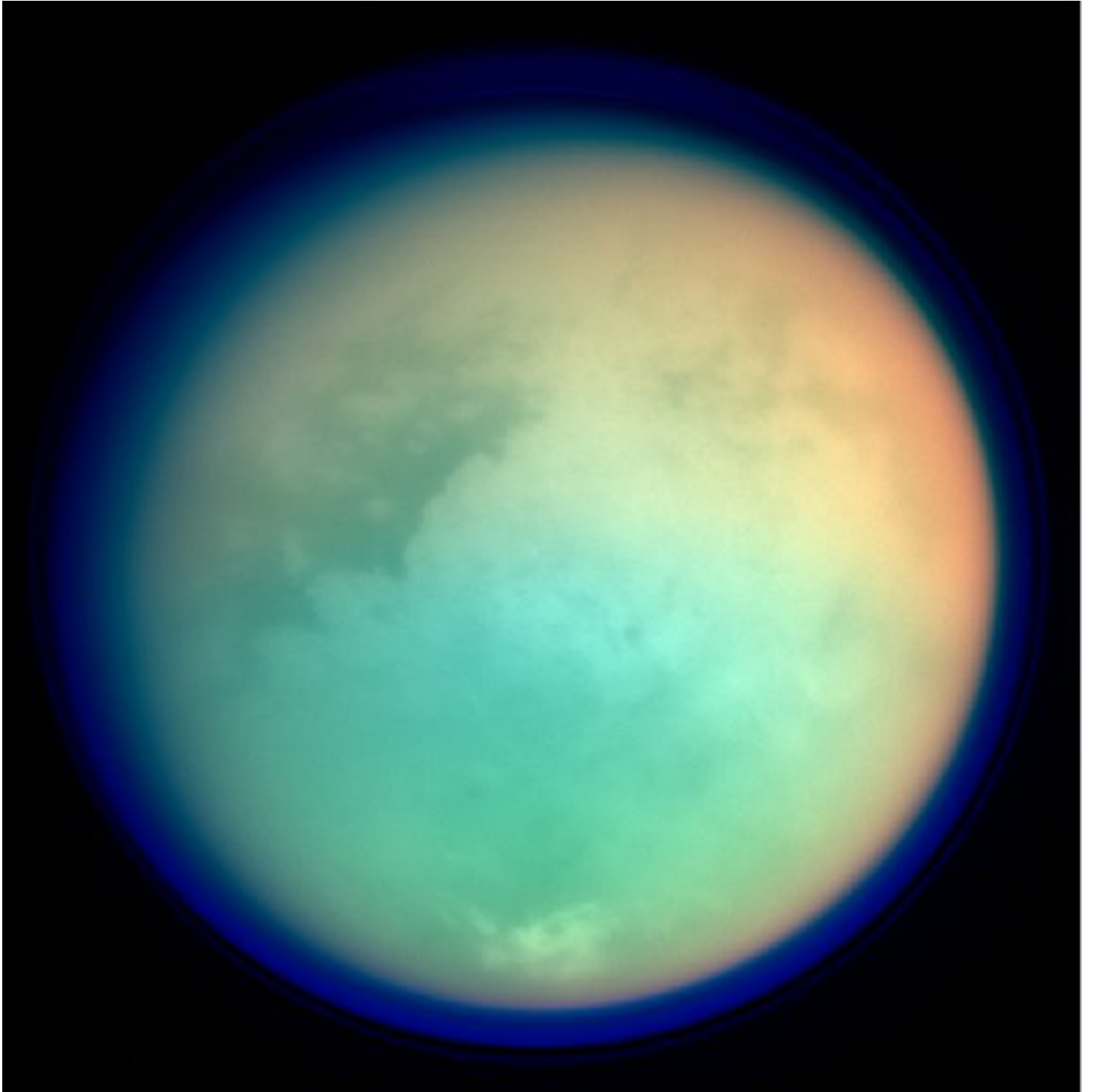


# FOUNTAINS OF ENCELADUS

نوافير إنسيلاديس

في شهر نوفمبر/تشرين الثاني لعام 2005، أظهرت صور ملتقطة بتقنية الإضاءة الخلفية، وجود نوافير من جسيمات الجليد المائي تنبعث من منطقة القطب الجنوبي لإنسيلاديس. ومن المستغرب بالنسبة إلى العلماء رصد مثل هذه النشاط على سطح أحد هذه الأقمار الجليدية الصغيرة.

وقد تم أيضاً اكتشاف مادة النشادر داخل الأعمدة الجليدية للقمر في عام 2009، الأمر الذي من شأنه أن يدعم إمكانية وجود ماء سائل تحت سطح القمر، ما يجعل قمر إنسيلاديس مرشحاً محتملاً لوجود حياة على سطحه. عل كل حال، إلى الآن لم يتم تحديد السبب الدقيق الكامن وراء وجود هذه النوافير الجليدية على سطح القمر.



صورة التقطتها مركبة كاسيني تظهر قمر تايان بألوان زائفة.

يملك كل واحد من الأقمار الخمسة الكبيرة التابعة لأورانوس خصائص تميزه عن غيره، فسطح ميراندا أصغر هذه الأقمار، يظهر أدلة على حدوث نشاط جيولوجي واسع النطاق فيه. أما سطح أمبريل فيتميز بأنه مظلم، بينما نجد أن سطح كل من تايانيا وإرييل مليء بالخدائق والصدوع. أما قمر أوبيرون فتظهر الحفر الاصطدامية على سطحه، أشعة ساطعة شبيهة بتلك الموجودة في قمرنا وقمر كاليستو التابع للمشتري.

أما تريتون أكبر أقمار نبتون فيكون مغطى جزئياً بجليد النيتروجين والثلج، واكتشف مؤخراً وجود سخانات نشطة يندلع منها النيتروجين، ما يترك رواسب قاتمة على السطح مع اتجاه الريح.

## الحلقات

يمكن رصد حلقات الغبار الاستوائية لكوكب المشتري من مسافة قريبة باستخدام الضوء المرئي، كما يمكن رصدها من على سطح الأرض بواسطة الأشعة تحت الحمراء. ويمكن رؤيته بأوضح صورة ممكنة عند النظر إليها من الخلف، في ضوء الشمس المنتشر إلى الأمام.

ويملك كل من زحل، وأورانوس، ونبتون حلقات مكونة من جسيمات لا تعد ولا تحصى من الجليد، تتراوح في حجمها من الغبار والرمل إلى الصخور. ويشكل كل جسيم من هذه الحلقات قمراً مستقلاً بحد ذاته، ولكنها تتفاعل مع بعضها البعض (أي الجسيمات) بطرق معقدة جداً، كما أنها تتأثر بحقل الجاذبية وبالشحنة الكهربائية. وإضافة إلى هذا كله، تتفاعل هذه الجسيمات أيضاً مع الغلاف الجوي الرقيق للكواكب.

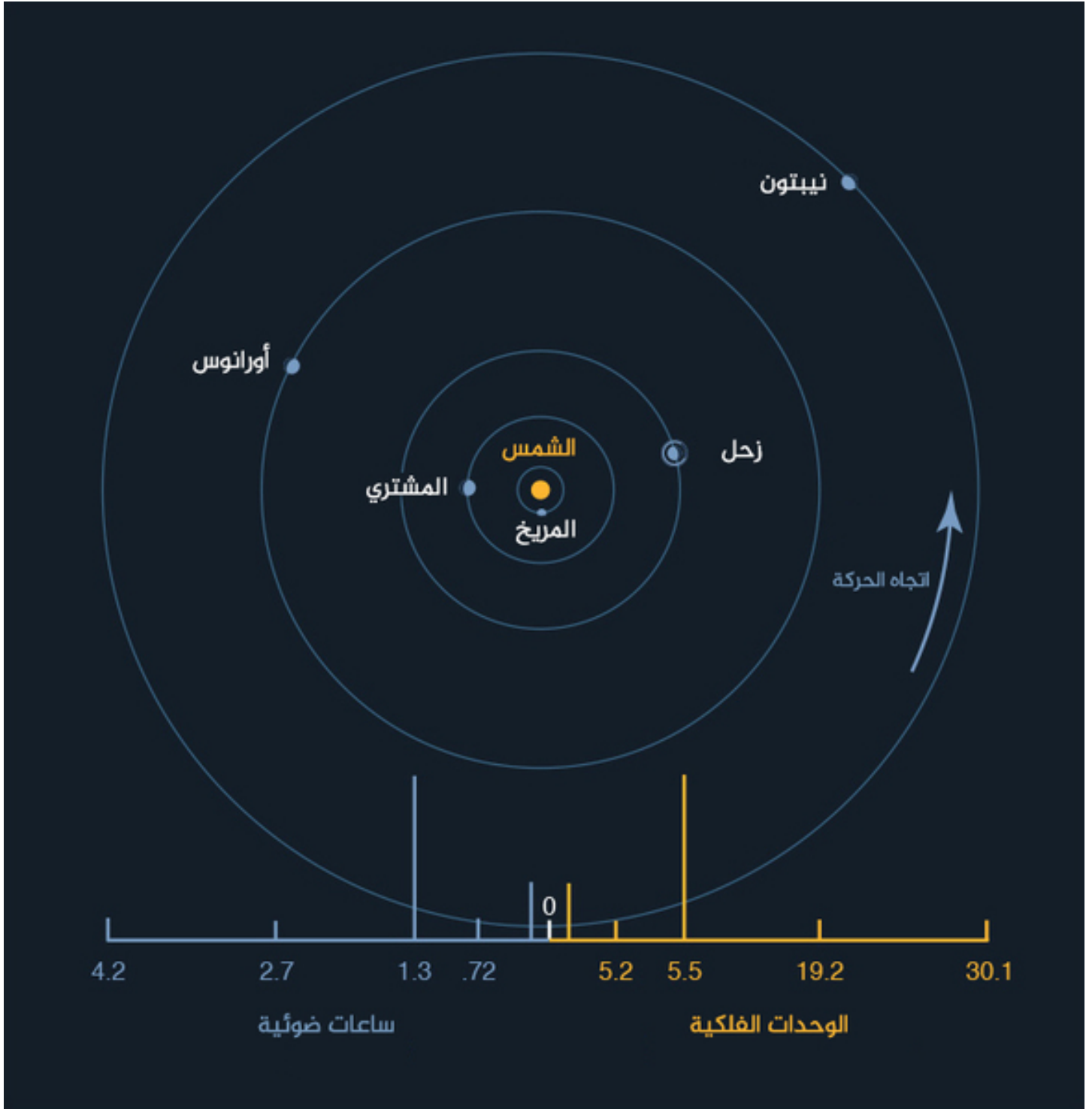
يمكن رؤية نظام الحلقة المغناطيسية لكوكب زحل من على سطح الأرض، فهي تمتد على مساحة تقدر بحوالي 280 ألف كيلومتر، وما يثير العجب بخصوصها هو أن سماكتها عند أي نقطة أقل من 100 متر مهما كان مكان النقطة التي نقيسها على سطحها. أما الحلقة A، فقد تم قياسها في عدة نقاط مختلفة، فوجد العلماء أن سماكتها أقل من 10 أمتار فقط. **حلقات كوكب زحل بالألوان الزائفة.**

بالطبع، هناك بعض الحالات التي نجد فيها أن اثنين من الأقمار الصغيرة الطبيعية يشغلان مدارين قرب بعضهما البعض داخل نظام الحلقة الواحدة، فنرى أحدهما يدور بمدار أبعد قليلاً عن الكوكب من الحلقة، بينما يكون الآخر يدور بمدار أقرب إلى الكوكب من الحلقة.

وينجم عن هذا كله، أن القمرين يعملان على حصر الجسيمات بين مداريهما على شكل حلقة ضيقة، وذلك من خلال تفاعل الجاذبية مع جسيمات الحلقة. ويطلق على مثل هذه الأقمار اسم أقمار الراعي، ونجد أمثلة واضحة عليها في كل من كوكبي زحل وأورانوس.

### بيانات كواكب جوفيان (بشكل تقريبي)

نبتون	أورانوس	زحل	المشتري	
au 30.05	au 19.20	au 9.58	au 5.20	متوسط المسافة عن الشمس
4.2	2.7	1.3	0.72	البعد عن الشمس بالساعات الضوئية
17.1	14.5	95.2	317.8	الكتلة (x الأرض)
3.88	4.01	9.45	11.21	نصف قطر الشعاع
16.1	17.2	10.7	9.9	فترة الدوران (بالساعات)
163.7	83.7	29.4	11.9	الفترة المدارية (السنوات الأرضية)
5.43	6.81	9.69	13.07	متوسط السرعة المدارية (كم/ثانية)
13	27	62	67	الأقمار الطبيعية المعروفة (حتى شهر يناير 2013)
أقواس غير مكتملة	رقيقة ومظلمة	نظام شامل وواسع	غبارية	الحلقات



المسافة المتوسطة التي تفصل كواكب جوفيان عن الشمس

### الكواكب الخارجية والكواكب الداخلية بالنسبة إلى مدار الأرض

يندرج كل من كوكبي الزهرة وعطارد تحت خانة الكواكب الداخلية، ولا يعود سبب ذلك إلى أنها تحتل مرتبة أدنى أهمية من غيرها، ولكن لأن مدارها أقرب إلى الشمس من مدار الأرض. فبالتالي يظهران دائماً على مقربة من الشمس في سماء الصباح المبكر أو في المساء،

وتسمى الزاوية التي يبدوان منها وأضحين بالنسبة إلى الشمس بـ زاوية الاستطالة **elongation**.

أما كواكب المشتري والمريخ وأورانوس وزحل ونبتون فتسمى بالكواكب الخارجية، لأن مداراتها أبعد عن الشمس من مدار كوكب الأرض.

## مراحل الإضاءة

من المحتمل أن تعبر الكواكب الداخلية بين الأرض والشمس في جزء من مداراتها، فتظهر تقريباً مراحل الإضاءة التي تمر بها كاملة كما نراها نحن من الأرض. فتمر من المرحلة التي تكون فيها مظلمة، إلى مرحلة الهلال الضئيل، وصولاً إلى المرحلة التي تكون فيها مضاءةً "وشكلها أحذب" (تقريباً يصل إلى مرحلة الإضاءة الكاملة عندما يبلغ الجانب الآخر من الشمس). وبطبيعة الحال، يمر قمرنا بهذه الأطوار كلها، كما تظهر الكواكب الخارجية غالباً بشكل محدب، بينما تظهر كاملة عندما تكون معاكسة لزاوية رؤيتنا لها من الأرض.

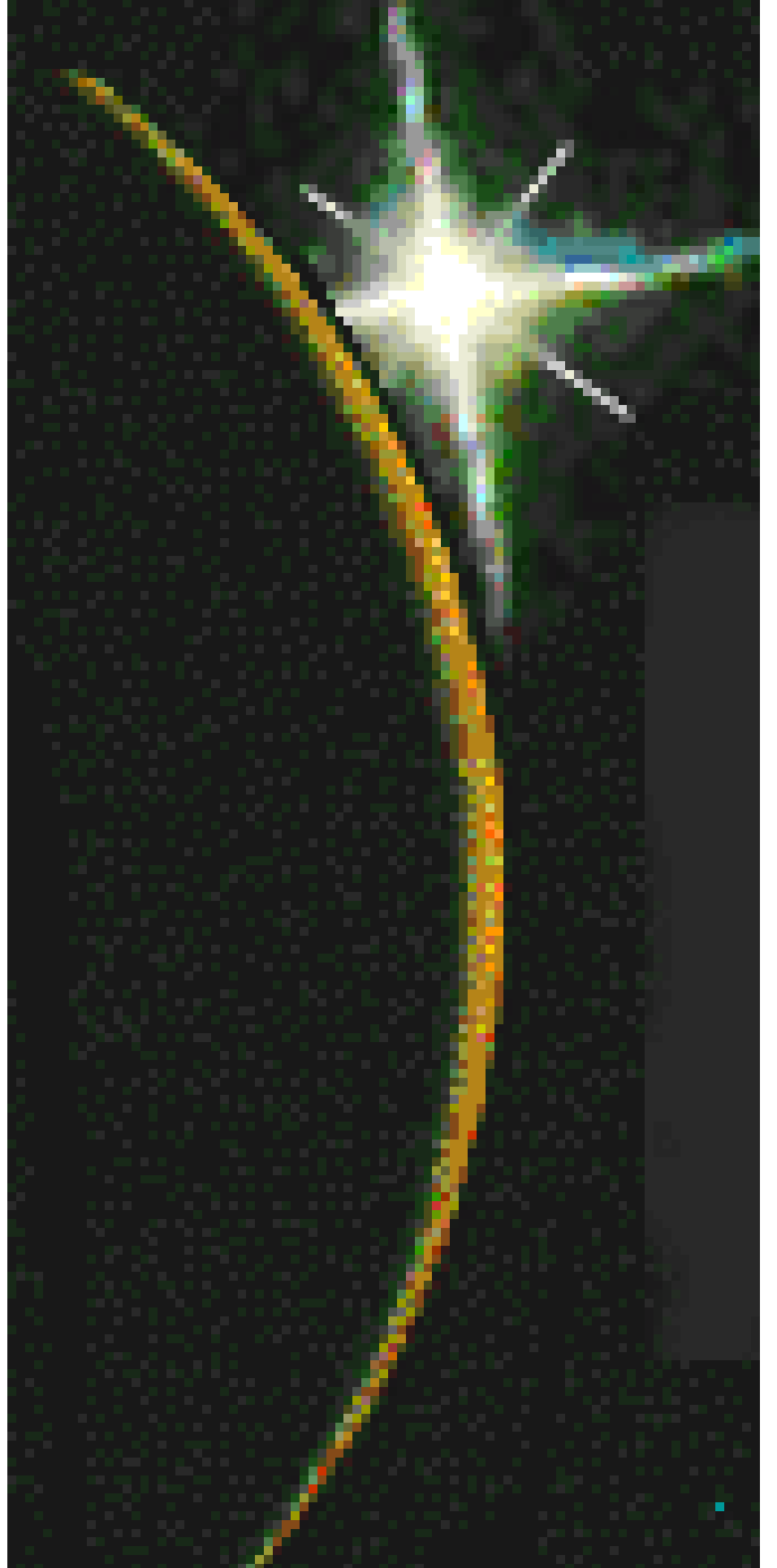
ترى عين الناظر من على سطح الكواكب الخارجية الأرض وهي تمر بهذه الأطوار جميعها، أما تلك الكواكب فيمكن رؤيتها في طور الهلال فقط من خلال موقع المركبة الفضائية وهي تمر وراء الكوكب.

## الاقتران، العبور، الاحتجاب، التقابل

عندما يعبر جسمان بالقرب من بعضهما البعض جنباً إلى جنب في السماء، يقال أنهما في حالة اقتران **conjunction**. وعندما يعبر كوكب ما بالقرب من الشمس كما يرى من على سطح الأرض، وتكون هذه الأجسام الثلاثة تقريباً في خط مستقيم واحد، فيقال حينها أن الكوكب في حالة اقتران شمسي.

تمتلك الكواكب الداخلية أي الزهرة وعطارد نوعي اقتران مع الشمس: الأول هو حالة الاقتران السفلي، ويحدث عندما يمر الكوكب تقريباً بين كل من الشمس والأرض (إذا عبر بالضبط بينهما، وكان مواجهاً للشمس كما يرى من على سطح الأرض، يدعى حينها بالعبور **transit**).

النوع الثاني للاقتران هو حالة الاقتران العلوي ويحدث عندما تكون الأرض والكوكب الآخر على طرفي نقيض من الشمس حيث تكون الأجسام الثلاثة مرة أخرى على خط واحد تقريباً. وفي حالة كانت الشمس بالضبط بين الكواكب فإن الكوكب سيختفي بالنسبة إلى الناظر من على سطح الأرض، وتسمى هذه الحالة بـ الاحتجاب **occultation**.



كوكب أو قمر وهو يبدو في طور الهلال، عندما يكون تقريباً بين الراصد والشمس.

باستطاعة الكواكب الخارجية القيام فقط باقتران علوي أو خارجي مع الشمس، وذلك بالنسبة للراصد أو الناظر من على سطح الأرض. وفي مرحلة الاقتران العلوي تبدو الكواكب الخارجية في حالة إضاءتها الكاملة. عندما يكون الكوكب في حالة تقابل مع الشمس، أي عندما يكون هو والأرض على نفس الجانب بالنسبة إلى الشمس، عندها يكون ثلاثتهم في نفس الخط (عندما يصبح القمر مكتملاً فإنه يكون مقابلاً للشمس، وتكون الأرض بينهما تقريباً).

تعتبر ظاهرة التقابل **Opposition** وقتاً مناسباً لرصد الكواكب الخارجية باستخدام الأجهزة الأرضية، ويعزى ذلك إلى أنها تكون في أقرب نقطة لها إلى الأرض وفي طورها الكامل.

لا يمكن للكواكب الداخلية أبداً أن تكون مقابلة للشمس من وجهة الراصد الأرضي. توفر ظواهر الاقتران والاحتجاب والعبور والتقابل فرصة ذهبية للقيام بالأرصاد بواسطة المركبة الفضائية. كما من الممكن الاستفادة من حدوث ظاهرة الاقتران في إجراء دراسات على النظام الشمسي واختبارات على النظرية النسبية العامة.

ويشكل الاقتران العلوي أو الخارجي عدة تحديات تتعلق بعملية التواصل مع المركبة الفضائية عندما تكون وراء الشمس تقريباً، حيث يؤدي الاقتران إلى حدوث ضجيج وصخب على نفس الترددات التي تستخدمها المركبة في التواصل. أما في حالة التقابل، يكون هذا الضجيج الراديوي في أدنى درجاته، ما يوفر شروطاً ملائمة لإجراء عمليات البحث بواسطة موجة الجاذبية.

## الكواكب الصغيرة

الكواكب الصغيرة، والتي تدعى أيضاً بالكويكبات، هي عبارة عن أجسام صخرية موجودة في مدار حول الشمس، يدور معظمها في حزام الكويكبات الرئيسي بين كوكبي المريخ والمشتري، وهي تتحرك في نفس اتجاه حركة الكواكب.

تتراوح هذه الكواكب في حجمها من حجم إيريس الكوكب القزم الذي يبلغ قطره حوالي 2300 كم، وصولاً إلى حجم الحصى. ويبلغ قطر 16 كوكباً من هذه المجموعة 240 كم أو أكثر.

يتم تصنيف الكويكبات وفقاً لتركيبها الكيميائية، وذلك بناءً على الطيف المرصود والبياض (أو الإنعكاسية). يكون أكثر من 75% من هذه الكويكبات من نوع **C**، وهي مظلمة ومائلة إلى الحمرة مع معدل بياض يقل عن 0.10، وهي تشبه النيازك الكربونية، كما أنها تمتلك نفس التركيب الكيميائي للشمس عندما تطرح المواد المتطايرة منها.

كما إن 17% من هذه الكويكبات من النوع **S**، والذي يعتبر أكثر سطوعاً مع معدل بياض يتراوح بين 0.10 إلى 0.22، كما أنها تكون ذات بنية معدنية من النيكل الممزوج مع سيليكات الحديد والمغنيزيوم.

أما المتبقي من الكويكبات فيكون معظمها من النوع **M** الذي يتراوح معدل بياضه بين 0.10 إلى 0.18، وهو يتشكل من معدن النيكل الصلب الخالص. وبطبيعة الحال، هناك عدة أنواع أخرى للكويكبات تعتبر نادرة من جهة المواد المكونة لها.





Range 1,150 meters (3,773 feet)

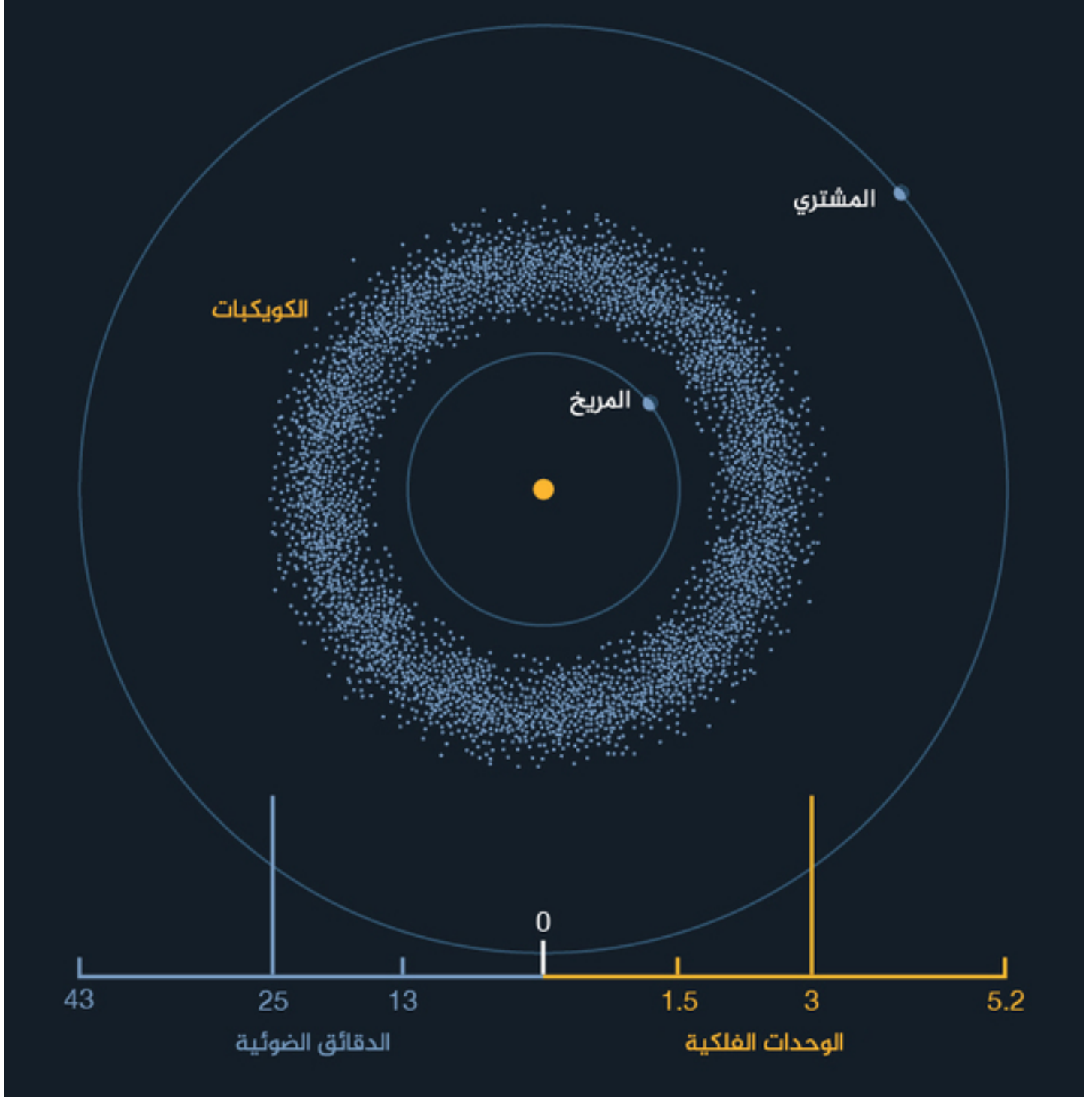
تظهر الصورة الكويكب Eros 433، وقد تم التقاطها بواسطة بعثة نير-شومايكر الفضائية في 24 أكتوبر/تشرين الأول لعام 2000. والتقطت من على مدار يرتفع أكثر من 100 كم فوق السطح.

منذ شهر يناير/كانون الثاني لعام 2013 عبرت ثمان مركبات فضائية الحزام الرئيسي للكويكبات أثناء زهابها إلى وجهاتها المحددة، والمركبات هي: بيونير 10 و11، وفوياجر 1 و2، وأوليسيس، وغاليليو (عبرت مرتين سابقاً)، وكاسيني، ونيو هورايزونز، ويضاف إليها مركبة جونو التي ستعبر هذا الحزام أثناء توجهها إلى كوكب المشتري.

ولحسن حظهم بالطبع، لم تصادف تلك المركبات أي حالة اصطدام مع أحد الكويكبات، حيث قامت المركبة غاليليو برصد اثنين منها (أي الكويكبات في الحزام الرئيسي) هما غاسبارا 951 (Gaspara 951)، وإيدا 243 (Ida 243)، فاككتشفت وجود أقمار تابعة لهما. بينما قامت المركبة كاسيني بالتقاط صور للكويكب Masursky 2685 (يشير الرقم N الموجود قبل اسم الكويكب، إلى أنه آخر ما تم تحديد مداره).

تدعى المساحات الفارغة نسبياً والموجودة بين التجمعات الرئيسية للكويكبات داخل الحزام الرئيسي باسم فجوات كيركوود (Kirkwood gaps)، وفيها تكون الفترة المدارية للكويكب جزءاً بسيطاً من الفترة المدارية لكوكب المشتري. ومع مرور الوقت، يسبب هذا الرنين تأثيرات جاذبية على الكويكبات مما يدفعها إلى الانتقال إلى مدارات أخرى.

في الواقع، يمكن تصنيف الكويكبات الموجودة داخل "الحزام الرئيسي" وتقسيمها إلى حزامين اثنين (الداخلي والخارجي)، وذلك وفقاً للبيانات المؤكدة المستقاة من مسح سلون السماوي الرقمي **Sloan Digital Sky Survey**. يتركز الحزام الداخلي في نقطة تبعد عن الشمس مسافة تبلغ **AU 2.8** ويحتوي على كويكبات غنية بسيليكات المعادن. بينما يتركز الحزام على الخارجي في نقطة تبعد عن الشمس **AU 3.2**، ويحتوي على كويكبات غنية بالكربون.



حزام الكويكبات الرئيسي

لدى عدد من الكويكبات مدارات خارج الحزام الرئيسي، يكون بعضها أقرب إلى الشمس من الحزام الرئيسي، بينما يكون بعضها الآخر

أبعد. وتسمى تلك القريبة من كوكب الأرض بـ الكويكبات القريبة من الأرض (Near Earth Asteroids) أو اختصاراً **NEAs**. تكون معظم الأجسام التي تقترب من كوكبنا كويكبات أو مذنبات ميته، بينما يكون القليل منها فقط عبارة عن مذنبات حية. ويطلق على هذه الكويكبات والمذنبات مجتمعة اسم الأجرام القريبة من الأرض (Near Earth Objects).

## الأجرام القريبة من الأرض

فيما يتعلق بالعناصر المدارية، **NEOs** هي عبارة عن الكويكبات والمذنبات التي تصل إلى نقطة الحضيض **q** على مسافة تبعد عن الشمس أقل من **1.3 AU**. وقد اقتصر مصطلح المذنبات القريبة من الأرض واختصاراً **NECs** ليشمل فقط المذنبات ذات الفترة المدارية القصيرة (أي عندما تكون الفترة المدارية أقل من 200 سنة).

تكون الغالبية العظمى من الأجرام القريبة من الأرض **NEOs** عبارة عن كويكبات **NEAs**، والتي تقسم بدورها إلى عدة مجموعات هي: **Aten**، وأبولو **Apollo**، وأمور **Amor**. ويستند هذا التصنيف إلى عدة معايير هي: مسافة الحضيض **q perihelion distance**، ومسافة الأوج **Q aphelion distance**، بالإضافة إلى محورها شبه الرئيسي **semi-major axis**.

التعريف	الوصف	الأجرام القريبة من الأرض
$q < 1.3 \text{ AU}$ , $P < 200 \text{ years}$	مذنبات قريبة من الأرض	NECs
$q < 1.3 \text{ AU}$	كويكبات قريبة من الأرض	NEAs
$a < 1.0 \text{ AU}$ , $Q > 0.983 \text{ AU}$	من مجموعة <b>NEAs</b> ، لديه محور شبه رئيسي أصغر من محور الأرض (سمي تيمناً بـ <b>Aten 2062</b> )	إتينس
$a > 1.0 \text{ AU}$ , $q < 1.017 \text{ AU}$	من مجموعة <b>NEAs</b> ، وهو عابر للأرض ولديه محور شبه رئيسي أكبر من محور الأرض (سمي تيمناً بـ <b>Apollo 1862</b> )	أبولو
$a > 1.0 \text{ AU}$ , $q = 1.017 \text{ to } 1.3 \text{ AU}$	كويكب يقترب من الأرض، مع مدار خارجي بالنسبة إلى مدار الأرض، ولكنه داخلي بالنسبة إلى مدار المريخ (سمي تيمناً بـ <b>Amor 1221</b> )	أمورس
	يمتاز بمدار داخلي تماماً بالنسبة إلى مدار الأرض (سمي تيمناً بـ <b>Atira 163693</b> )	أبوليس
$\text{MOID} \leq 0.05 \text{ AU}$ , $H \leq 22.0$	الكويكبات التي تشكل خطراً محتملاً: وهي كويكبات يبلغ الحد الأدنى لتقاطع مسافاتها المدارية مع الأرض $0.05 \text{ au}$ أو أقل، وتبلغ مقاديرها القصوى 22 أو أكثر سطوعاً ( <b>H</b> )، هو مقياس للسطوع وبالتالي الحجم	PHAs

## مجموعات أخرى من الكويكبات

تم اكتشاف عدد صغير جداً من الكويكبات التي تدور حول الشمس داخل مدار الأرض تماماً. يلتزم الكويكب **Atira 163693** مداراً

مائلاً للغاية في المنطقة الواقعة بين الأرض وعطارد، وتبلغ مسافة الأوج لهذا الكويكب (أي عندما يصل إلى أقصى بعد له عن الشمس) **AU 0.980**، أي أقل من أقرب مسافة إلى الأرض. وعلى الرغم من أن الكويكب أتيرا هو الوحيد الذي تمت تسميته، إلا أنه تم رصد وجود أجسام أخرى في تلك المنطقة.

كما تم أيضاً اكتشاف وجود عدة مئات من الكويكبات التي تقع بالقرب من نقطتي لاغرانج **L4** و **L5** (أي 60 درجة أمام المشتري و60 درجة ورائه عندما يكون في مداره الشمسي). وقد أطلق عليها اسم طروادة **Trojans** تيمناً بأبطال حروب طروادة الشهيرة. ويمتلك المريخ بدوره مجموعة كويكبات طروادة خاصة به، ومن المحتمل وجود مجموعة صغيرة منها في نقاط لاغرانج لكل من الأرض والزهرة.

ومن الممكن وجود أجرام في النظام الشمسي الخارجي البعيد تكون مشابهة للكويكبات أو المذنبات، فتعريفها لا يزال إلى الآن مبهماً بعض الشيء. تدعى الأجسام الشبيهة بالكويكبات والموجودة بين كوكبي زحل وأورانوس بالفنطور **Centaur**، بينما تدعى الأجسام الموجودة وراء كوكب نبتون بالأجسام العابرة لمدار نبتون، أو الأجرام الموجودة في حزام كايبر.

## المذنبات

تتكون المذنبات من المواد الصخرية والغبار وجليد الماء، ويمتلك العديد منها مدارات إهليلجية تجعلها قريبة جداً من الشمس، كما تجعلها تتأرجح عميقاً في الفضاء غالباً خلف مدار كوكب بلوتو. وعلى عكس الكواكب التي تكون مداراتها في نفس المستوى تقريباً، تتوجه مدارات المذنبات بشكل عشوائي في الفضاء.

تنص النظرية الأكثر قبولاً حول أصل المذنبات على وجود سحابة هائلة من المذنبات تدعى سحابة أورت (**Oort Cloud**) (وقد سميت بذلك تيمناً بعالم الفلك يان. أورت الذي اقترح هذه النظرية). تحتوي هذه السحابة ربما على ما يقارب 1011 من المذنبات التي تدور حول الشمس من على بعد مسافة تقدر بـ **AU 50,000** (أي أقل بقليل من سنة ضوئية). وتتركز هذه المذنبات قرب الحدود بين قوى الجاذبية للشمس، وقوى الجاذبية للنجوم الأخرى، وذلك عندما تأتي الشمس إلى الفضاء الموجود بين النجوم كل عدة آلاف من السنين.

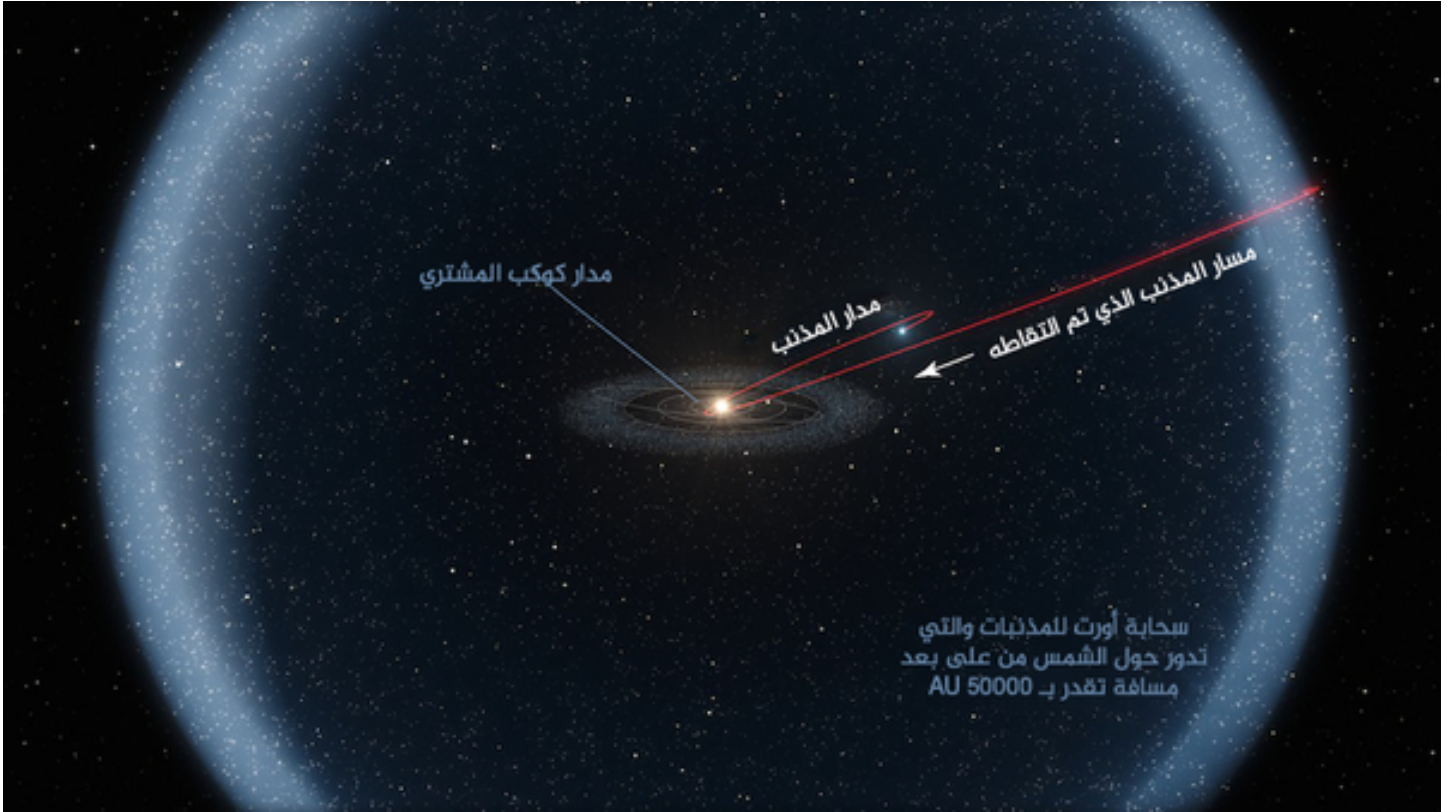
وفقاً لهذه النظرية، تؤدي هذه العبورات النجمية إلى حدوث اضطرابات في مدارات المذنبات داخل سحابة أورت، ونتيجة لهذا يتم التقاط وحجز بعضها من قبل النجم العابر، كما يضيع بعضها ويتوه ربما في الفضاء بين النجوم، إضافة إلى أن بعضاً من مدارات تلك المذنبات يتم تعديلها من مدار دائري الشكل نسبياً، إلى مدار إهليلجي الشكل يقترب من الشمس.

يعد حزام كايبر بمثابة خزان آخر للمذنبات، وهو عبارة عن منطقة تشبه القرص في شكلها وتبتعد عن الشمس مسافة تتراوح بين 30 إلى **AU 100**. ويعتبر هذا الحزام مصدراً للمذنبات ذات الفترة المدارية القصيرة.

أحياناً، تحدث اضطرابات في مدار الأجسام الموجودة في حزام كايبر، ويفسر ذلك بسبب حدوث تداخل مع مجالات الجاذبية لكواكب جوفيان، ما يجعل تلك المذنبات تمر عبر مدار نبتون، وفي نهاية المطاف تصطدم معه، فتكون النتيجة إما إخراج تلك المذنبات عن مدارها، أو رميها في عمق النظام الشمسي.

من المعلوم جيداً، أن المذنبات تتفرق وتتحطم عند اقترابها الشديد من الشمس، حيث اكتشف في أوائل العام 1993، أن المذنب شومايكر-ليفى 9 (**Shoemaker-Levy 9**) قد تفرق وتحطم على ما يبدو بسبب مروره القريب جداً من كوكب المشتري، حيث تم جذبها والتقاطه في مدار قريب من المشتري حتى حصل الاصطدام أخيراً بينهما في عام 1994. وقد تم رصد هذا الاصطدام المذهل بواسطة المركبة الفضائية سوهو التي شهدت أيضاً في بعض الأحيان مرور عدد من المذنبات بالقرب من الشمس.

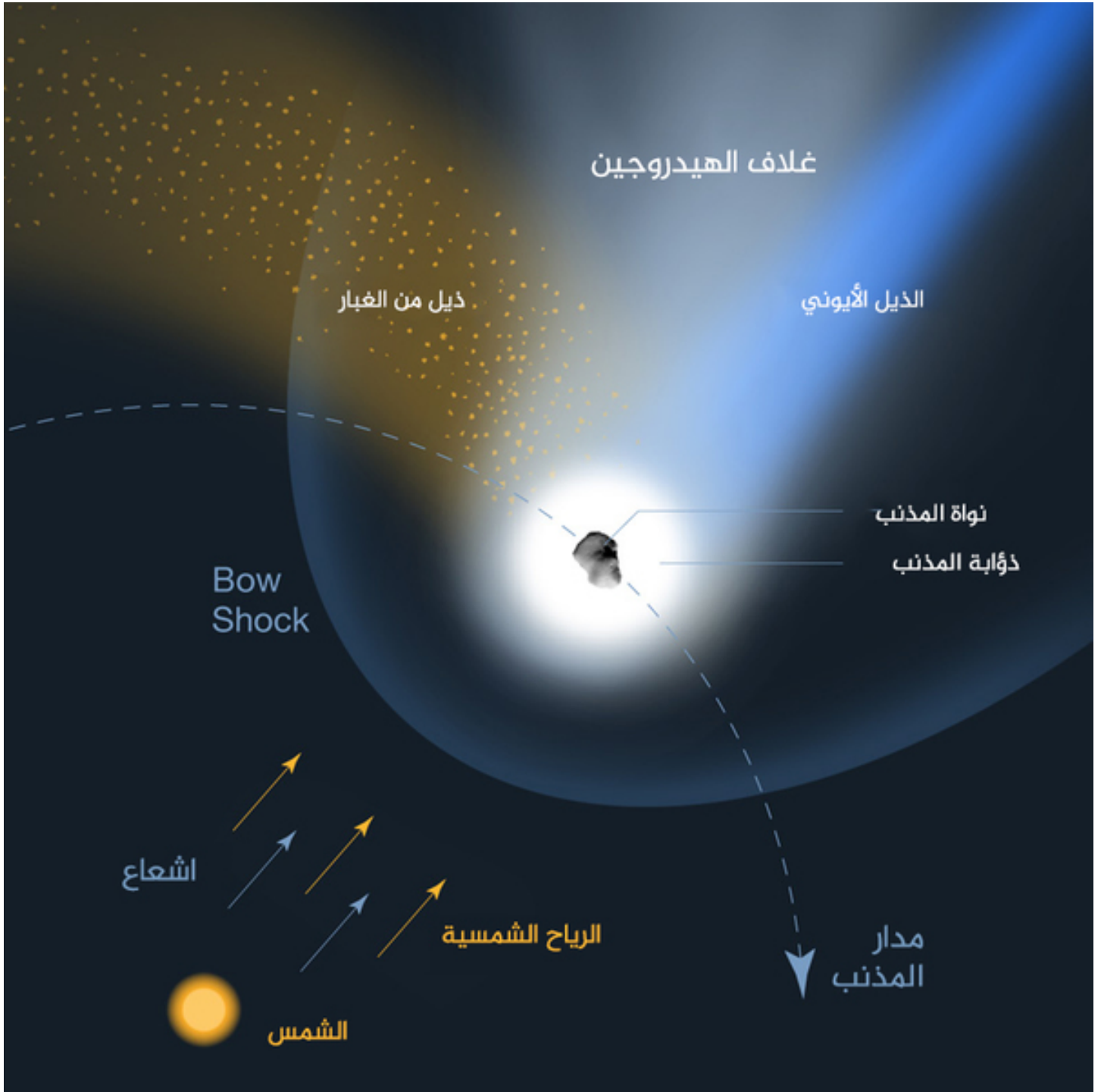
يُبين هذا الفيلم حدوث اصطدام بين اثنين من المذنبات مع نجمنا المركزي.



تظهر هذه الصورة نظاماً واسعاً وكبيراً، ولم يتم رسمها بمقياس. تمثل الشمس في منتصف مركز الدائرة مدار المشتري من على بعد مسافة تبلغ 5 AU، ولم يتم تصوير المشتري نفسه. أما سحابة أورت فتكون أبعد من هذا بأكثر من 10,000 مرة.

تكون المذنبات غير مرئية عملياً إلى أن تقترب من الشمس وتعمل على بناء هيكل واسع وممتد. وتتصف هذه الهياكل بأنها متعددة الأشكال وديناميكية للغاية، كما أنها تحوي جميعها سحابة مكنفة من المواد المتطايرة والمنتشرة تسمى بـ الذؤابة **coma**. وغالباً، ما تنمو الذؤابة وتكبر في الحجم والسطوع كلما اقترب المذنب من الشمس.

في معظم الأحيان يبدو الجزء الكثيف الداخلي للذؤابة شبيهاً بالنقطة، أما الجسم المركزي فيدعى بـ النواة **nucleus**، وهي تتميز بأنها صغيرة جداً ومظلمة، لذلك من النادر جداً رؤيتها من على سطح الأرض. وتشكل النواة مع الذؤابة مجتمعين مقدمة المذنب (أو رأس المذنب).



مكونات المذنب بالقرب من الشمس

عند اقتراب المذنبات من الشمس، فإنها تشكل ذيولاً من المواد المضيئة تتمدد وتتوسع في الفضاء إلى ملايين الكيلومترات ابتداءً من رأس المذنب بعيداً عن الشمس، أما عندما تبتعد عن الشمس تكون النواة باردة جداً وموادها عبارة عن أجسام صلبة متجمدة. وفي هذه الحالة، يشار إلى المذنبات باسم "الجبال الثلجية القذرة" أو "كرات الثلج القذرة"، وذلك باعتبار أن أكثر من نصف المواد التي تتكون منها هي من الجليد.

أما عند اقترابها إلى مسافة تبعد وحدات فلكية AU قليلة عن الشمس، ترتفع درجة حرارة سطح النواة ما يؤدي إلى تبخر المواد التي

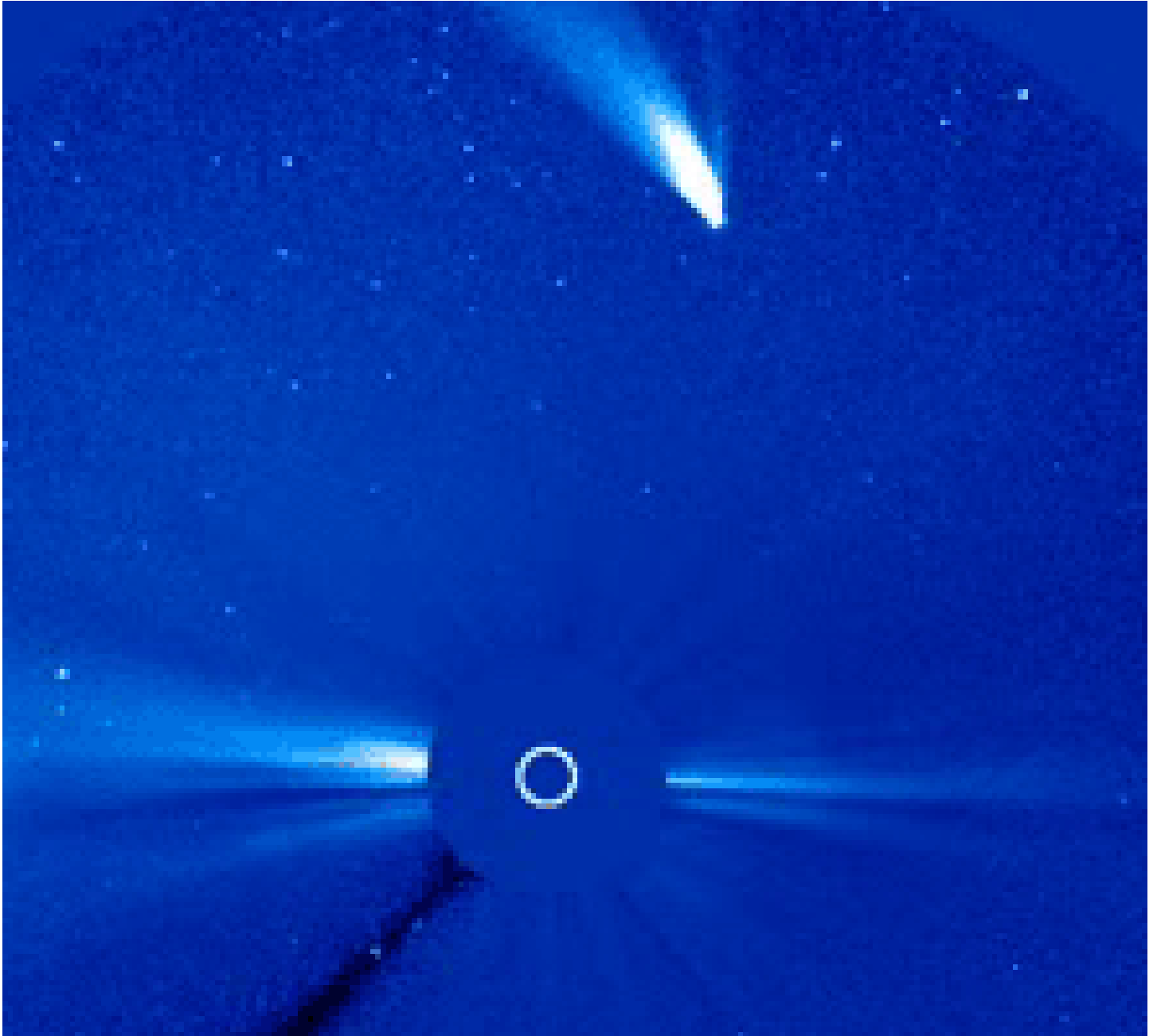
تتطاير منها. عندها، تغلي هذه الجزيئات المتبخرة فتحمل معها جسيمات صلبة صغيرة، تساهم في تشكيل نؤابة المذنب التي تتكون من الغبار والغاز.

عندما يطور المذنب نؤابته، يعكس الغبار الموجود داخلها أشعة الشمس بينما يقوم الغاز بامتصاص الأشعة فوق البنفسجية ويبدأ بالتألق. وفي هذه الحالة، أي تقريباً على بعد **AU 5** من الشمس، يغدو هذا التألق أشد كثافة من أشعة الضوء المنعكس.

يقوم المذنب بامتصاص الأشعة فوق البنفسجية، فتطلق العمليات الكيميائية التي تحصل داخله غاز الهيدروجين، والذي يتسرب بدوره ويهرب بعيداً عن جاذبية المذنب مشكلاً ما يسمى بـ غلاف الهيدروجين **hydrogen envelope**.

في الواقع، لا يمكن رؤية هذه الغلاف من على سطح الأرض، لأن الغلاف الجوي للأرض يعمل على امتصاص الضوء الصادر أو المنبعث عنه (أي غلاف الهيدروجين). ومع ذلك، يمكن بطبيعة الحال رصده بواسطة المركبات الفضائية.

يعمل كل من ضغط الإشعاع الشمسي والرياح الشمسية على تسريع حركة المواد بعيداً عن رأس المذنب، وذلك بسرعات مختلفة تبعاً لكل من حجم المواد وكتلتها. وبناءً على هذا، تتسارع حركة ذيول الغبار الضخمة نسبياً ببطء وتتميز حركتها بأنها منحنية بعض الشيء. بينما الحال مختلف عند الذيل الأيونية التي تتصف بأنها أقل ضخامة بكثير من سابقتها، حيث تتسارع حركتها بشكل كبير جداً إلى درجة تبدو فيها كخط مستقيم تقريباً يمتد بعيداً عن المذنب مقابل الشمس. ويوضح الفيلم الموجود إلى جهة اليمين هذه الحركة بشكل واضح جداً.



Click to view 1.2-MB SOHO movie of Comet Hyakutake passing the sun.

فيلم حجمه 1.2 ميغا لعبور المذنب هيكوتيك قرب الشمس

في كل مرة يزور فيها مذنبُ الشمس ويقترب منها، فإنه يفقد بعضاً من مواده المتطايرة، إلى أن يصبح في نهاية المطاف مجرد كتلة صخرية أخرى في النظام الشمسي. ولهذا السبب بالتحديد يقال بأن المذنبات تكون قصيرة الأمد والأجل، وذلك في نطاق الزمن الكوني. ويعتقد الكثير أن بعض الكويكبات هي في الواقع نواة أحد المذنبات المنقرضة، والتي فقدت موادها المتطايرة في الفضاء.

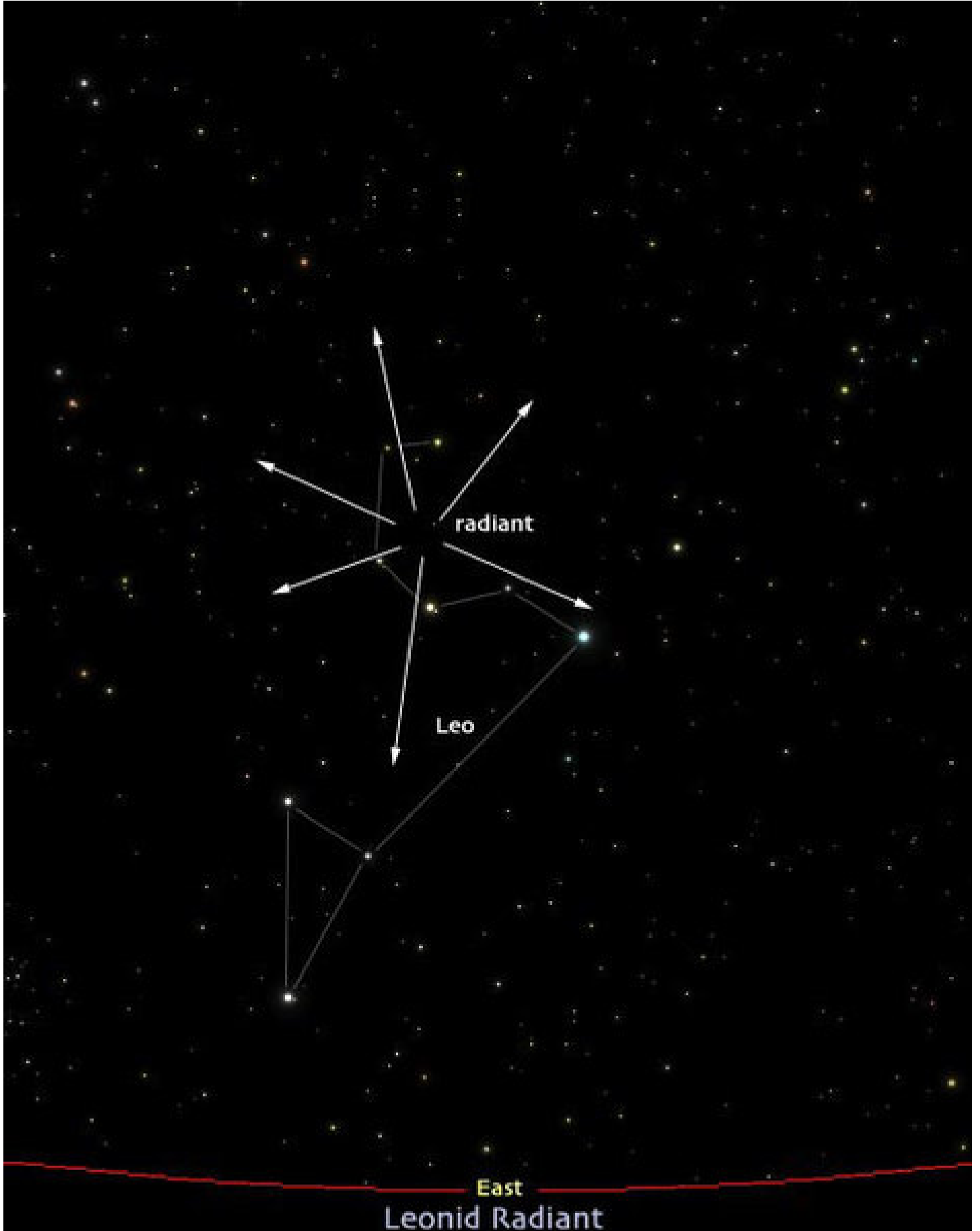


## النيازك والشهب والأحجار النيزكية

تتكون النيازك من جسيمات صلبة صغيرة، في كثير من الأحيان مجهرية، تدور حول الشمس، نراهم كما الشهب (بشكل "قذائف نجمية" أو "نجوم ساقطة") عندما تخرق الغلاف الجوي للأرض بسرعة تقدر بعشرات الكيلومترات في الثانية وتحترق.

تتولد الحرارة عبر الضغط، عندما تندفع تلك الأجسام في الغلاف الجوي بسرعة أعلى من سرعة الصوت ما يسبب حدوث توهج في الهواء المحيط بالجسم، في حين تنتقل بعض الحرارة إلى الجسم المتحرك.

يمكننا رؤية الشهب تقريباً في أي ليلة مظلمة، كما نرى العديد والعديد منها خلال زخات الشهب السنوية المتعددة. وقد يظهر البعض منها عرضاً رائعاً شبيهاً بالألعاب النارية فيترك خلفه مسارات غائمة، وفي حالة وصول أي جزء من الشهب إلى سطح الأرض فيدعى بالنيزك.



منظر الشهب خلال زخات شهب ليونويد Leonoid في عام 1996

عندما تغلي المواد المتطايرة أو تتصعد من المذنب فإنها تحمل معها جسيمات صلبة صغيرة، وفي هذه الحالة تشكل هذه الجسيمات المنبعثة من المذنب مصدراً للنيازك، ما يتسبب في حدوث زخات النيازك السنوية عندما تعبر الأرض من خلالها. وبما أن الوضع ثابت بالنسبة إلى علاقة الأرض مع مدارات النيازك، فإن زخات الشهب على ما يبدو تنشأ من نقطة في السماء، كما تتم رؤيتها من على سطح الأرض، تدعى بـ "المشع radiant"، وعلى سبيل المثال يشهد الراصدون كل فصل خريف شهب Leonoid وهي تشع من داخل كوكبة الأسد constellation Leo. وقد تأتي النيازك من حزام الكويكبات، كما تكون بعض النيازك النادرة عبارة عن حطام تم إلقاؤه من القمر أو من كوكب المريخ نتيجة حصول تأثيرات قوية على هذه الأجسام.

• التاريخ: 12-03-2017

• التصنيف: أسئلة كُبرى

#النظام الشمسي #حزام كايبر #سحابة اورت #سلسلة أساسيات الطيران الفضائي #الحركة داخل النظام الشمسي



#### المصطلحات

- **التدفق الإكليلي الكتلي (Coronal mass ejections):** أو CMEs، هي ثورات مكونة من الغاز والمواد الممغنطة القادمة من الشمس والتي قد تؤدي إلى أضرار مدمرة على الأقمار الصناعية والتقنيات الأرضية.
- **غاليلي، غاليليو (Galileo Galilei):** عالم إيطالي، عُرف عن غاليليو إسهامه الكبير في الفيزياء، و علم الفلك، و الفلسفة العلمية. كما يُعتبر المؤسس الأساسي للعلوم الحديثة. قام غاليليو بتطوير التلسكوب، الذي اعتمد عليه في اكتشاف فوهات على القمر، بالإضافة إلى اكتشاف أكبر أقمار المشتري. أُدين غاليليو من قبل الكنيسة الكاثوليكية بسبب نظريته للكون التي تعتمد على نظرية كوبرنيكوس. المصدر: ناسا
- **الكوكبة (Constellation):** أو البرج (أحياناً)، وفي علم الفلك الحديث، تُشير هذه الكلمة إلى منطقة محددة من السماء داخل الكرة السماوية التي عرّفها وحددها الاتحاد العالمي لعلم الفلك (IAU).
- **الكواكب الصغرى (minor planets):** هو جسم فلكي يدور في مدار مباشر حول الشمس، لكنه ليس بالكوكب ولا يُصنف في الأساس على أنه مذنب.
- **حافة الغلاف الشمسي أو حدود الغلاف الشمسي (Heliopause):** المكان الذي تتوقف فيه كل من الرياح الشمسية، والحقل المغناطيسي للشمس. المصدر: <https://nasainarabic.net/education/articles/view/basics-of-space-flight>
- **الكواكب الخارجية (Exoplanets):** أو الكواكب الموجودة خارج النظام الشمسي.
- **المستوي الشمسي (Ecliptic):** هو مستوي مدار الأرض حول الشمس.
- **الهيدروجين (hydrogen):** أخف العناصر الكيميائية وأكثرها وفرةً. تتألف ذرة الهيدروجين من بروتون و إلكترون. يُؤلف الهيدروجين ما يصل إلى 75% من الكتلة الإجمالية للشمس، لكنه يُوجد على الأرض بنسبة ضئيلة جداً. المصدر: ناسا
- **كلفن (Kelvin):** هي الواحدة الدولية الرئيسية لدرجة الحرارة الترموديناميكية وتُعرف على أنها جزء من 273.16 من درجة الحرارة الترموديناميكية للنقطة الثلاثية للماء. وللحديث بشكل عملي أكثر، يقيس سلم كلفن درجة حرارة الجسم التي تكون فوق الصفر المطلق، وهي درجة الحرارة النظرية الأشد برودةً. على مقياس كلفن، تكون نقطة التجمد للماء 273 كلفن (0 درجة

- سيلسيوس، 0 درجة كلفن) (الكلفن = 273 + سيلسيوس = 273 + 5/9 (فهرنهايت-32)). غالباً ما يتم استخدام سلم كلفن لقياس درجات الحرارة في علوم مثل علم الفلك. المصدر: ناسا
- الأيونات أو الشوارد (Ions): الأيون أو الشاردة هو عبارة عن ذرة تم تجريدها من الكترولون أو أكثر، مما يُعطيها شحنة موجبة. وتسمى أيوناً موجباً، وقد تكون ذرة اكتسبت الكترولوناً أو أكثر فتصبح ذات شحنة سالبة وتسمى أيوناً سالباً
  - الغاز (Gas): أحد الحالات الأساسية الثلاث للمادة. في هذه الحالة تتحرك الذرات، أو الجزيئات، أو الأيونات بحُرّيّة، فلا ترتبط مع بعضها البعض. وفي علم الفلك، تُشير هذه الكلمة عادةً إلى الهيدروجين أو الهيليوم. المصدر: ناسا
  - معهد أبحاث الفضاء في روسيا، و هو تابع لأكاديمية العلوم الروسية. (IKI): معهد أبحاث الفضاء في روسيا، و هو تابع لأكاديمية العلوم الروسية.

## المصادر

- solarsystem
- الصورة

## المساهمون

- ترجمة
  - سومر عادلّة
- مُراجعة
  - شهامة شقفة
- تحرير
  - منير بندوزان
- تصميم
  - أمير علي
  - علي كاظم
- نشر
  - مي الشاهد