الفضاء

من علم فلك الهواة المألوف وحتى سبر أغوار الكون نفسه، نجد أن الفضاء حتمًا هو العلم المنفرد الأكثر إثارة، وإرباكًا للعقل.

بدأت الدراسة العلمية الجادة للكون عام 1609 عندما اخترع العالم الإيطالي ذو جوانب الثقافة المتعددة جاليليو جاليلي التلسكوب الفضائي، وهو جهاز لا تقل الثورة التي أحدثها في علم الفضاء عن الثورة التي أحدثها المجهر في علم الأحياء؛ حيث إنه فتح نافذة على السماوات استطاع من خلالها العلماء بدقة قياس حركة الكواكب البعيدة والأقمار، ومن ثم استنتاج القوانين الفيزيائية التي تحكم دورانها، كما أن فكرة أن الأرض هي مركز النظام الشمسي قد دمرت لتأتي بدلًا منها وجهة نظر مركزية الشمس السائدة الآن.

وبزيادة كفاءة التلسكوبات ووضعها في الفضاء نهائيًا فوق الضباب المعتم لجو الأرض

أصبح العلماء قادرين على توسيع أعينهم المستكشفة إلى أبعد مما كانت، فقد حللوا الضوء المنبعث من النجوم ليحددوا مادة تكوين هذه الأفران السماوية. وكشفت دراسة حركة النجوم عن وجود كواكب في مدارات حول بعض النجوم مثل الكواكب التي تدور حول شمسنا، وفي الوقت ذاته قد يبدأ قياس سطوع المجرات وحركتها في كشف أفعال الكون بشكل أوسع.

وبعد قرون من الملاحظة بدأ البشر الآن يغامرون بالخروج إلى الفضاء لمواجهة ما فيه من عجائب مباشرة. لقد قمنا بزيارة مدار الأرض، والقمر، وفي القريب العاجل سيوجه رواد الفضاء أنظارهم نحو وجهة جديدة ألا وهي كوكب المريخ

سماء الليل

الكوكبات

يملك معظمنا القدرة على ذكر اسم واحدة أو اثنتين من كوكبات النجوم التي تزين السماء ليلًا في أمسية صافية: أوريورن الصياد بحزامه الشهير، أو كوكبة ذات الكرسي الواضحة، أو النمط المتعرج لكوكبة الدب الأكبر والمحراث، أو المغرفة الكبيرة. وقبل ظهور التلسكوبات أو أي طرق تقدم قياسات دقيقة للسماوات صنف علماء الفلك النجوم إلى مجموعات يسهل التعرف عليها وأطلقوا عليها أسماء الأشكال التي اعتقدوا أنها تشبهها- هذه المجموعات هي الكوكبات. لازالت هذه الكوكبات موجودة معنا منذ آلاف السنين؛ حيث أورد فيلسوف القرن الثاني الإغريقي بطليموس ذكر 48 كوكبة من هذه الكوكبات في كتابه "المجسطي". وهناك عدد أقل يرجع إلى تاريخ أقدم من ذلك؛ تحديدًا القرن الثاني عشر ق.م والحضارة السومارية التى كان مقرها العراق حاليًا. وفي الوقت الحالي يبلغ عدد الكوكبات 88 كوكبة بما فيها عدد من الإضافات الحديثة التي أدخلت في الفترة من القرن السادس عشر إلى الثامن عشر ومنها: كوكبة كوكبة الكور(fornax) وتسمى بالإنجليزية (furnace)، وكوكبة أنطاليا ويطلق عليها مفرغة الهواء (the Air Pump).

المجمات

هناك تجميعات غير رسمية للنجوم مرتبطة ارتباطًا وثيقًا بالكوكبات وتعرف باسم المجمات. والمجمة هي تجمع من النجوم التي تكون جزء مشهور من كوكبة أكبر، مثل النجوم الثلاثة في حزام أوريون، والمربع العظيم الذي يسيطر على كوكبة الفرس الأعظم. النجوم التي تتكون منها الكوكبات والمجمات ليست مجمعة معًا إلا في القبة السماوية ثنائية الأبعاد- أما بعدهم عن الأرض في الفضاء ثلاثي الأبعاد فيختلف اختلافًا شاسعًا.

المسافات الكونية

هنا؛ على كوكب الأرض نشعر إلى حد ما بالرضا حيال استخدام وحدات السنتيمتر، والمتر، والكيلومتر، والميل لقياس المسافات، لكن في الفضاء تتضاءل قيمة هذه الوحدات؛

لذا يلجأ علماء الفلك إلى استخدام مجموعة مختلفة من الوحدات. في نطاق النظام الشمسي كان معيار الاختيار هو الوحدة الفلكية (AU) وهي المسافة بين الأرض والشمس، وتساوي 150 مليون كيلومتر (90 مليون ميل)، وبالتالي نقول أن كوكب الزهرة يدور حول الشمس على بعد 0.7 وحدة فلكية، والمشترى على بعد 5.2 وحدة فلكية، لكن عند تتبع مسافات النجوم نجد أن هذه الوحدة لازالت صغيرة جدًا فيستخدم علماء الفلك بدلًا منها وحدة السنة الضوئية، وهي المسافة التي يقطعها الضوء في سنة وتساوي 10 مليار كيلومتر (6 مليار ميل).

الزمن الرجعي

سهل قياس المسافات الكونية باستخدام وحدة السنة الضوئية استيعاب مفهوم فلكي آخر ألا وهو: الزمن الرجعي. يستغرق الضوء المنبعث من أقرب نجم إلى الأرض (بروكسيما سنتوري) 4.2 سنة ليصل إلينا، بالتالي فما نراه هو ما كان عليه هذا النجم منذ 4.2 سنة. أبعد الأجرام التي يمكن رؤيتها بالعين المجردة هي مجرة (المرأة المسلسلة) وهي تبعد عنا مسافة 3 مليون سنة ضوئية وهذا يعني أننا نراها كما كانت تقريبًا في العصر الذي بدأ فيه أول البشر المعاصرين (جنس الهومو- ساپينوس) المشي على سطح الأرض.

الأفق الكونية

يبلغ عمر كوننا حوالي 13.7 مليار سنة، لكن- ربما على عكس ما يقودنا إليه الحدس - لا يعني ذلك أن أبعد ما يمكننا رؤيته يبعد عنا مسافة 13.7 مليار سنة ضوئية كما يمكن أن نتوقع استنادًا على الزمن الرجعي، كان ذلك سيكون صحيحًا لو كان الكون مسطحًا، لكن على نطاقات أوسع نجد أن الفضاء منحني- طبقًا لنظرية النسبية العامة لآينشتاين مما يؤدي إلى تشوه المسافة ويعني ذلك أن

أبعد الأشياء التي يمكننا رؤيتها تبعد عنا فعليًا 46.5 سنة ضوئية، وهذا يسمى أفقنا الكوني، وهو مناظر-على نحو غير دقيق- لأفق الأرض في أن الكون يمتد إلى ما وراء هذا الأفق- إلا أن هذا هو أبعد ما يمكن رؤيته من موضعنا الذي نحتله.

الإحداثيات الكونية

تشكل سماء الليل قبة حول الأرض وبالتالي تكون الطريقة الطبيعية لقياس المواضع على هذه القبة هي استخدام درجات القوس. الجهات المتقابلة من القبة تبعد عن بعضها البعد 180 درجة، أما الأفق فيبعد عن نقطة الذروة (النقطة الواقعة في السماء أعلى رأسك مباشرة) 90 درجة.

يستخدم الفلكيون نوعين رئيسيين من أنظمة الإحداثيات الزاوية لرسم موقع النجم: الأول هو الارتفاع- السمت أو (altaz) الذي يتلخص في قياس زاويتين- ارتفاع النجم(الزاوية من صفر عند الأفق حتى 90 درجة عند الذروة)، وسمت النجم (الزاوية حول الأفق مع اعتبار الشمال صفر والشرق 90 درجة وهكذا)، والمشكلة في إحداثيات (altaz) أنها لا تأخذ في الاعتبار دوران الأرض- لذلك لابد من تصحيح هذه الاحداثيات عن طريق توقيت اليوم لتعطي الموقع المطلق على القبة السماوية، ولهذا السبب يستخدم معظم علماء الفلك بدلًا من ذلك إحداثيات تسمى الإحداثيات الاستوائية: "المطلع المستقيم"، و"الميل"، هما ما يحدد الموضع الزاوي لنجم ما من نقطة ثابتة في السماء- تسمى نقطة الحمل الأولى.

الحجم الزاوي

يمكن لعلماء الفلك استخدام نظام الإحداثيات الكونية الراسخ المستخدم في رسم خريطة القبة السماوية في استنتاج الحجم الزاوي للأجرام السماوية، أو المسافة الزاوية بينهم. على سبيل المثال: الحجم الزاوي لكل من القمر والشمس تقريبًا نصف درجة، بينما تمتد المغرفة الكبرى في كوكبة الدب الأكبر حوالي 26 درجة. ويمكن باستخدام تليسكوب مزود بحامل متدرج قراءة الاحداثيات الزاوية بسهولة وحساب المسافة بين النقاط.

لكن الأمر بالنسبة لمن لم يعاصروا التليسكوب لم يكن بهذه البساطة، فقد كان الفلكيون الذين استخدموا العين المجردة أو المنظار يتبعون قاعدة عامة-- لحساب المسافات السماوية تحديدًا هي أن عرض إبهامهم -عند فرد ذراعهم- يمتد حوالي درجتين، وبالمثل يغطي الإصبع الأصغر حوالي درجة واحدة بينما قبضة اليد كاملة تساوي حوالي 10 درجات.

الإذاعة

إحدى طرق قياس المسافات الكونية تقنية تعرف باسم الإذاعة(اختلاف المنظر)، ولتصلك فكرة هذه التقنية ضع فنجانًا من القهوة على منضدة أمامك، واجث على ركبتيك بحيث تنظر إلى الفنجان من مستوى يكون فيه خط عينيك موازيًا للمنضدة فإذا حركت رأسك من ناحية إلى أخرى سيظهر لك الفنجان وكأنه يتحرك بالنسبة للأشياء الموجود في الخلفية وتقل كمية هذه الحركة كلما أبعدت الفنجان مسافة أكبر، ثم قس هذه الحركة وبذلك يمكنك أن تحدد بعد الفنجان وهذا ما يسمى بالإذاعة. ويمكن استخدام التقنية نفسها في حساب البعد عن نجم ما إلا أن الفلكيين يقيسون الإزاحة الظاهرية لموضع النجم عندما تكون الأرض في جهتين مختلفتين من مدارها حول الشمس بدلًا من تحريك رؤوسهم من ناحية إلى أخرى.

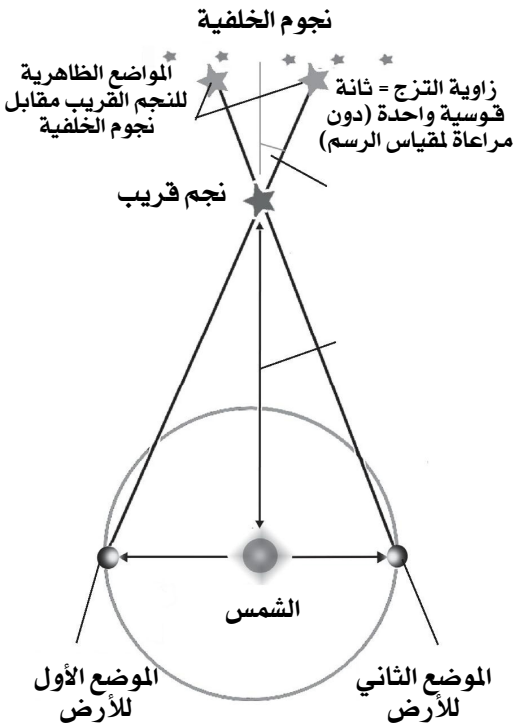
يستخدم الإذاعة النجمي لتعريف وحدة قياس طبيعية للمسافة الفلكية وهي: الفرسخ النجمي حيث يظهر أن النجم الذي يقع على بعد فرسخ نجمي واحد يغير موضعه بمقدار ثانية قوسية واحدة (تساوي 1/ 3600 من الدرجة الزاوية) أثناء تحرك الأرض مقدار وحدة فلكية واحدة، ويساوي الفرسخ النجمي 3.26 سنة ضوئية.

المقدار

يقاس سطوع النجوم والأجرام الفلكية الأخرى بما يسمى مقياس المقدار، والمقدار هو رقم قد يكون موجبًا أو سالبًا؛ وكلما كان المقدار أقل ظهر الجرم في السماء أكثر سطوعًا، فعلى سبيل المثال: مقدار القمر بدرًا يساوي -12.6، ومقدار كوكب المشترى في أفضل

أوقاته حوالي يساوي -2.9. أما مقدار أقل الأجرام المرئية بالعين المجردة وضوحًا يساوي 6.5، وكوكب بلوتو النائي له مقدار خافت جدًا يساوي 13.7.

بني هذا النظام بحيث تكون كل نقطة كاملة من المقدار تساوي 2.5 مرة زيادة في الـسطوع، وهذا ليس جنونًا كما يبدو عليه ففي الوقت الذي وضع فيـه مقيـاس المقـدار (في منتـصف القرن التاسع عشر) كانت هذه هي طريقة استجابة العين البشرية لتغـيرات الـسطوع -كـما كان معتقد-، وفي الواقع يتعامل الفلكيون مع نوعين من المقـدار- المقـدار الظـاهري والمقدار المطلق. المقدار المطلق لجرم ما هـو شـدة سـطوعه عنـد رؤيتـه مـن بعـد 10 فراسخ نجمية؛ أما المقـدار الظـاهري مـن ناحية أخرى فهو الـسطوع الملاحـظ عنـد رؤية الجرم من الأرض(أو أينما كـان عـالم الفلك). أن معرفة كلا المقـدارين: المطلـق والظاهري لنجم ما أو مجرة ما تقدم طريقة أخـرى لحـساب مـسافتها الكونيـة، لأن الأجرام السماوية تصبح أكثر خفوتًـا كلـما كانت أبعد.



القياسات الفلكية

يطلق على فرع علم الفلك الذي يتعامل مع فهرسة المواضع النجمية اسم القياسات الفلكية، فقياس تغيرات موضع ما مع الزمن يكشف معلومات أساسية عن حركة النجوم ومدارات الكواكب، لكن هناك مجالات أخرى للقياسات الفلكية أيضًا.

من هذه المجالات قياس الضوء الذي يهتم بقياس كمية الضوء المنبعثة من جرم سماوي ما، أما التحليل الطيفي فهو أكثر تعقيدًا حيث إنه يتضمن قياس سطوع الألوان المكونة لطيف قوس قزح للضوء المنبعث من نجم ما كل على حدة. هناك عناصر كيميائية معينة تمتص أو

تطلق ضوءًا له ألوان ذات سمات مميزة وبالتالي فإن الانحدارات أو القمم في درجة سطوع هذه الألوان يكون مؤشرًا أكيدًا على وجودها في النجم.

الفلك

المقراب (التليسكوب)

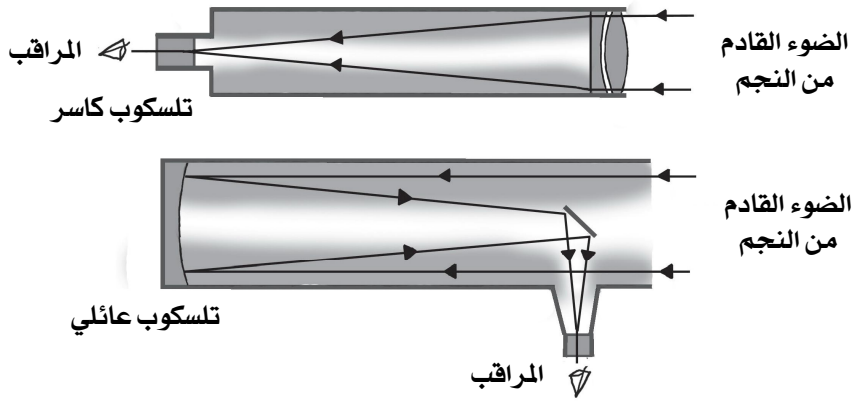
الأداة الرئيسة التي يستخدمها الفلكيون هي التلسكوب البصري، وهو جهاز يستخدم مجموعة من العدسات أوالمرايا،أو كليهما معًا لتركيز الضوء المنبعث من الأجرام السماوية عند عين المراقب. وأهم مواصفات التلسكوب هي "فتحة العدسة": قطر عدسته أو مرآته الأساسية المجمعة للضوء، فكلما كانت أكبر زادت قدرة التلسكوب على تجميع قدر أكبر من الضوء- مما يتيح للفلكي رؤية الأجرام الأكثر خفوتًا. يمكن لتلسكوب المنزل التقليدي ذي فتحة عدسة قطرها 100 مم إظهار الأجرام مقدار 12- وهذا أفضل كثيرًا مقارنة بقدرة عينك المجردة التي تظهر فقط الأجرام حتى مقدار 6.5، وفي الوقت نفسه يمكن للتلسكوب الذي يستخدم على المستوى الفني والذي تكون فتحة عدسته 1 متر إظهار الأجرام حتى مقدار 17 وهو يتمتع بحساسية كافية لإظهار المجرات وأشباه النجوم الخافتة.

التصوير

في هذه الآونة يندر أن يضع الفلكيون المحترفون أعينهم فعليًا على التلسكوب، فقد أصبحت أبحاث الفلك بصفة عامة تجرى باستخدام معدات ملحقة بالتلسكوبات ربما يكون أكثرها شيوعًا هي أجهزة التصوير- الكاميرات. في الماضي كان التصوير الفضائي يتم باستخدام ألواح فوتوغرافية، أما الآن يسجل كل من المراقبين الهواة والمحترفين الصورالتي يحصلون عليها تسجيلًا إلكترونيًا باستخدام أما كاميرا رقمية استهلاكية أو الأداة الفلكية ذات الشحنة – المزدوجة (CCD).

(CCD) هو اختصار للجهاز ذي الشحنة – المزدوجة (Charge coupled device) وهي عبارة عن شبكة من خلايا حساسة للضوء توضع في مكان عدسة التلسكوب، وعندما يوجه التلسكوب إلى نجم مثلًا تنعكس الصورة على شبكة الجهاز الفلكي ذي الشحنة –

المزدوجة (CCD) بدلًا من أن تسقط على عين الفلكي كما كان في السابق، ويتم شحن كل خلية على حسب كمية الضوء الساقطة عليها، وبعد ذلك يمكن قراءة هذه الشحنات من خلال جهاز كمبيوتر- حيث تتحكم الشحنة على كل خلية في شدة سطوع البكسل في الصورة الناتجة.



التلوث الضوئي

القبة السماوية الملاحظة في جوف الليل من منطقة غير مأهولة منظر تفغر له الأفواه - كتلة زاخرة بالنجوم لا يمكن رؤيتها ببساطة عند النظر في محيط حضري، والسبب في رداءة المنظر عند النظر من المدن هو التلوث الضوئي: الطاقة الضوئية الصادرة من مصابيح الشوارع، والمصابيح الأمامية للسيارات ومصادر أخرى يكون من الضروري لطاقتها أن تنبعث إلى مكان ما، فينبعث جزء كبير من هذه الطاقة إلى السماء حيث يشتتها الغلاف الجوي مما يجعل السماء تتوهج، فبساطة تختفي النجوم الخافتة والسحب الكونية التي كانت تبدو جميلة عند رؤيتها من الريف، وهذا الاختفاء بسبب الأضواء. تقام معظم المراقبات الفلكية المحترفة بعيدًا عن المراكز الآهلة بالسكان من أجل التغلب على التلوث الضوئي.

الرؤية

لم يُبتل علماء الفلك بمشكلة التلوث الضوئي فقط بل ابتلوا أيضًا بمشكلة أخرى معروفة باسم الرؤية الفلكية، وتحدث بسبب الإضطرابات التي تجعل المنظر خلال الغلاف الجوي

يتحرك ويومض- كما لو كنت تنظر من خلال ضباب الحرارة المتكون فوق النار، فالإضطراب يتسبب في وميض النجوم. في المرة القادمة التي تخرج فيها في ليلة صافية إلقاء نظرة على السماء ستجد أن النجوم التي في أسفل السماء هي الأكثر وميضًا لأن ضوءها قطع مسافة أكبر خلال الغلاف الجوي المضطرب للأرض أكثر من تلك النجوم الأعلى.

طورت إحدى الابتكارات في التسعينيات للتغلب على مشكلة الرؤية وهي (البصريات التكيفية). توضع شبكة من مضاعفات الحركة تحت المرآة الرئيسة للتلسكوب العاكس، ويطلق شعاع ليزر إلى السماء ويتم قياس الطريقة التي تعرض بها هذا الشعاع للتشوه بسبب اضطراب الغلاف الجوي ثم يتم تزويد مضاعفات الحركة بها والتي تقوم بدورها بتشويه المرآة بالطريقة المناسبة لتصحيح التشوه الحادث في صور التلسكوب،

التلسكوبات الفضائية

أحد الحلول- المتهورة إلى حد ما - لمشكلتي التلوث الضوئي، والرؤية هي تجاوز الغلاف الجوي للأرض تمامًا ووضع التلسكوب في الفضاء. كان عالم الفلك الأمريكي (ليمان سبيتزر) أحد الرواد الذين بحثوا في هذه الفكرة بجدية منذ 1946. بدأت وكالة الفضاء الأمريكية ناسا في البحث حول التلسكوبات الفضائية في الستينيات وكان سبتزر مشتركًا في هذا التطوير، وقد استغرق الأمر حتى عام 1990 ليصل ما يعرف الآن باسم تلسكوب هابل الفضائي إلى مداره.

التليسكوبات الراديوية

الأجرام السماوية لا تشع ضوءًا فقط، فالإشعاعات القادمة من السماء تشمل فعليًا جميع مناطق الطيف الإشعاعي الكهرومغناطيسي. فقد أدت الموجات الراديوية - الواقعة في نهاية الأطوال الموجية الكبيرة- إلى اكتشافات هامة جدًا عن المجرات مثل موت النجوم، أو أصل الكون نفسه.

تتكون التلسكوبات الراديوية الحديثة من طبق عاكس يقوم بتجميع الموجات على مستقبل راديوي موضوع في نقطة بؤرية. هذا الطبق يناظر المرآة العاكسة في التلسكوب البصري إلا أن الأطباق الراديوية لابد أن تكون أكبر كثيرًا من نظيراتها البصرية وذلك لأن طول

الموجات الراديوية أكبر كثيرًا من طول موجة الضوء (تقدر الأطوال الموجية لموجات الراديو بعشرات الأمتار، بينما الضوء أجزاء من المليون من المتر). يمتد أكبر تلسكوب راديوي في العالم- تلسكوب أرِسيبو، في بورتوريكو- 305 متر (1000 قدم)، ما يقرب من ثلث كيلومتر.

قياس التداخل

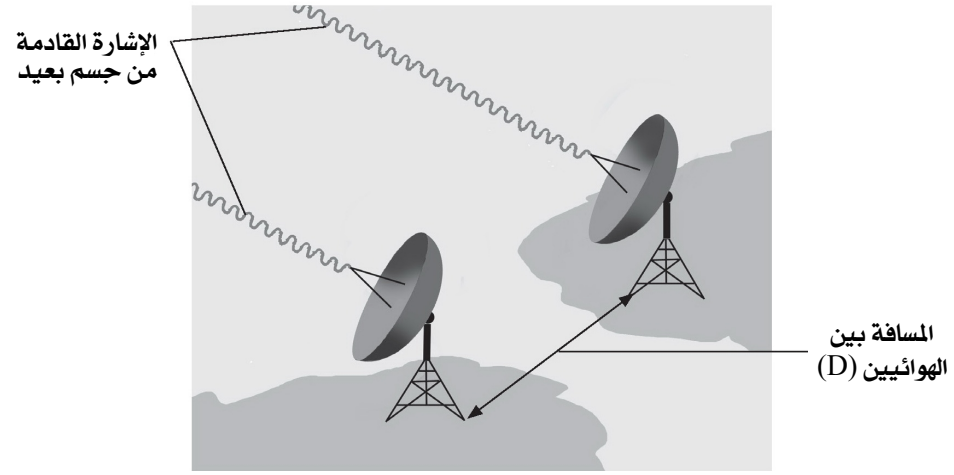
التلسكوبات ذات فتحات العدسة الكبيرة لا تقوم فقط بتجميع ضوء أكثر من إخوانها ذوي الجوف الصغير بل إنه أيضًا كلما زادت فتحة العدسة كانت "دقة" التلسكوب أفضل-أي قدرته على عرض التفاصيل الدقيقة مثل الفوهات الموجودة على سطح القمر، أو الفجوات الموجودة في حلقات زحل. لكن هناك طريقة للتحايل والحصول على صور عالية الدقة دون استخدام تلسكوب كبير وهذه الطريقة هي التقنية المسماة "قياس التداخل"، وتعمل عن طريق تجميع ضوء اثنين من التلسكوبات الصغيرة تفصل بينهما مسافة كبيرة يرمز لها بالرمز (D) للحصول على صور بالدقة التي تتوقع الحصول عليها من تلسكوب واحد فتحة عدسته (D).

اسُتخدم التداخل في بداية الأمر مع الفلك الراديوي، حيث أن الأطوال الموجية الكبيرة تعني الحاجة إلى أطباق راديوية ضخمة من أجل تحقيق دقة عالية، لكن منذ ذلك الحين اختطفت هذه التقنية من أجل التلسكوبات الضوئية أيضًا- وأبرزها التليسكوب الأوربي الجنوبي الكبير جدًا (european southern observatory's very large telescope) بتشيلي.

علم فلك الأشعة تحت الحمراء

أطلقت وكالة ناسا عام 2003 التلسكوب الفضائي سپتزر-نسبة إلى عالم الفلك الأمريكي ليما سپتزر. بينما حقق تلسكوب هابل الفضائي استفادة من وضوح المنظر المذهل أظهر تلسكوب سپتزر واحدة من أعظم مميزات المراصد الفضائية، فالغلاف الجوي المحيط بالأرض يتميز بأنه غير شفاف لبعض الأطوال الموجية للإشعاع الكهرومغناطيسي: بشكل

خاص،يتم امتصاص جزء كبير من طيف الأشعة تحت الحمراء قبل أن تصل إلى سطح الأرض، وبالتالي لا يمكن رؤيتها إلا من الفضاء، وهذا هو ما يفعله تلسكوب سپتزر. الأطياف الأخرى التي لا ترى إلا من الفضاء تشمل: الأشعة السينية، وأشعة جاما، ومعظم الطيف فوق البنفسجي، وهناك أيضًا تلسكوبات فضائية يمكنها رصد ذلك.



الأشعة الكونية

ليست كل الإشعاعات التي تأتي من الفضاء إشعاعات كهرومغناطيسية بطبيعتها، فالجسيمات المعروفة بالأشعة الكونية- ربما على عكس ما هو متوقع - والتي تتكون أساسًا من بروتونات وآيونات قامت الموجات الانفجارية للنجوم، والمجرات النشطة وحتى شمسنا بتسريعها تضرب الغلاف الجوي العلوي للأرض. وتحتوي هذه الإشعاعات الكونية على طاقة هائلة-يمكن لجسيم الإشعاع الكوني الواحد أن يضرب الغلاف الجوي بنفس طاقة ضربة كرة التنس.

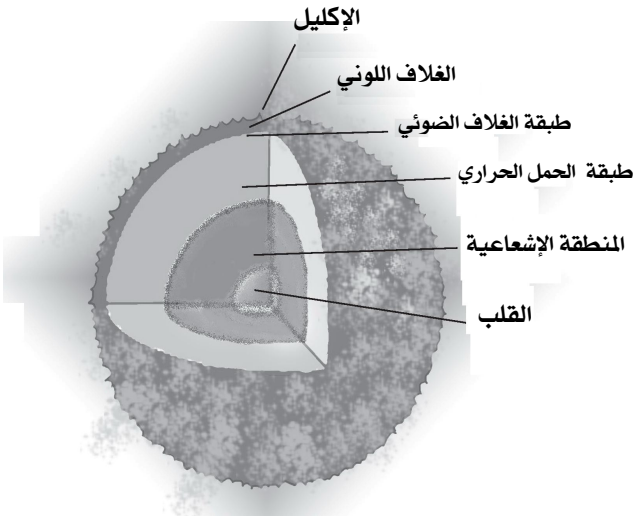
على الرغم من أن جسيم الشعاع الرئيسي نفسه لا يصل إلى سطح الأرض إلا أن تفاعله مع الغلاف الجوي يولد سلسلة من الشظايا-مليارات من الجسيمات الثانوية التي تنهمر إلى الأسفل. ويمكن لما يسمى ب"مراصد الوابل الهوائي" وهي شبكات من متتبعات الجسيمات تغطي مساحات كبيرة من الأرض، ويمكنها تحديد سلسلة الشظايا وإخبار العلماء بطاقة الشعاع الكوني والمسار الذي سبب الشظايا

التلسكوبات الكبيرة للغاية

أكبر تلسكوبات بصرية على سطح الأرض هذه الأيام هي عبارة عن أجهزة عاكسة عملاقة لها مرايا رئيسة قطرها حوالي 10 أمتار، لكن هناك جيل جديد من التلسكوبات في مرحلة التخطيط من شأنها أن تجعل هذه التلسكوبات العملاقة تبدو كالأقزام، ولم يطلق على هذا الجيل اسم التلسكوبات الكبيرة للغاية من باب المزاح بل لأن أقطار مراياها الرئيسة ستكون مساوية لـ 40 متر أو أكثر، وهذه المرايا مقسمة ومكونة من مئات الأشكال السداسية المتشابكة كل منها عرضه متر أو مترين مما يسهل مهمتها في التدعيم ليس هذا فحسب، بل أيضًا تسمح بالتحكم في كل جزء على حدة بحيث يمكن الاستفادة من البصريات التكيفية لمواجهة مشكلة رؤية الغلاف الجوي. وتشير الحسابات إلى أن التلسكوبات من هذا النوع ستكون قادرة على التقاط صور للسماوات بتفاصيل أكثر عدة مرات من الصور التي تلتقطها التلسكوبات الفضائية أن مشروع التلسكوبات الكبيرة للغاية (ELT) الأكثر تقدمًا هو تلسكوب ماجلان العملاق ذو الـ 24.5 متر الذي يتوقع له أن يبدأ العمل عام 2018

النظام الشمسي

الشمس



الـشمس هـي مـصدر القـوة الذي يقع في منتصف المجموعة الشمـسية، حجمهـا يتعـدى مائة ضـعف حجـم الأرض، ووزنها يساوى 300000 مـرة وزن الأرض، وتـضخ طاقـة بمعـــــدل 4*2610 وات (بالتدوين العلمي)- وهو ما يكفي لإنارة 4 مليـون مليـار

مصباح كهربي، وتستمد طاقتها من تفاعلات الاندماج النووي التي تحدث في لبها؛و تصل حرارة لب الشمس إلى درجـة مذهلـة 15 وهـي مليـون درجـة مئويـة (27 مليـون درجـة فهرنهايت)، وهي مرتفعة بدرجة كافية لدمج ذرات الهيدروچين معًا لتكوين الهيليوم.

للشمس تركيب داخلي معقد، ومرتب مثل طبقات البصل؛ حيث تحيط "المنطقة الإشعاعية" التي تنبعث منها الطاقة على هيئة فوتونات بلب الشمس ثم تأتي بعد ذلك طبقة الحمل الحراري حيث تغير الشمس طريقة انتقال الحرارة إلى طريقة أخري هي الحمل، ثم هناك طبقة الغلاف الضوئي حيث تصبح الشمس شفافة وتصبح طاقتها حرة الانتقال في الفضاء مثل الحرارة والضوء، ثم يحيط بذلك طبقة حمراء اللون تسمى الغلاف اللوني، وفي النهاية نجد طبقة الإكليل، وهي غلاف جوي لونه أبيض لؤلؤي من البلازما، حيث تتعدى درجة الحرارة 5 مليون درجة مئوية (9 مليون فهرنهايت).

علم الزلازل الشمسية

لولا وجود مجال الزلازل الشمسية لكان رصد الخصائص الداخلية للشمس صعبًا للغاية، ومجال الزلازل الشمسية هو دراسة موجات الصوت المنتشرة على سطح الشمس. تماما كما يحدث عند قرع جرس فإنه عند تعرض سطح حلقات الشمس لاضطرابات فإن خصائص الصوت، مثل التردد وشدة الصوت، تكشف عن تفاصيل رئيسة عن البنية المكونة لها.

يقوم علماء الفلك برصد الرجفات الشمسية عن طريق قياس سطحها المتموج ثم رسم شكل الموجات على الكمبيوتر حيث يمكن دراستها. والتطبيقات على هذه التقنية متشعبة- مما يتيح لعلماء الفلك تحديد المركبات الكيميائية المكونة للشمس، والحرارة والضغط، والكثافة، والحركة الداخلية أو حتى دراسة الكلف الشمسي الذي يختلف عن كل ذلك. ويرتبط هذا المجال ارتباطًا وثيقًا بعلم الزلازل الفلكية- الذي يبحث في البناء الداخلي للنجوم البعيدة عن طريق قياس تردد الاهتزازات على سطح هذه النجوم باستخدام تلسكوبات قوية.

الكلف الشمسي

الكلف الشمسي هي مناطق باردة نسبيًا على سطح الشمس حيث تهبط الحرارة من 5500 درجة مئوية (9930 درجة فهرنهايت) إلى حوالي 4000 درجة مئوية (7232 درجة فهرنهايت). والسبب في هذا الكلف الشمسي هو عدم انتظام مغناطيسية الشمس مما يعيق طبقتها الحاملة في مناطق صغيرة، وهذا يقلل كمية الطاقة المارة خلال كل منطقة من هذه المناطق الصغيرة ويتسبب في انخفاض درجة حرارتها مؤقتًا. يظهر الكلف الشمسي غالبًا في مجموعات صغيرة تستمر لأسابيع قليلة. عدد الكلف الشمسية المرئية عند أي وقت يتغير خلال دورة مدتها 11 سنة.

على عكس ما قد يقود إليه الحدس، فإن وجود الكلف الشمسية الباردة هو إشارة إلى أن درجة حرارة الشمس تزداد،لأن الإضطرابات المغناطيسية التي تسبب الكلف تصدر أيضًا توهجات وأنواع أخرى من الأنشطة الشمسية المركزة. وخلال فترة سبعين عامًا في نهايات القرن السابع عشر وصل عدد الكلف الشمسي إلى نقطة منخفضة سميت بعد ذلك بالعصر الجليدي المصغر)، وقد تزامنت مع فترة البرد القارس على كوكب الأرض المعروف باسم العصر الجليدي الصغير.

النشاط الشمسي

يمكن لاختلافات مغناطيسية الشمس أن تؤدي إلى مجموعة من الآثار العنيفة على سطح الشمس والتي يصنفها علماء الفلك على أنها"نشاط شمسي"، وأكثرها شيوعًا هي التوهجات الشمسية، والانبعاثات الكتلية الإكليلية (CMEs). والتوهجات الشمسية هي إضاءات مفاجئة ومكثفة من مناطق صغيرة على سطح الشمس تحدث عند تحرير الطاقة المتراكمة في المجالات المغناطيسية المتشابكة للشمس فجأة. يمكن للوهج الواحد أن ينتج طاقة تساوي الطاقة التي تنتجها ملايين القنابل الهيدروجينية.

أما انبعاثات الكتل الإكليلية فهي مجموعة من الجسيمات المشحونة يطلقها النشاط المغناطيسي من طبقة الإكليل المستعرة على مدى ساعات قليلة. يطلق الإكليل في الوضع النموذجي حوالي 1000 مليار كجم من المواد، وعادة ما تصاحب الانبعاثات الكتلية

الإكليلية التوهج الشمسي لكنه يمكن أن يحدث منفردًا أيضًا. يمكن للدفعات الإشعاعية التي تصاحب التوهج أو الانبعاثات الكتلية الإكليلية أن تتلف المعدات الإلكترونية الموجودة على سطح سفينة فضائية أو حتى هنا على سطح الأرض، والأكثر خطورة أن هذه الإشعاعات تشكل خطرًا مميتًا على رواد الفضاء في البعثات بين الكواكب-خارج الفقاعة الوقائية للمجال المغناطيسي للأرض. يقع رصد النشاط الشمسي والتنبؤ به وتأثيره على الفضاء القريب من الأرض تحت مظلة مصطلح "الطقس الفضائي".

الرياح الشمسية

حتى عندما لا تكون الشمس نشطة بصفة خاصة يظل هناك تدفق مستمر للجسيمات الخارجة من طبقة الإكليل إلى الفضاء الخارجي- ويسمى ذلك بالرياح الشمسية. وتحدث هذه الرياح نتيجة سخونة طبقة الإكليل، فطبقًا لنظرية الحركة في الغازات فإنه كلما كان الغاز أكثر دفئًا تحركت الجسيمات المكونة له أسرع. طبقة الإكليل ساخنة جدًا لدرجة أن جزء صغير من جسيمات البلازما المكونة لهذه الطبقة- وهي عدة إلكترونات وبروتونات ذرات متأينة- ستتحرك أسرع من سرعة هروب الشمس.

تتحرك الرياح الشمسية من طبقة الإكليل بسرعة 400 كم لكل ثانية (تقريبًا مليون متر في الساعة) ويمكن رؤية آثارها في ذيول المذنبات (مما يجعلهم يتحركون بعيدًا عن الشمس) وفي تكوين ظاهرة الشفق المذهلة.

الشفق

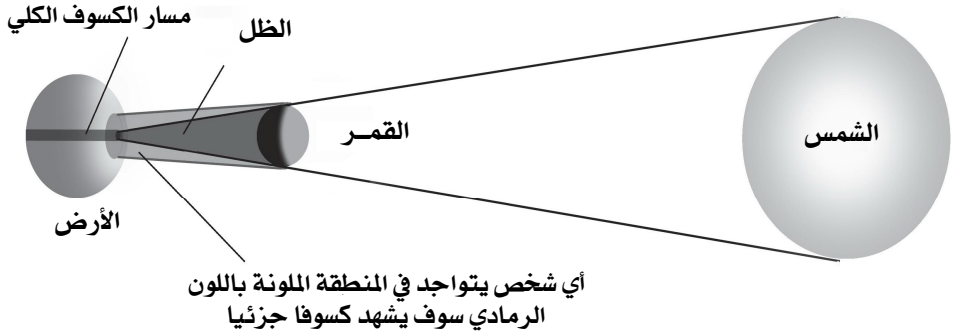
تنتج جسيمات الرياح الشمسية التي تضرب الغلاف الجوي العلوي بعنف عروضًا ضوئية أخاذة تعرف باسم الأضواء الشمالية والجنوبية- الشفق. وتحمل الرياح الشمسية مع هذا الشفق بعض المجال الكهرومغناطيسي للشمس، وعندما تكون الظروف مواتية يمكن لهذا المجال أن يتفاعل مع المجال المغناطيسي للأرض مطلقًا جسيمات رياح شمسية عالية السرعة على الأقطاب المغناطيسية للكوكب، وتصطدم هذه الجسيمات مع ذرات الغاز في الغلاف الجوي مما يؤدي إلى امتصاص الإلكترونات طاقة من جسيمات الرياح الشمسية مما

يؤدي إلى انتقالها إلى مستويات طاقة أعلى، وتعود الإلكترونات بمرور الوقت إلى مداراتها مطلقة إشعاعات مغناطيسيةعلى شكل ضوء له ألوان مميزة تعتمد على نوع الغاز الموجود، على سبيل المثال، ينبعث من ذرات الأكسچين اللونان الأحمر والأخضر الفاتح بينما ينبعث من النيتروچين اللونان الأزرق والبنفسجي. لا يحدث الشفق على الأرض فقط فقد رصد علماء الفلك وجود الشفق في العالمين الضخمين للغازات: المشترى وزحل.

كسوف الشمس

ربما يكون الكسوف الكلي للشمس هو الحدث الفضائي الأروع على الإطلاق والذي يأمل كل شخص في رؤيته من الأرض(لكن كن حذرًا واستخدم وسيلة مناسبة لحماية العين- حيث أن رؤية الشمس بالعين المجردة قد تتلف بصرك). يمر القمر مباشرة بين الأرض والشمس ملقيًا ظله الذي يجتاح سطح الأرض.و يرى أي شخص في مسار الظل وجه الشمس متآكلًا تدريجيًا بسبب قرص القمر المظلم الذي لا يترك إلا طبقة الإكليل التي تصدر وهجًا شبحيًا، أما الراصدون الذين لا يكونون في مسار الظل يمكنهم رؤية كسوف جزئي حيث يكون جزء فقط من الشمس مظلمًا.

يمكن رؤية الكسوف الكلي من مكان ما على سطح الأرض تقريبًا مرة كل ثمان عشر شهرًا. أننا محظوظون للغاية لكون الحجم الزاوي للشمس والقمر عند رؤيتهما من الأرض متطابق ولولا ذلك لما كان حدوث الكسوف التام ممكنًا.



خسوف القمر

عندما تمر الأرض بين الشمس والقمر يكون بإمكان علماء الفلك في المكان المناسب على الكوكب رؤية ظل الأرض يتقاطع مع سطح القمر-في ظاهرة رائعة تعرف باسم خسوف القمر. هناك خسوف جزئي وخسوف كلي- اعتمادًا على مقدار ما يقع في ظل الأرض من سطح القمر. ويمكن أيضًا أن تختلف أيضًا مستويات الظلمة التي تحدث في الخسوف الكلي اختلافات كبيرة: فأحيانًا يختفي القمر تمامًا عند حدوث الخسوف الكلي، بينما يتخذ في أوقات أخرى لونًا أحمر نحاسيًا- وهو لون يسببه ضوء الشمس الذي الذي اجتاز الغلاف الجوي للأرض، حيث أن هناك كمية كبيرة من الغبار المنتشر في غلاف كوكبنا والذي يشتت الضوء الأزرق تاركًا فقط الأضواء الحمراء والبرتقالية، ويمكننا رؤية نفس التأثير عندما تكون الشمس في أسفل السماء- عند الغروب مثلًا.

العبور

يحدث العبور عندما يمر كوكب ما أمام الشمس ويرى المراقبون خيال الكوكب كنقطة سوداء تزحف على سطح الشمس. أننا هنا على سطح الأرض لا نأمل إلا في رؤية عبور كوكبي عطارد والزهرة؛ لأن الأجرام العابرة لابد أن تمر بين المراقب والشمس، لكن عالم الفلك الذي سيصل مستقبلًا إلى المريخ سيكون بإمكانه رؤية عبور الأرض.

تستخدم كلمة"عبور"(transit) أحيانًا في الفلك لوصف مرور كوكب ما أو مرور القمر أمام أجرام سماوية أخرى غير الشمس، وبالتالي يكون ممكنًا رؤية عبور قمر (آيو) التابع للمشترى أمام هذا الكوكب العملاق. إذا كان الجرم السماوي العابر أكبر من الجرم السماوي الذي يعبر أمامه- بحيث يكون الجرم الأبعد مختفيًا تمامًا- يطلق على هذا الحدث "الاحتجاب" بالتالي فإن قمر آيو يحدث له احتجاب بعد فترة قصيرة من عبوره بالمشترى لأن مداره سيأخذه خلف الكوكب.

قانون تايتيس- بود

قانون تايتيس-بود هو صيغة رياضية للتنبؤ بنصف قطر مدار الكواكب في النظام

الشمسي، وهو صيغة تجريبية أي أنها لا أساس لها في قوانين الفيزياء، فهي ببساطة مبنية لتلائم بيانات مرصودة، وتقول الصيغة الحديثة للقانون أن بعد كل كوكب عن الشمس مقاسًا بالوحدة الفلكية يعطى بالعلاقة 0.4+(K*0.3) حيث K عدد صحيح، وإذا كانت K متسلسلة لقوى العدد 2 (0، 1، 2، 4، 8، 16، 32 وهكذا)، فإن العلاقة تعطي بدقة نصف قطر مدار كل كوكب(باستثناء نبتون الذي يقع على مسافة أقرب مما يتوقع القانون بحوالي 9 وحدات فلكية).

نشر هذا القانون –الذي سمي بهذا الاسم نسبة إلى عالمي الفلك الألمانيين (يوهان دانيال تايتيس)، و(يوهان إليرت بود)– لأول مرة عام 1768 قبل ثلاث عشر عامًا من اكتشاف كوكب أورانوس الذي نجح القانون في تنبؤ مداره بشكل صحيح.

الكوكب	k	المدار الذي تنبأ به قانون تايتيس بود مقاسًا بالوحدة الفلكية	المدار الفعلي مقاسًا بالوحدة الفلكية
عطارد	0	0.40	0.39
الزهرة	1	0.70	0.72
الأرض	2	1.00	1.00
المريخ	4	1.60	1.52
حزام الكويكبات	8	2.80	2.80
المشترى	16	5.20	5.20
زحل	32	10.0	9.54
أورانوس	64	19.6	19.2
نبتون	-	-	30.1

نقاط لاجرانج

استخدام جاذبية نيوتن لحساب مجال الجذب الناتج عن نجم أو كوكب منفرد أمر سهل نسبيًا، لكن ماذا يحدث إذ كان لدينا مصدر جذب؟ هذه مسألة معقدة إلا أن عالم الرياضيات الفرنسي الإيطالي جوزيف لويس لاجرانج استنبط الإجابة عام 1772، وكانت

السمة الأساسية لحله هي وجود خمس نقاط في الفضاء تتلاشى فيها قوتا جذب مصدرين لبعضهما البعض إلى حد ما، لننظر إلى النظام الأرضي الشمسي على سبيل المثال نجد أن الجسم الواقع على الخط الذي يصل بين الأرض والشمس يشعر بقوتهما تجذبانه في اتجاهين متضادين، والموضع الدقيق للجسم مهم للغاية- فإذا كان قريب جدًا للأرض فإنه يسقط فيها، وإذا كان قريبًا جدًا للشمس فإنه يسقط فيها بدلاً من ذلك، وهناك نقطة بينهما يكون فيها الجسم على نفس المسافة من الشمس ويدور متوافقًا مع الأرض وتعرف هذه النقطة بنقطة لاجرانج الأولى واختصارها(L1)

هناك أربع نقاط أخرى تأخذ التسميات من L2 إلى L5 وهي تعطي شكل صليب خلال النظام الأرضي الشمسي. النقاط من L1 إلى L3 لا تتمتع بالثبات، بمعنى آخر، إذا قمت بدفع جسم موجود عند هذه النقاط فسيستمر في الانجراف بعيدًا أما النقطتين L4، وL5 فهما ثابتتان، وهناك مجموعات من الكويكبات تقع عند هاتين النقطتين مثل: كويكبات طروادة في نظام المشترى-الشمس.

الكويكبات

تعرف الأجسام الصخرية التي تحوط المجموعة الشمسية باسم الكويكبات، وهي أصغر كثيرًا من أن تصنف ضمن الكواكب فهي تتراوح ما بين صخور تشغل عشرات الأمتار وحتى جبال طائرة تمتد لآلاف الكيلومترات. يمكن أن تتواجد ملايين منها في حزام الكويكبات الرئيسي الذي يدور حول الشمس بين كوكبي المريخ والمشترى، لكن هناك مجموعات منها أيضًا تشغل مناطق أخرى، فمثلًا كويكبات طروادة تتجمع عند نقطتي لانجرانج الرابعة والخامسة لكوكب المشترى L4 وL5. وفي الوقت نفسه هناك كويكبات (فولكانويد) الافتراضية التي يعتقد أنها تطوف حول الشمس داخل مدار كوكب عطارد. وقد وجد أن بعض الكويكبات لها أقمار ضئيلة مشوهة تدور في مدارات حولها، وأول هذه الأقمار قمر (داكتيل) وهو قمر حزام الكويكبات الرئيسي (إيدا)، ويشغل حوالي كيلومتر واحد واكتشفته ناسا باستخدام مسبار كواكب جاليليو عام 1994.

وهناك كويكبات تمر خلال الأرض، وهي تلك الكويكبات التي تقودها مساراتها إلى مدار

الأرض، وهذه الأجرام تشكل خطرًا على كوكبنا؛ فمن المعتقد أن منذ 65 مليون سنة مضت ضرب كويكب طوله 10 كم (6 أميال) (أو ربما مذنب) شبه جزيرة يوكتان في المكسيك، وتسبب هذا الانفجار في موجات مد وأضرار بيئية يعتقد بشكل عام أنها كانت السبب وراء انقراض الديناصورات، ولهذا السبب يدير عدد من علماء الفلك حول العالم مشروعات لاكتشاف وتصنيف الكويكبات التي تمر عبر الأرض، ويهدف هؤلاء العلماء إلى تتبع نسبة 90٪ من الكويكبات التي تتجاوز أحجامها 1 كم (0.6 أميال) ويقع هذا العمل تحت مظلة حماية الفضاء.

المذنبات

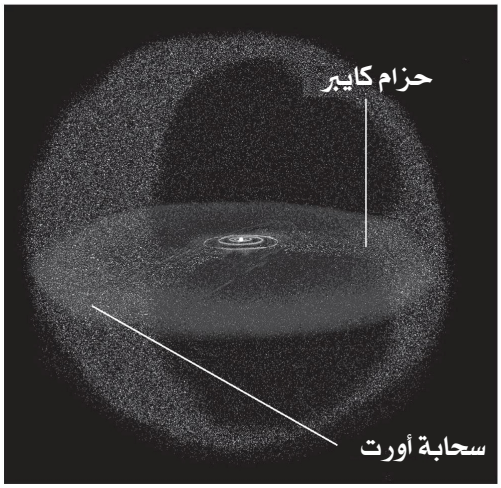
ولتكملة الكويكبات الصخرية، نجد النظام الشمسي موطنًا أيضًا لجسيمات جليدية جائلة تعرف باسم المذنبات ويتراوح حجمها بين مئات الأمتار وحتى بضع عشرات من الكيلومترات، وتنقسم إلى مذنبات قصيرة الأمد تكمل دورتها حول الشمس مرة كل 200 سنة أو أقل، ومذنبات طويلة الأمد والتي تظهر على فترات أكثر من ذلك، وهناك المذنبات أحادية الظهور التي يكون لها مسار واحد فقط خلال المجموعة الشمسية الداخلية قبل أن تختفي في الفضاء مرة أخرى ولا تظهر مجددًا أبدًا.

عندما يدخل المذنب إلى النظام الشمسي الداخلي تعمل حرارة الشمس على تبخير سطحه الجليدي مكونة ذؤابة ضبابية تحيط بالمذنب، وتيار من الجسيمات التي تتبع المذنب على شكل ذيل رائع. وفي الحقيقة معظم المذنبات لها ذيلان: ذيل غازي تدفعه الرياح الشمسية مباشرة بعيدًا عن الشمس، وذيل غباري يقع في مكان ما بين الذيل الغازي والاتجاه الذي أتى منه المذنب.

حزام كايبر

حزام كايبر هو قرص من الكويكبات الجليدية التي تدور حول الشمس بعد كوكب نبتون، وقد سميت بهذا الاسم نسبة إلى عالم الفلك الهولندي الأمريكي جيرارد كايبر الذي افترض وجودها عام 1951. واكتشف علماء الفلك في هاواي عام 1992 أول جرم في

حزام كايبر- أو بمعنى أصح أول جسيم يعرف بأنه ضمن حزام كايبر. ويعتبر معظم الفلكيين الآن بلوتو الذي اكتشف عام 1930 أحد أجرام حزام كايبر الكبيرة وبالفعل حدا هذا الاعتبار ببلوتو والأجرام الكبيرة الأخرى المنتمية للحزام إلى أن يعاد تصنيفها ككواكب قزمة عام 2006. في الوقت الحالي هناك أكثر من 70 ألف جرم معروف من أجرام كايبر. أحيانًا تتسبب جاذبية الكواكب العملاقة وخاصة تلك التي تقع على مقربة من نبتون في نزع أجرام الحزام خارجه ودفعها إلى مدارات قوسية في أعلى المستوى المنصف للنظام الشمسي، ومن المعتقد أن هذه الأجرام المشتتة هي المصدر الأساسي للمذنبات قصيرة الأمد. أما المذنبات طويلة الأمد والمذنبات أحادية الظهور فهي تنشأ خارج الحزام في سرب يعرف باسم سحابة أورت التي تحيط النظام الشمسي على بعد 50000 وحدة فلكية.



الشهب Meteors

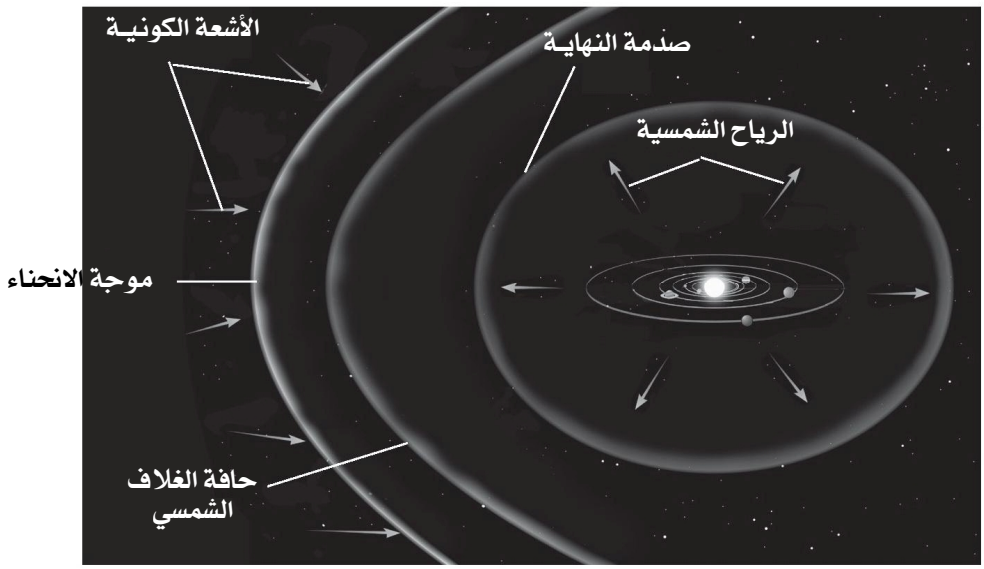
تعرف الأجزاء الصغيرة من المادة في الفضاء والتي يقع حجمها بين حجم ذرة الغبار وحجم الصخرة الصغيرة باسم "الشهب". الأمر المثير للدهشة أن ملايين من هذه الشهب يسقط في الغلاف الجوي للأرض ويحترق كل يوم مكونًا شرائط لامعة قصيرة الأمد في سماء الليل- تسمى شهب أو نيازك. أحيانًا يكون الشهاب كبير جدًا لدرجة تجعله لا يحترق بالكامل فيصل جزء منه إلى سطح الأرض وعندئذ يطلق عليه اسم نيزك (رجم).

تأتي الشهب في نوعين: الشهب الفرادى، وهي تلك التي تحدث عشوائيًا، ووابل الشهب الذي يحدث عندما يحمله مدار الأرض خلال تدفقات معروفة من بقايا الغبار الذي خلفته المذنبات. على سبيل المثال وابل شهب الوارشبات الذي يحدث في شهر أغسطس من كل عام بسبب مادة تطلق في أعقاب ظهور مذنب سويفت تتل.

الغلاف الشمسي

تشكل الرياح الشمسية فقاعات عملاقة تحيط بالنظام الشمسي كله مما يؤدي إلى حمايته من الفضاء بين النجمي القاسي، ويسمى ذلك بالغلاف الشمسي. يعمل تيار جسيمات الرياح الشمسية المشحونة والمجالات المغناطيسية المصاحبة لها على صد الأشعة الكونية عالية الطاقة وكذلك الجسيمات السريعة للرياح النجمية الأخرى.

هناك ثلاثة مكونات رئيسة للحدود الخارجية للغلاف الشمسي: "صدمة النهاية" هي النقطة التي تبدأ فيها الرياح الشمسية بالخروج عن التدفق وتقليل سرعتها من سرعة تفوق سرعة الصوت إلى سرعة أقل من سرعة الصوت؛ حيث تصطدم الرياح بمادة الوسط البين نجمي المسمى "حافة الغلاف الشمسي"، وفي النهاية نجد "الانحناء الصدمي" وهو موجة ضغط تسبق حركة النظام الشمسي - خلال المجرات - مثل الانحناء الموجي في مقدمة السفينة.



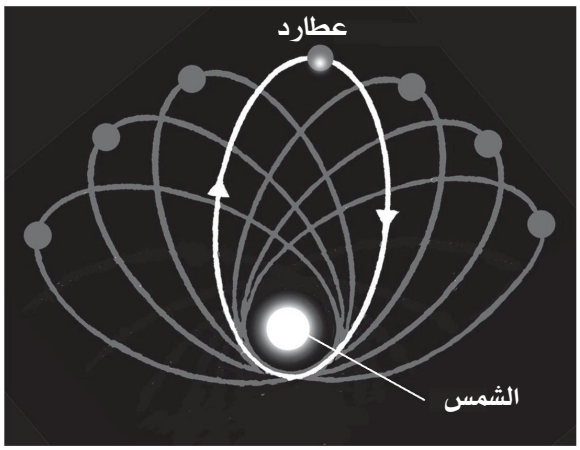
الكواكب

تكون الكوكب

يعتقد أن الشمس والنظام الشمسي منذ 4.6 مليار سنة مضت تكثفا من سحابة جزيئية ضخمة، هي سحابة شاسعة من جزيئات الهيدروچين انهارت بسبب جاذبيتها. وظلت تدور بخفة وتزيد من سرعتها كلما صغر حجم السحابة، وأوقفت قوة الطرد المركزية المولدة بالدوران فجأة انهيار السحابة في بعدين من أبعادها الثلاثة لتكون قرص كوكبي دائرًا مسطح. وأثناء نمو الشمس الچنينية في مركز القرص بدأت الكواكب في التشكل خلاله كجسيمات غبارية اصطدمت ببعضها، وتجمعت مكونة حصوات، ثم صخور/ ثم كبرت بفعل الجاذبية

تكونت على مقربة من الشمس بغازاتها المنفجرة بسبب حرارتها المرتفعة الكواكب الكونية الصخرية، لكن بعد ذلك هدأت الحرارة قليلًا فتمكنت الغازات والأجسام الجليدية من التواجد والاندماج ونمت الكواكب العملاقة لتصبح ما هي عليه الآن. يعرف مخطط تكون المجموعة الشمسية الذي ذكرناه باسم النظرية السديمية، ويشهد علماء الفلك حدوث نفس العملية في السحب المكونة للكواكب على بعد عدة سنوات ضوئية

عطارد



كوكب عطارد أقرب كواكب المجموعة الشمسية من الشمس، يكمل دورته حولها مرة كل 88 يوم، وهو كوكب مقسى من حرارة الشمس، تبلغ درجة حرارته نهارًا 430 درجة مئوية (806 فهرنهيت)، لكن لأن كوكب عطارد ليس له غلاف جوي يحيط

به فليس في استطاعته الاحتفاظ بهذه الحرارة مما يعني أن درجات الحرارة ليلًا تكون قارسة البرودة حيث تهوي إلى -170 درجة مئوية (-274 فهرنهيت). أما سطح كوكب عطارد فيشبه سطح القمر-سطح بارد مليء بالحفر، قامت بعثة الفضاء مارينر 10 بتصويره عن قرب لأول مرة في منتصف السبعينيات، وأحدث صور له كانت عام 2008 والتي التقطها مسبار ميسنجر. لقد كان مدار عطارد أحد أول الاختبارات التجريبية لنظرية النسبية العامة لآينشتاين. وكان علماء الفلك في القرن الـ 19 قد لاحظوا أن أثناء دوران عطارد حول الشمس فإن الشكل الكلي للمدار الإهليلجي يدور أيضًا بحيث يمر الكوكب بمرور الزمن على مسارات فضائية تشبه البتلة، وفشلت جاذبية نيوتن في تفسير التغير في محور دوران كوكب عطارد (perihelion precession) ؛ لكن حسابات نظرية آينشتاين طابقت الملاحظات تمامًا.

الزهرة

غالبًا ما يوصف كوكب الزهرة بأنه شقيق كوكب الأرض بسبب إنه يزن حوالي أربع أخماس وزن الأرض وحجمه تقريبًا يساوي حجمها. ويعتقد الكثير من العلماء أن التشابه بين الكوكبين يمتد إلى ما هو أعمق من ذلك، وأن كوكب الزهرة سبق أن تمتع بمناخ معتدل وماء سائل على سطحه، أما الواقع الآن مختلف تمامًا، فكوكب الزهرة الحالي عبارة عن جو كثيف من ثاني أكسيد الكربون الذي يسبب احتباسًا حراري يحتجز الإشعاعات القادمة من الشمس مما يرفع درجة حرارة الكوكب إلى درجة مستعرة تساوي 460 درجة مئوية (860 فهرنهيت)، وهي درجة تكفي لإذابة الرصاص، وهي أعلى من درجة حرارة عطارد على الرغم من أن الزهرة أبعد من عطارد عن الشمس.أما الضغط على سطح الزهرة فهو يساوي 93 مرة الضغط على سطح الأرض- مقارنة بأعمق خنادق المحيطات.

على الرغم من كل ذلك يتكهن عالم وكالة ناسا، ديفيد جرينسبون بأن من الممكن أن توجد حياة على سطح الزهرة، حيث أن على مستويات أعلى للكوكب، حوالي 50 كم (31 ميل) إلى الأعلى يهبط الضغط والحرارة إلى مستويات تشبه المستويات على سطح الأرض إلا أن في حقيقة الأمر يظل الغلاف الجوي لهذا الكوكب سامًا -ستحتاج إلى قناع للتنفس، لكن

هذا الكوكب هو الكوكب الوحيد في المجموعة الشمسية غير الأرض الذي لا تحتاج فيه إلى بدلة فضائية.

الأرض

كوكبنا هو ثالث كواكب المجموعة الشمسية. ولأنه هو عالمنا الذي نعرفه جيدًا فقد أصبح كل من حرارة سطحه، وضغطه وقطره (12700 كم/ 7890 ميل) وكتلته (2410* 6كجم)، وطول اليوم الأرضي والسنة الأرضية هي المعايير التي نقيس عن طريقها الكواكب الأخرى. الاسم اللاتيني للأرض هو (terra)، وتعرف الكواكب الشبيهة بالأرض- ومنها عطارد والزهرة والمريخ باسم العوالم الأرضية. وكوكب الأرض هو الكوكب الوحيد في النظام الشمسي الذي نعلم على وجه اليقين أن هناك حياة على سطحه، وترجع إمكانية الحياة على كوكبنا إلى مجموعة من العوامل الملائمة للحياة؛ فدرجة حرارة سطح الأرض تقع ضمن النطاق المناسب الذي يسمح للماء بالتواجد في الصورة السائلة، كما أن له قمرًا تابعًا يجعل دورانه مستقرًا مما يؤدي بدوره إلى استقرار البيئة، ولكوكبنا أيضًا مجال مغناطيسي يصد الإشعاعات المضرة القادمة من الفضاء.

القمر

يدور القمر حول الأرض على بعد حوالي 610000 كم (380000 ميل)، ويساوي قطره ما يزيد قليلًا عن ربع قطر الأرض، وجاذبيته حوالي سدس الجاذبية التي تشعر بها أنت أثناء قراءتك لهذا الكلام. وتنقسم التضإيريس السطحية مابين الهضاب الساطعة الوعرة، والسهول القمرية المظلمة والمنبسطة-بحار القمر؛ وهي مساحات واسعة من حمم متجمدة. ويعتقد أن قمرنا قد تكون أثناء تأثير حدث هائل يسمي الاصطدام العملاق. من وجهة نظر هذا الاعتقاد فإن هناك جسم بحجم كوكب المريخ قد اصطدم بالأرض، وحدث انفجار هائل منذ حوالي 4.5 مليار سنة وتكون القمر من اندماج بقايا الانفجار.

عندما تكون القمر حديثًا كان يدور بسرعة كبيرة؛ فكبحت جاذبية الأرض من هذه السرعة، ومنحتنا قمرًا مُقيّدا مديّاً- مما يجعل وجه القمر المواجه للأرض هو الوجه نفسه

دائمًا، ولهذا السبب عندما يكون القمر بدرًا-بمعني إنه يكون مباشرة في قبالة الأرض من ناحية الشمس- سترى دائمًا نفس الظل المألوف لرجل القمر.

المريخ

يدور المريخ حول الشمس على بعد حوالي 1.5 وحدة فلكية، ويعرف شعبيًا بالكوكب الأحمر، والسبب وراء درجة اللون القرمزية إلى نسبة الحديد في تربته وصخور سطحه- الكوكب حرفيًا صدئ تمامًا ويزيد قطره عن نصف قطر الأرض وجاذبيته تساوي تقريبًا ثلث جاذبيتها، ولكوكب المريخ مناخ نشط تتخلله فصول وظواهر للطقس مثل العواصف الترابية، والأعاصير مثل إعصار" شياطين الغبار" الذي تم تصويره. ولهذا الكوكب قمران تابعان هما: فوبوس، وديموس.

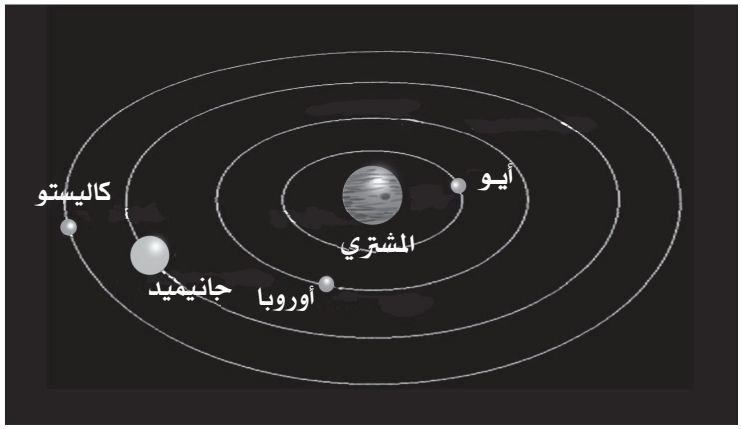
وقد وجد مسبار الفضاء فينيكس ماءً متجمدًا على سطح المريخ عندما هبطت عليه عام 2008، فحرارة الكوكب المنخفضة، وضغطه يجعل من وجود الماء في صورة سائلة غير محتمل على الرغم من أن العلامات الكيميائية وعلامات تآكل السطح تشير إلى أن الكوكب كان مكانًا رطبًا في الماضي مما يؤجج الجدل حول وجود حياة في الماضي أو حتى في الحاضر على الكوكب إلا أن بيئة المريخ الباردة القاحلة تعني أن الميكروبات فقط هي التي تستطيع أن تحيا على سطحه الآن.و ليس أي كائنات متطورة أخرى.

المشترى

هو عملاق المجموعة الشمسية الذي يبلغ حجمه عشرة أضعاف حجم الأرض ويزن أكثر من 300 ضعف وزنه، وهو كوكب غازي عملاق فبنائه يختلف كثيرًا عن الكواكب الشبيهة بالأرض التي يطلق عليها الكواكب الأرضية التي تدور في مدارات أقرب إلى الشمس من مدار المشترى. فهو يتكون أساسًا من غازي الهيدروچين والهيليوم.

يشتهر كوكب المشترى ببقعته الحمراء الكبرى- نظام عاصفي دوامي كبير بما يكفي لابتلاع عدة كواكب مثل الأرض-وهناك عواصف أخرى أصغر تهيج خلال أحزمة الغاز المعاكسة للدوران. ولهذا الكوكب 63 قمرًا معروفًا؛ أكبر أربعة هم: أيو، وأوروبا،

وكاليستو، وجانيميد- وتعرف باسم أقمار جاليليو؛ لأن العالم الإيطالي جاليلو متعدد جوانب الثقافة هو من اكتشفها باستخدام أحد أوائل التلسكوبات الفضائية منذ 400 عام، ويمكن رؤية هذه الأقمار من الأرض باستخدام المنظار وتظهر على هيئة ثقوب ضوئية على جانبي الكوكب. قمر أيو هو أقرب الأقمار الأربعة، فهو يدور على مقربة من الكوكب العملاق ويخضع لسحق وضغط مستمرين بفعل القوى المدية لجاذبية المشترى وينتج عن ذلك تأثير حراري يجعل من أيو المكان البركاني الأول في النظام الشمسي حيث يوجد على سطحه أكثر من 400 بركان نشط.



زحل

الكوكب السادس بعدًا عن الشمس-وثاني أكبر كوكب، بعد المشترى- هو العالم الغازي العملاق "زحل" الذي يدور حول الشمس على بعد 10 وحدات فلكية، ويتكون أساسًا من غازي الهيدروچين والهيليوم.

يظهر نظام حلقات زحل الرائع الذي يتكون من حلقات قطرها 360000 كم (223994 ميل)، وسمك 20 كم فقط (12.4 ميل) مثل حد السكين من على بعد كبير عن الكوكب، وتتكون هذه الحلقات من قطع جليدية صغيرة في مدار حول الكوكب. وللكوكب 61 قمرًا معروفًا، أكبرها تيتان وحجمه أقل قليلًا من نصف حجم الأرض ومحاط بجو كثيف من النيتروچين، وهناك العديد من التخمينات حول ما يوجد تحت ضباب تيتان الغامض-ومنها بحيرات الميثان السائل، أو حتى حياة، لكن عندما هبط مسبار وكالة

الفضاء الأوروبية هويجينز على سطحه عام 2004 لم يجد لا هذا ولا ذاك.إلا إنه رأي دليلًا على أن الصخور التي كانت على مقربة من موقع الهبوط مصابة بالتآكل نتيجة وجود سوائل في الماضي.

أورانوس

اكتشف عالم الفلك البريطاني السيد ويليام هيرشيل كوكب أورانوس، عام 1781. كوكب أورانوس –مثله كمثل المشترى وزحل– كوكب غازي عملاق إلا أن غلافه الجوي المكون من الهيدروچين والهيليوم مزود بنسبة من الميثان – على عكس المشترى وزحل– ويمتص الميثان اللون الأحمر من ضوء الشمس مما يضفي على الكوكب لونه الأزرق الباهت.

كوكب أورانوس يقع على بعد كبير للغاية – 20 وحدة فلكية، ودرجة حرارته – 224 درجة مئوية(–371 فهرنهيت)، وهو أكثر الكواكب برودة في النظام الشمسي– حتى من جاره الخارجي نبتون– والسبب وراء ذلك غير مفهوم جيدًا. وانخفاض الحرارة يعني أن الطاقة في الغلاف الجوي للكوكب غير كافية لدعم أي شكل من أنظمة الطقس الدوامية أو الزمر اللونية التي تحيط بأوجه المشترى وزحل. ربما تكون السمة الأكثر غرابة لكوكب أورانوس هي أن محور دورانه يميل بأكثر من 98 درجة مما يجعله يدور حول الشمس " على أحد جوانبه"، وبسبب ذلك وبسبب حقيقة أن الكوكب يستغرق 84 سنة ليكمل دورة واحدة حول الشمس، فإن كل من القطبين الشمالي والجنوبي يشهد 42 سنة متواصلة من الضوء تليها 42 سنة متصلة من الظلام.

نبتون

بحلول الوقت الذي تجازف فيه بالابتعاد عن الشمس بمقدار 30 ضعف المسافة بين الشمس والأرض ستجد أن النظام الشمسي يصبح مظلمًا وباردًا جدًا، لكن هذا هو مكان وجود الكوكب الثامن نبتون الذي اكتشفه عالم الفلك الألماني يوهان جوتفريد جيل عام 1846 بناءً على حسابات عالم الرياضيات الفرنسي يوربين لوفير الذي استنتج أن الإضطرابات الضئيلة التي لوحظت في مدار أورانوس كانت نتيجة لجاذبية عالم جديد.

يبلغ قطر نبتون حوالي أربعة أضعاف قطر الأرض، وحجمه وتركيبه الكيميائي مشابهان لأورانوس إلا أن نبتون - على عكس أورانوس - له نشاط مرئي على سطحه بما فيه الصخور العديدة، والبقع المظلمة التي يعتقد أنها عواصف تشبه الأعاصير مشابهة لبقعة المشترى الحمراء الكبرى. ويشكل نبتون مشكلة أمام نماذج تكون الكواكب- التي تشير حاليًا إلى أن كمية المادة التي تقع على هذا البعد من الشمس غير كافية لتكوين كوكب كبير في حجم نبتون، وأحد الحلول الممكنة هي النظرية المعروفة باسم "النزوح" التي تجادل حول أن نبتون قد يكون تكون بالقرب من الشمس حيث كانت كثافة المادة عالية، ثم نزح للخارج حيث يوجد الآن.

الكواكب القزمة

عُلم معظمنا أن بلوتو هو تاسع كواكب المجموعة الشمسية، لكن في عام 2006 قام الاتحاد الفلكي الدولي- الهيئة العالمية الحاكمة للفلك- بتضييق تعريف هذه الكلمة، فأصبح بلوتو نتيجة للمخطط المنقح تابعًا لمجموعة جديدة من الأجرام تسمى "الكواكب القزمة"، وكانت إعادة التفكير تلك مدفوعة باكتشاف أجرام جديدة في النظام الشمسي الخارجي تفوق بلوتو في الحجم، فإذا اعتبرنا أن بلوتو كوكب فستكون هذه الأجرام المكتشفة كواكبًا أيضًا- وبالتالي ستكون هناك العديد من الكواكب هناك.

يوجد الآن خمسة كواكب قزمة معروفة..بلوتو، وهاوميا، وميكميك وإيريس عبارة عن قطع من الصخور والجليد تدور في الخارج، بعد كوكب نبتون، والكوكب القزم الخامس سيريس كان في السابق أكبر الكواكب التابعة في المجموعة الشمسية، ويقع في الحزام الرئيسي بين المريخ والمشترى. وكان إيريس-الذي كان يحمل الاسم غير الرسمي "زينا" قبل إعادة التصنيف-يعتبره علماء الفلك الكوكب العاشر. لكل من بلوتو وإيريس قمر وحيد يسمى شارون وديسنوميا على الترتيب، أما هاوميا فله قمران هما: هياكا ونماكا بينما ميكميك، وسيريس ليس لهما أقمار.

الكواكب الخارجية

أنها لحقيقة مذهلة أن نكون على علم بالكواكب التي تدور حول النجوم الأخرى أكثر من علمنا بكواكب نظامنا الشمسي. في وقت الكتابة، هناك 374 كوكب معروف من الكواكب التي تسمى ب "الكواكب الخارجية"، وقد اكتشف كل من مايكل مايور، وديدير كيلوز بجامعة چينيف بسويسرا عام 1995 أول كوكب خارجي؛ حيث اكتشفا رفيقًا بحجم كوكب يدور حول النجم پيجاسي 51"51 Pegasi" الذي يقع على بعد 51 سنة ضوئية في كوكبة الفرس الأعظم. وكان الكوكب أصغر من أن يرى مباشرة لكنهم تمكنوا من استنتاج وجوده عن طريق قياس حركة النجم في الفضاء، فأثناء دوران الكوكب غير المرئي يتسبب في جعل النجم يتمايل ذهابًا وإيابًا قليلًا، وقد مكنتهم المعدات الحساسة من قياس هذا التمايل. كوكب پيجاسي 51 "Peg 51" هو كوكب غازي ضخم مثل المشترى، لكن صائدي الكواكب اكتشفوا مؤخرً عوالم أرضية- أي لها كتل أكبر من عوالمنا ببضع مرات وتقع في المنطقة المعتدلة بالنسبة لنجومها، وهو مدى المدارات إلى تكون عنده حرارة السطح ملائمة لتواجد المياه السائلة.

الكواكب المتجولة

لعل الأكثر غرابة من الكواكب الخارجية هو احتمال أن يكون هناك عدد من الكواكب المتجولة بحرية عبر الفضاء السحيق- دون أن ترتبط بأي نجم، وتتنبأ النماذج النظرية بأن عدد صغير من هذه الكواكب المتجولة لابد أن يكون قد انبثقت عن أنظمة نجومها المضيفة عند اصطدام المواد معًا أثناء عملية تشكل الكواكب العنيفة، لكن على الرغم من أن علماء الفلك هم من اكتشفوا هده الكواكب، لكن لازال هناك احتياج إلى رصد مؤكد.

الأستاذ دايفيد ستيفنسون بمعهد كاليفورنيا للتكنولوچيا إنه إذا كانت هذه الكواكب المتجولة تهيم بالخارج فإنها قد تحمل مظاهر الحياة، ويقول أنها ربما تكون قد تكونت عندما كانت أنظمتها النجمية غنية بغاز الهيدروچين مما يعطيها غلافًا جويًا سميكًا يمكنه الاحتفاظ الحرارة مما يجعله دافئًا بدرجة كافية للحفاظ على مياه المحيطات في الحالة السالة وكذلك الحفاظ على حرارة معتدلة على الرغم من افتقاده لحرارة نجم قريب منه.

النجوم

الفضاء البين نجمي

خارج الفقاعة الواقية لنظامنا الشمسي تقع البرية الكونية القاسية، إنه الفضاء البين نجمي، وهو خاو للغاية، يتخلله سحب مخلخلة من الغاز والغبار- كثافتها منخفضة لدرجة أنها لا تقاس بالجرامات بل بوحدة ذرة/ سنتيمتر مكعب- وسحب الهيدروچين هي المكون الرئيسي للفضاء البين نجمي، وهي تأتي في ثلاثة أشكال: سحب الهيدروچين المتعادلة المكونة من ذرات الهيدروچين البسيطة؛ والسحب الجزيئية التي تتكون من جزيئات كل منها عبارة عن ذرتين هيدروچين مرتبطتين معًا؛ أما المناطق المسماة H II فتنشأ حيث ينتزع الإشعاع القادم من نجم قريب إلكترونات من ذرات الهيدروچين ليترك سحابة موجبة الشحنة مشحونة بأيونات الهيدروچين، وبالإضافة إلى ذلك، يأتي كل ما سبق مصحوبًا بالقليل من الغبار الكوني، ويعتقد أن هذه السحب تشكل حوالي 15٪ من كتل المجرات مثل مجرة درب التبانة.

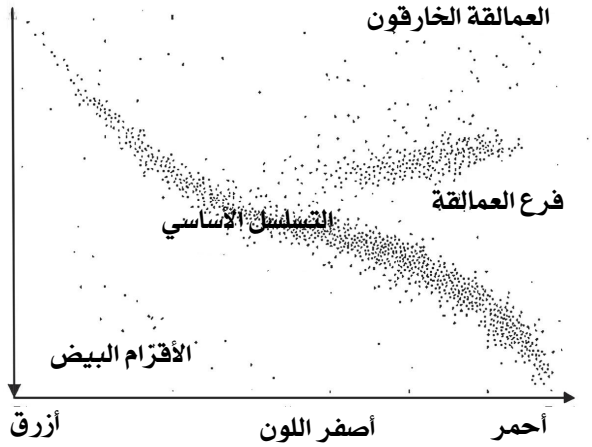
السدم

تعرف سحب الغازات الكونية التي تُرى من كوكب الأرض عند علماء الفلك باسم "السدم"، وعمومًا هناك ثلاثة أنواع: "السدم الانبعاثية"وهي سحب غازية تطلق الضوء غالبًا بسبب فقد ذرات الغاز في السديم لإلكترون أو أكثر متحولة إلى آيونات وتنطلق الطاقة أثناء اتحاد الإلكترونات بالآيونات مرة أخرى، ومن أمثلتها مناطق H II التى ترى في الفضاء البين نجمي؛ و"السدم العاكسة" في الوقت نفسه هي سحابة من الغبار لا تنتج ضوء بنفسها لكنها بدلًا من ذلك تعكس أضواء النجوم القريبة، وأخيرًا هناك "السدم المظلمة" التي تظهر ليس بفعل الضوء الذي ينبعث منها أو الذي تعكسه بل بسبب الضوء القادم من المصادر الواقعة خلفها والتي تقوم هي بحجب ضوئها، ربما أشهرها سديم رأس الحصان في كوكبة الجبار.

تكونات النجوم

تتكون النجوم داخل السحب الجزيئية الباردة الموجودة في الفضاء البين نجمي، والكثافة الابتدائية للسحابة تكون في حدود من بضع إلى مائة جسيم لكل سنتيمتر مكعب (قارن ذلك بالغلاف الجوي للأرض الذي يحتوى كل سنتيمتر مكعب منه على 30 مليار مليار جسيم) إلا أن هذه السحب لا تزال قادرة على احتواء قدر كبير من المادة- مئات الآلاف من الكتل الشمسية؛ لأن السحب الكبيرة يمكنها أن تمتد لمئات السنين الضوئية. الإنحراف الضئيل في كثافة السحب يعمل بمثابة بذرة تتسبب في انهيار المناطق بسبب جاذبيتها الخاصة،ولأن قوة جذب هذه المنطاق تقوم بجذب المزيد من المادة إليها تزداد الكثافة وتزداد الجاذبية أكثر، وهي عملية جارية.

عندما يتكثف أحد هذه النجوم الأولية يسحق الغاز بداخله مما يسبب ارتفاع درجة الحرارة حتى تصل حرارة القلب إلى حوالي 15 مليون درجة مئوية (27 مليون فهرنهيت)، ثم تشتعل تفاعلات الاندماج النووي ويولد النجم. يشكل الإشعاع الناتج من النجم الجديد فقاعة حوله في السحابة الجزيئية المحيطة، والوقت الكلي المطلوب لتكون نجم ما بهذه الطريقة (مثل شمسنا) حوالي 50 مليون سنة.



شكل هرتزسبرنج- راسل

يرسم علماء الفلك تطور النجوم على شكل يسمى شكل هرتزسبرنج-راسل (H-R) نسبة إلى أول عالمي فلك رسما أول شكل عام 1910. وهو أساسًا مخطط بياني مبعثر للعلاقة بين مقدار النجوم وألوانها. وجد أن معظم النجوم تقع على شريط يُعرف باسم "التسلسل

الأساسي". ينشأ عن تكون النجوم نجوم أولية تتطور خلال هذا الشكل؛ حتى تصل إلى النسق الأساسي من خلال مسارين يعرفان باسم مسار هاياشي، ومسار هيني والتي تقحم الحالة الأولية للسحابة الغازية المنهارة إلى أن تصل إلى نجم كامل التكوين.، وعندما يكمل النجم المرحلة الأساسية من حياته يمكن التطور في اتجاهات شتى؛ فمثلًا أصبحت شمسنا أكثر احمرارًا وسطوعًا من خلال اتخاذها لفرع الشكل الذي يطلق عليه " فرع العمالقة" في صورة نجوم حمراء عملاقة- قبل أنها بدأت حياتها كنجوم قزمة بيضاء ساخنة خافتة.

التسلسل الأساسي

تحتل النجوم المتوسطة مثل شمسنا ما يسمى بالتسلسل الأساسي- وهو عبارة عن شريط قطري على شكل هرتزسپرنج-راسل. تقوم نجوم التسلسل الأساسي بحرق الهيدروچين داخليًا في قلبها من خلال تفاعلات الاندماج النووي لتوليد طاقة، وينتج الهيليوم أيضًا الذي يعتبر رماد الإحتراق النووي، وتصنف نجوم التسلسل الأساسي إلى "أنواع طيفية" على أساس درجة حرارتها، ولأسباب تاريخية أخذت هذه الأنواع الحروف: O,B,A,F,G,K,M مرتبة حسب الانخفاض في درجات الحرارة من 50000 درجة مئوية (90000 فهرنهيت) وحتى 3000 درجة مئوية (54300 فهرنهيت). وتنتمي الشمس إلى النوع (G) عند درجة حرارة 5500 درجة مئوية (9930 فهرنهيت)، وتستمر مرحلة التسلسل الأساسي في دورة حياة النجم حتى ينفذ وقوده من الهيدروچين ويبدأ في حرق الهيليوم بدلًا منه؛ عندئذ يصبح عملاقًا أحمر.

الأقزام البنية

النجوم الأولية التي لا تتمكن من الخروج من مرحلة تكون النجوم إلى مرحلة حدوث التفاعلات النووية داخلها تعرف باسم الأقزام البنية، وهي - في كل النواحي المهمة - نسخ هائلة من كوكب المشترى- كرات من الغازات المرتبطة عن طريق الجاذبية إلا أنها ليست ضخمة بما فيه الكفاية لتمكين الجاذبية من توفير الحرارة اللازمة لبدء التفاعل النووي في قلبها. معظم الأقزام البنية مماثلة في الحجم تقريبًا لكوكب المشترى إلا أنها تزن في أي جزء من أجزائها أقل من وزنه 90 مرة، وقد وضع وجود هذه النجوم في الاعتبار

منذ السبعينيات إلا إنه لم يتم اكتشاف أولها حتى عام 1995 أما الآن فقد اكتشف الكثير منها.

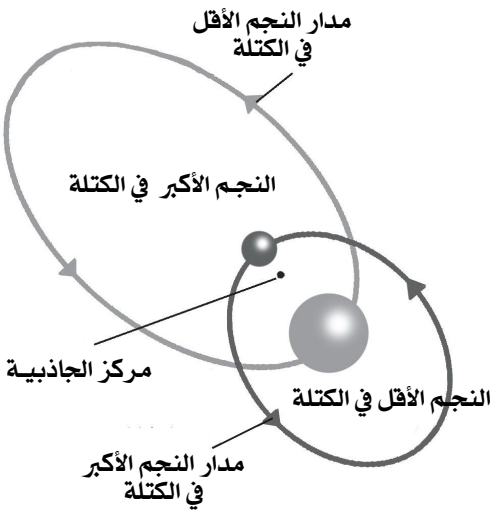
النجوم المتغيرة

النجوم المتغيرة هي تلك النجوم التي تظهر تغيرًا جذريًا في السطوع، وتأتي في عدد من الأنواع المختلفة. النجوم المتغيرة الكسوفية هي نجوم ثنائية يتحرك كل مكون منها دوريًا أمام الآخر متسببًا في انخفاض محصلة سطوع النجمين في النهاية، ومن النجوم التي تندرج تحت هذه الفئة نجمي الغول والشلياق.

هناك نجوم متغيرة أخرى تتضخم وتنكمش دوريًا، ويتسبب الانكماش في جعل النجم أكثر كثافة وإعتامًا مما يعني إنه يحتجز إشعاعًا أكثر والذي يؤدي بدوره إلى تضخيمه مجددًا وهكذا، ومن النجوم التي تسلك هذا السلوك نجمي ميرا، والنجم المتغير القيفاوي، وترتبط فترة نبض النجوم المتغيرة القيفاوية مباشرة بالحد الأقصى لسطوعها؛ فمعرفة سطوعها الحقيقي وقياس سطوعها الظاهري يتيح حساب المسافة بين فترات النبض.

النجوم الثنائية

يمكن للنجوم أن تدور حول بعضها البعض تمامًا كما تدور الكواكب حول الشمس، ويتكون النجم الثنائي من نجمين تكونا على مقربة من بعضهما البعض وأدت بهما حركتاهما إلى الدوران حول مركز ثقل مشترك، وهناك أنواع عدة اعتمادًا على كيفية اكتشاف طبيعتهما الثنائية؛ فمثلًا " الثنائيات المرئية" يمكن رؤيتها من خلال التلسكوب على شكل نجمين، أما "الثنائيات الطيفية" فتظهر بسبب تأثير دوبلر الذي يقوم بإزاحة طيفهما الضوئي



أثناء تحركهما ذهابًا وإيابًا، بينما في "الثنائي الكسوفي" يتحرك النجمان أمام بعضهما البعض ليكونا نجمًا متغيرًا.

النجوم الثنائية هي أحد طرق اكتشاف وجود الثقوب السوداء حيث أن الثقب الأسود لا يمكن رصده مباشرة بسبب لونه الأسود أما إذا كان جزءًا من نظام ثنائي فسيكون من الممكن الاستدلال على وجوده من تأثير جاذبيته على النجم الساطع المصاحب له

العناقيد النجمية

تتكون النجوم غالبًا في مجموعات حيث تتقلص المناطق خلال سحابة تكون النجم ثم تتفتت ليخرج منها النجوم الصغيرة، لكن هذه النجوم بإمكانها شغل مجموعات أكبر تسمى العناقيد النجمية، ولمجرتنا درب التبانة نوعان: العناقيد المفتوحة،و العناقيد الكروية. تقع العناقيد المفتوحة في مستوى المجرة وهي عادة ما تمتد بضع عشرات السنين الضوئية وهي موطن لعدة مئات من النجوم، العناقيد المفتوحة ترتبط عن طريق الجاذبية ارتباطًا رخوًاوبالتالي سميت ب"المفتوحة" بسبب أنها يمكن الإخلال بها بسهولة، ولذلك تكون النجوم المكونة لها عادة صغيرة إلى حد ما.

أما العناقيد الكروية فهي تركيزات كروية من النجوم التي تدور في الهالة الخارجية للمجرة،وهي كثيفة جدًا فهي تجمع ملايين النجوم في منطقة حجمها بضع عشرات السنين الضوئية، وهذه الكثافة تجعل جاذبيتها أقوى مما يعني أن تلك الأنظمة النجمية مرتبطة معًا بإحكام وبناءً عليه فإن النجوم المكونة لها تضم بعض أقدم النجوم المعروفة على الإطلاق.

العمالقة الحمر

عندما ينفد الهيدروجين في قلب أحد نجوم التسلسل الأساسي تتوقف التفاعلات النووية مؤقتًا ويبدأ القلب في أن يبرد، لكن هذا التبريد يؤدي إلى خبز.

في الضغط مما يتسبب في انكماش القلب فترتفع درجة حرارته مجددًا، ويستمر هذا الارتفاع في درجة الحرارة حتى تصبح درجة الحرارة مرتفعة بما فيه الكفاية- حوالي 100

مليون درجة مئوية (180 مليون فهرنهيت) لإشعال التفاعلات النووية عن طريق حرق الهيليوم، ثم تؤدي الحرارة إلى تضخم الغلاف الخارجي للنجم إلى مئات أضعاف قطر الشمس، وفي الوقت نفسه تؤدي التمددات إلى تبريد الطبقات الخارجية- محولة النجم من نجم أصفر يشبه الشمس إلى نجم أكثر برودة، وحمرة يعرف بالعملاق الأحمر.

من المقدر لشمسنا أن تصبح عملاقًا أحمر خلال 5 مليار سنة من الآن، وسوف تبتلع كوكبي عطارد والزهرة وتحمص سطح كوكب الأرض ليصبح هشًا، ومن المثير للاهتمام أن ظروف قمر تيتان التابع لكوكب زحل سوف تصبح دافئة بما يكفي لتواجد حياة عندما تصبح الشمس عملاقًا أحمر، إلا أن هذه المرحلة -للأسف- لن تستمر طويلًا.

السديم الكوكبي

ماذا يحدث عند وصول نجم ما إلى نهاية فترة حياته؟ النجوم المتوسطة والمنخفضة الكتلة نسبيًا مثل الشمس تنتهي حياتها بأمان- على هيئة سحابة غازية منتفخة تُعرف بالسديم الكوني، وسيكون النجم قد وصل بالفعل إلى مرحلة العملاق الأحمر التي فيها يحترق الهيليوم عند درجات حرارة عالية في القلب إلا أن العمالقة الحمر نجوم غير مستقرة- تنتج التغيرات الطفيفة في درجات حرارة القلب تغيرات هائلة في سطوع النجم مما يؤدي إلى حدوث نبضات في الطبقات الخارجية التي يزداد حجمها إلى أن تصبح في نهاية المطاف كبيرة بما فيه الكفاية لإستبعاد الغلاف الخارجي بالكامل.

يقدر عرض السدم الكوكبية بحوالي سنة ضوئية، وحتى على بُعد مسافات نجمية من الأرض ترى هذه السدم على شكل قرص- يشبه الكوكب بدلًا من الشكل النقطي الذي تظهر عليه النجوم عند النظر إليها من الأرض وهذه هو سبب تسمية "السديم الكوكبي"، وقد صاغ هذا المصطلح عالم الفلك ويليام هيرتشل في أواخر القرن الـ 18. ويبقي قلب النجم - جذوة متوهجة من الكربون والأكسجين يطلق عليها القزم الأبيض- في مركز السديم.

الأقزام البيضاء

القزم الأبيض هو جسم نجمي – بقية خلفها نجم مثل الشمس بعدما أنهي فترة حياته؛ وهو في حقيقة الأمر قلب نجم أحمر عملاق قد طرح أغلفته الغازية الخارجية متحولًا إلى سديم كوكبي. ويكون القلب مرتفع درجة الحرارة للغاية، أحيانًا يفوق 100000 درجة مئوية (18000 فهرنهيت)– مما يجعله يظهر باللون الأبيض إلا أن حجمه الصغير يعني إنه يشع الحرارة ببطء، وبالتالي فهو باهت نسبيًا، ولما كانت هذه الأقزام البيضاء لا تحتوي على مصدر داخلي للطاقة فهي تخفت بمرور الوقت – تبرد متحولة إلى ما يسمى " قزم أسود".

الأقزام البيضاء كثيفة للغاية؛ فهي تجمع كتلة شمسية من المادة في كرة حجمها تقريبًا مثل حجم الأرض، ولا يستطيع ضغطها الحراري مقاومة سحب الجاذبية الذي تتسبب فيه هذه الكثافة العالية، وبدلًا من ذلك تُطبق على الأقزام البيضاء نظرية ميكانيكا الكم، وليس هناك ذرات كاملة داخل القزم الأبيض– فقد سحقت المادة داخلها لتصبح حساءً من الأنوية الذرية والإلكترونات، وبينما تحاول الجاذبية سحق الإلكترونات يتدخل مبدأ الاستبعاد ليمنع تحولهم جميعًا إلى نفس الحالة، وهذا الذي يطلق عليه"ضغط انحلال الإلكترونات" هو ما يمنع الأقزام البيضاء من الانطواء على نفسها مكونة ثقبًا أسود.

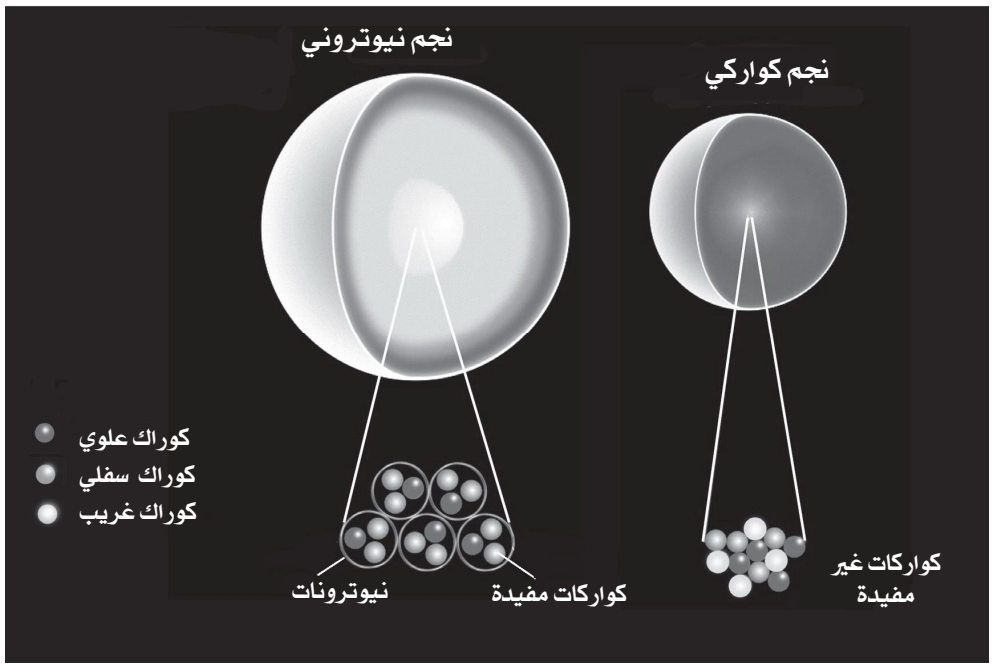
المستعر الأعظم

تنهي النجوم التي يفوق وزنها حوالي عشرة مرات وزن الشمس حياتها بانفجار حيث تحطم هذه النجوم نفسها في انفجار عظيم يعرف باسم المستعر الأعظم. فعندما ينفد الوقود اللازم للتفاعلات النووية لنجم كبير كهذا فجأة يصبح التأثير مشابهًا لفتح بوابة تحتجز فيلًا وراءها، وبزوال مصدر دعم النجم تخضع طبقاته الخارجية للسقوط الحر وينهار النجم مما يتسبب في ضغط قلبه محولًا إياه إلى نجم نيوتروني ويتوقف الانهيار، وهذا بدوره يؤدي إلى ارتداد مفاجئ يطرح بالطبقات المنهارة إلى الخارج مما يؤجج انفجار المستعر الأعظم.

النجوم النيوترونية

يبقى قلب النجم الذي أنهي حياته في انفجار المستعر الأعظم في مركز حطام السحابة التي خلفها الانفجار، ويتكون ما يسمى النجم النيوتروني بسبب ازدياد الضغط داخل النجم الذي يؤدي إلى سحق الإلكترونات، والبروتونات محولًا القلب إلى كرة عملاقة من النيوترونات، ولكن هذا ليس كل شيء؛ فكل زوج من الإلكترونات والبروتونات يندمج مع بعضه البعض ينتج عنه ما يسمى (نيوترينو)، فتتدفق بلايين وراء بلايين من النيوترينوات خارج النجم الميت وتنتشر في الفضاء- والتي يمكن أن تنذر علماء الفلك بوجود مستعر أعظم وشيك قبل أن يصبح مرئيًا في التلسكوب.

تحشر النجوم النيوترونية كتلة شمسية من المادة في كرة اتساعها 12 كم فقط (7.5 ميل)، وهذا كثيف لدرجة تجعل مقدار ملعقة صغيرة من المادة يزن وزن جبل. والنجوم النيوترونية مثلها مثل الأقزام البيضاء محكومة بالضغط الكمي- إلا أن في حالة النجوم النيوترونية يحدث الضغط نتيجة تطبيق مبدأ الاستبعاد الكمي للنيوترونات بدلًا من الإلكترونات.



النجوم الكواركية

إذا كان النجم النيوتروني ثقيلاً بما فيه الكفاية فإن جاذبيته تستطيع تفكيكه إلى ماهو أكثر من ذلك- إذابة نيوتروناته محولة إيها إلى مكوناته من الكواركات. في عام 2002 أعلن علماء الفلك بمركز هارفارد سميثونيان للفيزياء الفلكية، في كامبريدج، ماساشوستس تحت قيادة چيرمي دراك أنهم قد اكتشفوا نجم كواركي محتمل في كوكبة الإكليل الجنوبي وقد أطلق عليه (RXJ1856) وظهر صغيرًا لدرجة تمنع تصنيفه كنجم نيوتروني لكن أيضًا كبيرًا لدرجة تمنع تصنيفه كثقب أسود نجمي الكتلة.

كل من النجوم النيوترونية والكواركية تظهر صفات مغناطيسية شديدة يمكنها -في حالة دورانها حول نفسها- التفاعل مع الجسيمات المشحونة القريبة لإنتاج أشعة من الإشعاعات من أقطابها المغناطيسية والتي يمكنها مسح الفضاء كمنارة كونية أثناء دوران النجم، وتسمى مثل هذه الأجرام اسم النجوم النابضة.

المستعر فوق العظيم

عندما يكون النجم المحتضر كبير لدرجة أن حتى تشكل الكواركات النجمية يعجز عن إيقاف انهيار جاذبيته، يبتلع القلب نفسه متحولًا إلى ثقب أسود مطلقًا أثناء هذه العملية طاقة تكافئ 100 مستعر عظيم، ويطلق على هذا الحدث اسم المستعر فوق العظيم. ويعتقد أن المستعر فوق العظيم هو مصدر انفجارات أشعة جاما،وهي ومضات من إشعاع كهرومغناطيسي ذي طاقة عالية اكتشفته الأقمار الصناعية في الستينيات. يتم رصد إحداها مرة يوميًا تقريبًا إلا أن أصلها ظل لغزًا حتى عام 1997.

عندما مكننا اكتشاف النظائر البصرية لانفجارات أشعة جاما من معرفة أن مصدرها هو النجوم المنفجرة في المجرات البعيدة.

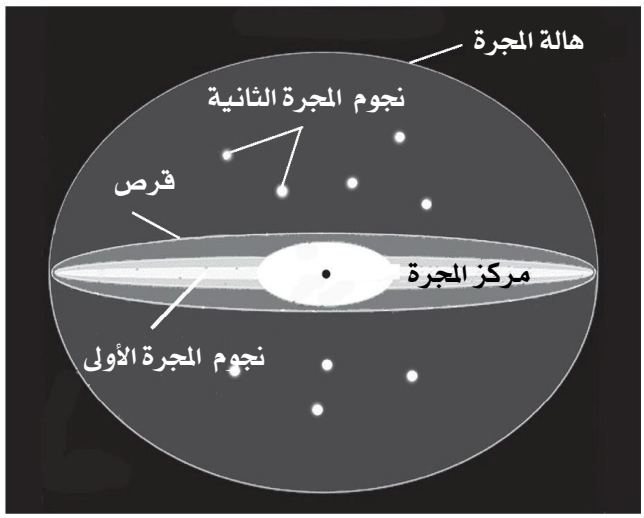
المجرات

الفضاء بين المجرات

إذا اعتقدت أن الفضاء البين نجمي ممل إذًا، فأنت لست جاهزًا بعد للعمق الكوني الصارخ الذي يشغل المسافة بين المجرات.

الفضاء بين المجرات أقرب ما يكون إلى فراغ تام مثل الطبيعة مع مجرد مسحة من المادة تقدر كثافتها بحوالي ذرة هيدروچين واحدة لكل متر مكعب. المكونات الرئيسة للفضاء بين المجرات هي المجرات نفسها- تلك التجمعات العملاقة من النجوم تشبه جزرًا في الفراغ الكوني تفصل بينها مئات السنين الضوئية والتي تساوي من 20 إلى 40 مرة الحجم القياسي لمجرة ما. قارن ذلك بمتوسط المسافة بين النجوم خلال المجرة الواحدة-غالبًا عشرات الملايين مرة حجم النجوم- وستتمكن من رؤية أن الفضاء بين المجرات في الحقيقة أكثر كثافة للمكونات من الفضاء بين النجمي.

المجرات الحلزونية



المجرات الأكثر شيوعًا في الكون هي المجرات الحلزونية التي لها قرص ساطع تمتد خلاله أذرع حلزونية تمسح المنطقة حول القرص، وفي حقيقة الأمر، هذه الأذرع عبارة عن موجة حلزونية الكثافة تدور حول المجرة مرة كل بضع عشرات الملايين من السنين، ولا يرى هذا النمط عادة لكن تكون النجوم يحدث في مكان سحق مادة القرص مما يؤدي إلى إضاءة أذرع الحلزون بجيل جديد من النجوم

الساطعة الساخنة، وتعرف النجوم الصغيرة نسبيًا الموجودة في القرص بنجوم الجمهرة الأولى، ويحاط القرص بهالة كروية من المادة وهي غالبًا موطن لنجوم أقدم تعرف بنجوم الجمهرة الثانية. وتشير دراسات حركة المجرات أيضًا إلى أن هذه الهالة تعمل بمثابة ميناء لكمية كبيرة من المادة السوداء التي تشكل معظم كتلة المجرة

وأخيرًا يوجد في محور القرص المجرى ما يسمى بالانتفاخ حيث توجد عناقيد نجمية بكثافة مع سحب من الغاز الكوني والغبار، ويعتقد معظم المجرات تحتوي على ثقب أسود عملاق في مركز الانتفاخ يزن ملايين المرات كتلة الشمس.

المجرة الحلزونية الضلعية

بعض المجرات الحلزونية تصبح بنيتها أكثر تعقيدًا بسبب وجود ضلع من النجوم الساطعة يمر في قلبها. وبدلًا من أن تنبع الأذرع الحلزونية من القلب مباشرة، تأتي من نهايتي الضلع، وفيزياء هذه الأضلاع المجرية ليست مفهومة تمام الفهم إلا أن العلماء يعتقدون أنها تكونت بفعل تفاعلات الجاذبية مع المجرات الأخرى مقرونة بموجات الكثافة التي تشبه تلك التي تكون النمط الحلزوني الموجود في المجرات الحلزونية العادية، وتقريبًا ثلث المجرات الحلزونية المعروفة ينتمي إلى نوع المجرات الحلزونية الضلعية بما فيهم مجرة درب التبانة.

درب التبانة

تسمى مجرتنا ب "درب التبانة" ويعتقد أنها تنتمي إلى المجرات الحلزونية الضلعية من الفئة (SBb-SBc) على شكل الشوكة الرنانة (tuning fork diagram)، عرض قرص المجرة يساوي حوالي 100000 سنة ضوئية، وسمكه حوالي 1000 سنة ضوئية، ويحتوي على حوالي 300 مليار نجم ويزن 600 مرة كتلة شمسنا. ولمجرة درب التبانة ذراعان رئيسيتان تتفرعان من نهايتي الضلع، بالإضافة إلى عدد صغير من أذرع أقصر طولًا تسمى "نتوءات"، وهذا النمط الحلزوني يدور حول محور قرص مجرة درب التبانة مرة كل 50 مليون سنة.

تقع الشمس والنظام الشمسي على بعد 26000 سنة ضوئية من مركز درب التبانة على حافة نتوء يعرف بذراع الجبار. تكمل الشمس مدارًا واحدًا حول مركز المجرة مرة كل 220 مليون سنة، واستنادًا إلى عُمر أقدم نجوم درب التبانة، يعتقد أن درب التبانة قد تكونت منذ 13.2 مليار سنة عندما كان عمر الكون نفسه 500 مليون سنة فقط.

المجرات الإهليلجية

ليست كل المجرات لها الشكل الحلزوني المنمق؛ فهناك بعض المجرات المعروفة باسم المجرات الإهليلجية لها أشكال إهليلجية قديمة مسطحة ذات نجوم موزعة توزيعًا إنسيابيًا داخلها. معظم نجوم المجرات الإهليلجية تنتمي للجمهرة الثانية- وهي المؤقتات النجمية القديمة (عادة تكون أعمارها مليارات السنين) التي توجد أيضًا في هالات المجرات الحلزونية. وهناك أيضًا القليل من الهيكلة في مدارات النجوم في المجرات الإهليلجية؛ ففي المجرات الحلزونية تدور جميع النجوم في اتجاه واحد في مستوى قرص المجرة أما في المجرات الإهليلجية تتقاطع المدارات النجمية في هذا الاتجاه أو ذاك، وتشمل المجرات الإهليلجية مدى واسعًا من الكتل- أي كتلة تتراوح ما بين 10 مليون و10 مليار أضعاف كتلة الشمس- كما أن أحجامها تتنوع تنوعًا كبيرًا-تتراوح ما بين بضع مئات السنين الضوئية وحتى مئات الآلاف، وهذه المجرات الإهليلجية تمثل أقلية في الكون، فهي تمثل حوالي 10٪ فقط من المجرات المعروفة، لكن هذا قد يتغير مع تقدم عمر الكون. يعتقد أن المجرات الإهليلجية تكونت باندماج مجرتين حلزونتين معًا، وفي الواقع قد تصبح درب التبانة إهليلجية يومًا ما؛ فهي على مسار تصادمي مع مجرة آندوميدا المجاورة- المجرتان على وشك الاصطدام معًا خلال 3 مليار سنة.

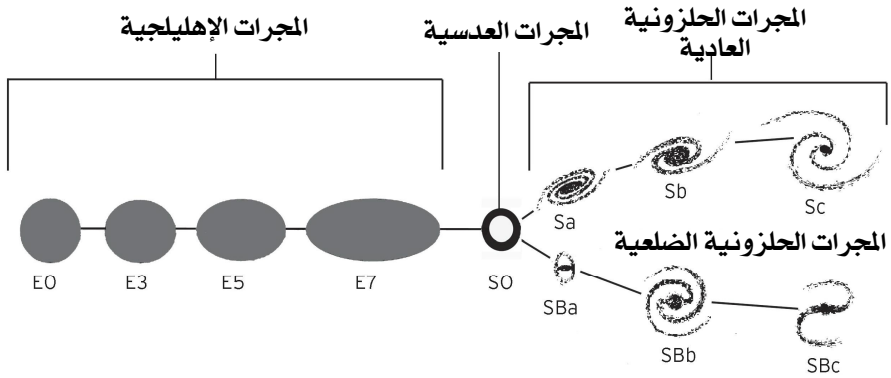
عدم الملاءمة المجرية

بعض المجرات لا يلائمها وصف المجرات الحلزونية ولا الإهليلجية. المجرات العدسية (Lenticulars)- وتعني التي على شكل عدسة- لها قرص مثل المجرة الحلزونية لكن هذا القرص لا يحتوي على الهيكل الحلزوني داخله. يعتقد أن هذه المجرات هي في الأصل مجرات حلزونية استنفدت كل مادتها المستخدمة في تكون النجوم فلم يتبق أي مادة

لتكوين النجوم الساطعة التي ترسم الهيكل الحلزوني؛ كما أنها تجنبت التصادم مع مجرات أخرى والذي يحول العديد من المجرات الحلزونية إلى إهليلجية. من ناحية أخرى هناك ما يسمى بالمجرات غريبة الأطوار التي لم يكن الحظ حليفها؛ حيث أن لها مظهرًا مشوهًا غير معتاد يشوه تصنيفها ويعتقد أنها ناتجة عن تحطمات مجرية عنيفة بشكل خاص.

شكل الشوكة الرنانة

يختصر علماء الفلك أشكال ومظاهر المجرات المختلفة فيما يسمى بشكل الشوكة الرنانة، الذي تصوره عالم الفلك إيدوين هابل عام 1926. التسلسل الأول الذي يقع في أقصى يسار الشكل ويوضح المجرات الإهليلجية التي تمتد من اليسار إلى اليمين من الشكل الكروي (E0) إلى الشكل الإهليلجي شديد التسطح (E7) ثم تأتي بعد ذلك المجرات العدسية التي تأخذ الرمز (S0) وعند هذه النقطة ينقسم الشكل مكونًا فرعي الشوكة: الفرع العلوي الذي يرسم المجرات الحلزونية التي تمتد من اليسار إلى اليمين من مجرات ذات أذرع ضيقة الالتفاف وانتفاخ مركزي كبير (Sa) إلى مجرات ذات أذرع واسعة الالتفاف وانتفاخ مركزي صغير (Sc)؛ أما الفرع السفلي فيظهر المجرات الحلزونية الضلعية التي تمتد من (SBa) إلى (SBa) بنفس القواعد السابقة.



فهرس مسييه

عام 1771 نشر عالم الفلك الفرنسي شارلز مسييه فهرس يضم المجرات المرئية من خلال التلسكوب في هذا الوقت، فالمجرات البعيدة غالبًا ما تظهر من خلال التلسكوب خافتة

وغائمة تشبه إلى حد كبير المذنبات، وكان مسييه صائد المذنبات الشغوف قد ضاق ذرعًا من اعتبار المجرات المعروفة اكتشافات جديدة لمذنبات عن طريق الخطأ- لذلك قرر أن يعد قائمة بهذه المجرات.

بدأت قائمة مسييه في الأصل بـ 103 جرمًا وامتدت منذ ذلك الحين لتشمل 110- فقد اكتشف المؤرخون الفلكيون دليلاً على وجود أجرام كان مسييه على علم بها بوضوح إلا إنه -لسبب ما- أهملها ولم يضمها إلى القائمة. لم يغط فهرس مسييه المجرات فحسب بل أورد فيها أيضًا العناقيد النجمية، والسدم، وبقايا المستعرات العظمى. ولازال فهرس مسييه حتى يومنا هذا قائمة يستخدمها الفلكيون الهواة في تحديد أهدافهم لأن معظم الأجرام التي تضمها القائمة يمكن رؤيتها من خلال المناظير والتلسكوبات الصغيرة.

المجرات القزمة

تمامًا مثل الكواكب والنجوم الثنائية، هناك بعض المجرات التي يدور حولها مجرات شقيقة مصغرة، وربما يكون المثالان القياسيان هما سحابتي ماجلان الكبرى والصغرى اللتان تدوران حول محيط درب التبانة، وسحابة ماجلان الكبرى مثلًا تمثل موطنًا لحوالي 10 مليار كتلة شمسية من المادة – مقسمة إلى 30 مليون نجمة- واتساعها حوالي 14000 ألف سنة ضوئية وتبعد عن درب التبانة 157000 سنة ضوئية. ويعتقد العلماء أن سحابة ماجلان الكبرى كانت ذات يوم مجرة حلزونية ضلعية صغيرة قبل أن تنحرف مقتربة جدًا من درب التبانة التي تسببت جاذبيتها في حدوث تشوه للأولى مكونة ما هي عليه مثل شكل غير منتظم.

بدرب التبانة أربعة عشرة مجرة قزمة تدور حولها وهناك مجرات قزمة أخرى- مثل المجرة القزمة فينكس، والمجرة القزمة طوقان- معزولة وهائمة في الفضاء السحيق بين المجرات.

تكونات المجرات

تنمو المجرات القزمة بطريقة مشابهة لعملية تكون النجوم – سحبًا من المادة تتقلص بفعل جاذبيتها الخاصة. وللسحب الكونية بشكل عام درجة من الدوران وقوة الطرد المركزية

التي تتولد نتيجة هذا الدوران تدعم انهيار المجرات في بعدين بينما تسمح باستمرارها في البعد الثالث- مكونة المجرة الناتجة سواء أكانت مسطحة أم على شكل قرص. ويعتقد أن المجرات الكبيرة قد تكونت بعد ذلك من خلال ما يسمى بالعملية التصاعدية (bottom-up process) حيث تندمج الوحدات الصغرى-تحديدًا المجرات القزمة- بفعل جاذبيتها لتكوين المجرات الكبيرة التي نراها في الكون الحديث.

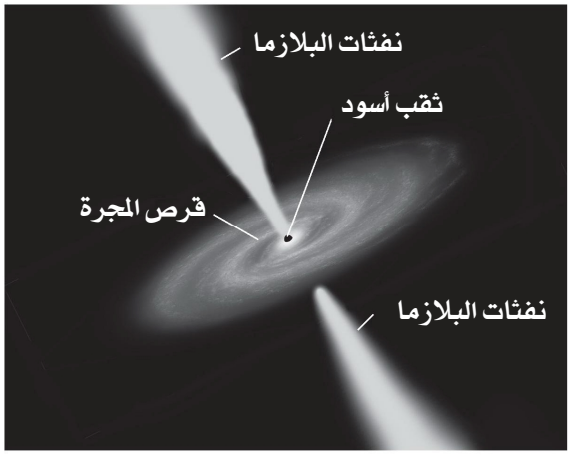
وتبين المحاكاة خلال الكمبيوتر أن المادة السوداء تلعب دورا خطيرًا في تكون المجرة- بدونها لا يمكن للعملية أن تحدث. لازالت المجرات تتكون حتى يومنا هذا إلا أن معدل التكون في الماضي كان أعلى كثيرًا من الوقت الحالي.

تطور المجرات

مثلما تتطور أشكال الحياة تحت الميكروسكوب، تتطور المجرات عبر الزمن، فالمجرة يُترك لها الحبل على الغارب فتغير من تركيبها الكيميائي عبر فترة حياتها كما تفعل النجوم التي تحول غاز الهيدروچين إلى هيليوم وعناصر أثقل خلال التفاعلات النووية، ثم تعيد المادة المخصبة إلى الفضاء البين نجمي خلال انفجارات المستعر الأعظم وطرد السدم الكوكبية.

وكان من المعتقد في السابق أن شكل الشوكة الرنانة لإيدوين هابل يمثل تسلسلاً تطوريًا- عملية تطور من خلالها المجرات من إهليلجية إلى حلزونية، لكن اتضح الآن أن ذلك ليس صحيحًا. ففي حالة حدوث أي شيء، فإن مسار التطور يعمل في الاتجاه المعاكس، محولًا المجرات الحلزونية إلى إهليلجية مثلما حولت التصادمات المجرية التركيب الحلزوني المرتب إلى تشابك فوضوي إهليلجي، لكن النجوم المنفردة لا تندمج خلال تصادمات كتلك- الفجوة بينها كبيرة جدًا فلا تتصادم مع بعضها البعض، لكن الجاذبية تسحب النجوم من كل مجرة وتضعها في مسار موحد، وتقوم موجات الضغط التي نشأت عن اندماجات المجرة بإثارة انفجارات شديدة مكونة للنجوم- ويشار إليها أحيانًا بمجرات "الانفجار النجمي".

المجرات النشطة



يعتقد أن معظم المجرات لها ثقوب سـوداء ضـخمة كامنـة في قلبهـا، وفي المجـرات النـشطة تـصبح الثقـوب الـسوداء مـصادر قويـة للإشعاع تحول المجـرة إلى منـارات كونيـة سـاطعة. وتكـون الثقـوب السوداء الملتهمـة للنجـوم والغـاز والغبار هي مصدر الطاقـة لأنويـة المجرات النشطة-قلـب المجـرات النشطة.، وتعمل جاذبية الثقب الأسود على سحب المادة داخله وتقوم بتسريعها إلى سرعـة عالية إلا أنها عند اقترابها من أفق حدث الثقب الأسود تجمع نفسها في حزم وتصطدم بـمادة ساقطة أخرى مما يسبب ارتفاع درجة الحرارة وانبعاث إشعاع كهرومغناطيسي. وهناك نوعـان رئيسيان من المجرات النشطة: مجرات نشطة ذات إشعاع راديوي مرتفـع، ومجـرات نـشطة ذات إشعاع راديوي منخفض؛ اعتمادًا عـلى كميـة الإشـعاع التـي تنبعـث منهـا في النطـاق الراديـوي للطيـف الكهرومغناطيـسي. تنـتج المجـرات النـشطة ذات الإشـعاع الراديـوي المرتفع نفاث من البلازما يمكنه التدفق في الفـضاء مئـات الـسنين الـضوئية عموديًـا عـلى قرص المجرة مثل الأذرع الكونية، وتتحرك المادة في هذه النفاثات بسرعة تقترب جـدًا مـن سرعة الضوء - حيث تصطدم بشدة بالغاز الذي يـسود الفـضاء بـين المجـرات- وتكـون موجات صادمة تنتفخ مكونة فصوص كبيرة باعثة للإشعاعات الراديوية، ولا أحد يعـرف على وجه اليقين مصدر طاقة النفاثات الـصادرة مـن المجـرات النـشطة، إلا أن مـا يـسمى "بطء المـسار القيـاسي" يعتـبر أحـد التفـسيرات الممكنـة. أمـا في المجـرات ذات الإشـعاع الراديوي المنخفض فيتعقد أن المجرة تكـون موجهـة بحيـث.تحجـز المـادة المتخللـة-مثـل قرص المجرة نفسها- رؤيتنا للقلب الباعث للأشعة الراديوية.

أشباه النجوم

أشباه النجوم هي مجرات نشطة ترى على أبعاد شاسعة من درب التبانة؛ تقع أبعد أشباه النجوم المعروفة على بعد 28 مليون سنة ضوئية مما يعني أن ضوءها قد انبعث عندما كان عمر الكون لا يزال كسرًا صغيرًا من عمره الحالي، ويمكن رؤية شبه النجم هذا من هذه المسافة الهائلة مما يجعله أكثر الأجرام سطوعًا في الكون.هناك مئات الآلاف من أِشباه النجوم المعروفة إلا أن لا يوجد من بينها ما يقع على بعد أقل من 3 مليارات سنة ضوئية، مما حدا ببعض علماء الفلك إلى اقتراح أنها عبارة عن مجرات في مرحلة چنينية، ومرحلة الشباب العاصف التي ستستقر فيما بعد وتصبح مجرة في شكلها المستقر الذي نراه في الكون المحلي حاليًا، وفي هذا الإطار حتى مجرتنا درب التبانة قد تكون مرت بمرحلة شبه النجم في ماضيها.

ألقي علماء الفلك الضوء على الأجرام التي كان من المعتقد أن تعرف كأشباه نجوم لأول مرة عام 1960، إلا أنها لم يعترف بها على هذا النحو قبل عام 1963 على يد عالم الفلك الهولندي الأمريكي مارتن شميت. ويأتي الاسم (quasar) اختصارًا ل (quasi-stellar object) وتعني جرمًا شبه نجمي- وهو اسم أطلق عليها لأن وقوعها على مسافة بعيدة جعلها تظهر كنجوم نقطية في السماء إلا أنها فعليًا مجرات.

بداية الكون

الكـون

ما الكون تحديدًا؟ هل كل ما هو موجود؟ أم فقط كل ما يمكنك رؤيته؟ أم أن هناك تعريفًا روحيًا مختلفًا تمامًا؟ أفضل ما توصل إليه العلماء هو أن الكون هو المدى الكامل للفضاء ثلاثي الأبعاد الذي نحيا فيه جميعًا، وبعض العلماء قد يضيفون إلى ذلك البعد الزمني بحيث يكون الكون طبقًا لحساباتهم هو الفضاء ثلاثي الأبعاد مضافًا إليه ماضيه ومستقبله بالكامل.

يؤكد علماء الكون تأكيدًا خاصًا على "الكون المرصود" بالنسبة إلينا- ويعني ذلك، الجزء من الكون الذي أتيح لضوئه السفر إلى درب التبانة منذ الانفجار العظيم أو بمعنى آخر

الجزء الكوني الواقع خلال أفقنا الكوني. قد تكون هناك أكوان أخرى خارج كوننا – على سبيل المثال: الأكوان التي تشكل الأكوان المتعددة التي تنبأت بها وجهة نظر العوالم المتعددة في نظرية الكم.

الانفجار العظيم

منذ حوالي 13.7 مليار سنة مضت أوجد أكبر انفجار سبق أن حدث الكون الذي نعرفه– إلا إنه لم يكن انفجارًا بالمعنى المعروف،فلم يكن هناك موجة تفجيرية تمزق الفضاء– لقد بقيت المادة كما هي بينما تمدد الفضاء نفسه، ولم يكن هناك نقطة وحيدة حدث عندها الانفجار العظيم– لقد حدث في كل مكان في نفس الوقت، لكن هناك شيئًا واحدًا اشترك فيه الانفجار العظيم مع الانفجارات العادية، وهو الكرة الملتهبة، فقد بدأ الكون بدرجة حرارة هائلة وكثافة كبيرة قبل أن يتسبب تمدد الفضاء في جعله الكون المعتدل الذي نراه اليوم. ما الذي تسبب في جعل هذه الفقاعة الكبيرة من المادة، والإشعاع والفضاء والزمن تقفز إلى الوجود لأول مرة؟ الحقيقة أن لا أحد يعرف، لكن هناك مجالات مثل علم الكون الكمي، ونظرية الكون الملتهب تقدم رؤى حول ذلك.

الخلفية الميكروية

من يقرأ للمرة الأولى أن كوننا قد انبثق إلى الوجود بشكل عفوي منذ مليارات السنين ثم تمدد وبرد ليشكل المجرات والنجوم والكواكب ويشكلنا نحن في نهاية المطاف قد يتسائل– وله الحق في ذلك– عن كيفية معرفتنا لهذا كله. ترتكز نظرية الانفجار العظيم على دعامتين راسختين من الأدلة، أحدهما بخصوص وفرة العناصر الكيميائية في الفضاء، فاستنادًا على النظرية، كان الكون في بدايته مليئًا بالهيدروجين الذي تحول في تفاعلات الاندماج النووي في كرة الملتهبة للانفجار العظيم إلى هيليوم بالإضافة إلى القليل من عناصر أثقل، وتتنبأ الحسابات المبنية على نظرية الانفجار العظيم بأن الكون لابد أن يكون قد انبثق من هذه الكرة الملتهبة عندما تحول ما يقرب من 25٪ من غاز الهيدروجين بها إلى هيليوم؛ وهذا هو الاتزان الملاحظ تمامًا في سحب الغازات الكونية المعزولة إلا أن هناك دليلًا مذهلًا آخر، حيث تتنبأ النظرية إنه يجب أن يكون هناك صدى قابل للاكتشاف

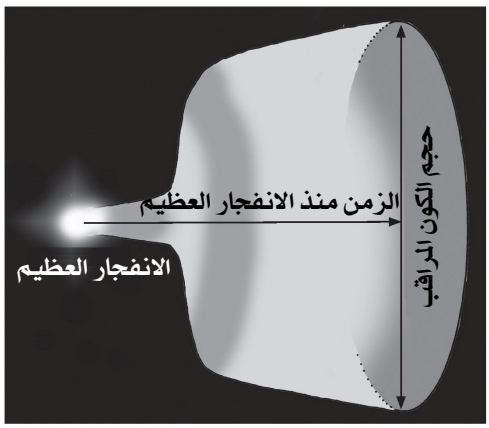
للانفجار العظيم ينتقل في الفضاء حتى الآن، وهو ليس صدى صوتيًا بل صدى مكون من إشعاعات كهرومغناطيسية لها أطوال موجية معينة- موجات ميكروية تبلغ حرارة إشعاع الجسم الأسود لها 2.7 درجة مئوية (4.85 فهرنهيت) فوق الصفر المطلق.

عام 1964 اكتشف عالمي الفلك الراديوي بمعامل بيل في نيو جيرسي: آرنو بينزياس وروبرت ويلسون إشعاع الخلفية الكونية الميكروي، وكان هذا الاكتشاف من قبيل الصدفة البحتة، فحقيقة الأمر أنهما حاولا في البداية التخلص من هذه"الضوضاء" غير المرغوب فيها التي عانت منها الأداة المستكشفة إلا أن هذه الضوضاء أكدت أن كوننا قد تكون فعلًا نتيجة انفجار عظيم مرتفع درجة الحرارة.

التضخم

تقول نظرية التضخم أن بعد زمن قدره 1 من مليار مليار مليار مائة مليون من الثانية بعد ولادة الكون في الانفجار العظيم خضع لطفرة نمو هائلة وتوسع بعامل 2610 وهناك عدد من الدوافع لنظرية التضخم؛ فهي طريقة لإخراج الكون من عالم الكم بعد الانفجار العظيم فلولا التضخم لكان الكون انهار مجددًا تحت تأثير جاذبيته، ونظرية التضخم أيضًا تحل بدقة لغزين كونيين مستعصيين آخرين هما- مشكلة التسطح ومشكلة الأفق.

تقدم نظرية التضخم-علاوة على ما سبق- طريقة لتفسير كيفية النشأة الأولى للبنى المختلفة مثل المجرات فهي تقول أن التمدد السريع أدي إلى تكبير تقلبات الكثافة التي ولدها مبدأ عدم التأكد الكمي إلى مقادير فيزيائية فلكية وأن هذا قد شكل البذور التي نمت حولها المجرات فيما بعد، وفي الواقع، نمط التقلبات المرصود في إشعاع الخلفية الكونية الميكروي التي رصدتها الأقمار الصناعية تبدو متوافقة توافقًا جيدًا مع تنبؤات نظرية التضخم.



مشكلة التسطح

عندما وضع عالم الفيزياء بمعهد ماساتشوستس للتكنولوچيا (MIT) الآن جوث عام 1980 التضخم في الاعتبار ظهرت مشكلتان في نظرية الانفجار العظيم أرقتا المنظرين لمدة طويلة. المشكلة الأولى هي التسطح. ببساطة، تبين قياسات الكون الفيزيائية الفلكية المقلقة للكون في الوقت الحاضر أن الفضاء -على أوسع نطاق- مسطح، وهو أمر مثير للدهشة إذا علم أن نظرية النسبية العامة - أفضل نظرياتنا عن المكان والزمان- تتيح جميع الانحناءات المختلفة. ولم تتمكن نظرية الانفجار العظيم من تفسير هذا التسطح

أما نظرية التضخم فقد حلت تلك المشكلة عن طريق افتراض أن حجم الكون هائل لدرجة يمكن معها إهمال الانحناءات. تخيل أنك تقف على قمة كرة شاطئ- يكون الانحناء ظاهرًا عندما تحاول الحفاظ على توازنك، أما إذا تم تكبير الكرة إلى حجم الأرض-كما تخبرنا خبراتنا اليومية- سيبدو الجزء الصغير الذي تقف عليه من الكرة مسطحًا.

مشكلة الأفق

هناك خلل كبير آخر في نظرية الانفجار العظيم أوضحته أيضًا نظرية التضخم- أنها مشكلة الأفق: لماذا تظهر جوانب الكون المتقابلة متماثلة تقريبًا ؟ حقًا، الكوكبات الموجودة في الجوانب المتقابلة للسماء مختلفة كما أن هناك مجرات مختلفة وعناقيد تمتد من أحد أطراف السماء إلى الطرف الأخر، لكن ليس هناك فروقات نوعية كبيرة، مثلًا، لا نرى نصف السماء ساطعًا مستعرًا ونصفها الآخر مظلمًا حالكًا، وليس هناك سبب لحدوث ذلك. أن أبعد ما يمكننا رؤيته -أفقنا الكوني- حوالي 46.5 مليار سنة ضوئية، وبالتالي فإن الجوانب المتقابلة من السماء تبعد عن بعضها البعض 93 سنة ضوئية، وحتى بالتحرك بسرعة الضوء لن يكون هناك زمن منذ بدأ الكون- منذ 13.7 مليار سنة- يمكن لجانبي السماء فيه أن يتلامسا، وقد التفت نظرية التضخم حول ذلك عن طريق جعل حجم الكون صغير جدا أصغر بكثير مما كان عليه في نموذج الانفجار الكبير القياسي، وبالتالي يتوفر لدى محتوى المادة الوقت لتنميط الاختلافات قبل أن يؤدي التضخم إلى وصول الكون للحجم الذي نراه عليه الآن.

التضخم الفوضوي

إحدى مشكلات نظرية التضخم هي تفسير كيفية حدوثه في المقام الأول-لابد أن تكون ظروف حدوث ذلك مناسبة- وهناك نسخة من النظرية درسها عالم الفيزياء آندري ليندي تسمى التضخم الفوضوي وهي تعرض آلية طبيعية لحدوث ذلك، فقد افترض ليندي أن الكون كان في بدايته مباشرة بعد الانفجار العظيم عبارة عن تشابك فوضوي ثاثر من التقلبات الكمية- جسيمات افتراضية- وكل ما احتاجته- من وجهة نظر ليندي-هو أن تصبح الظروف في أحد الأركان الصغيرة لهذا التشابك مساعدة على التضخم ليتمكن هذا الركن الضئيل من النمو بسرعة ليشغل حجم الكون.

واستمر ليندي في اقتراح أن هذه العملية لازالت قائمة حتى الآن لكن على بعد شاسع- بفضل التمدد التضخمي لفقاعة كوننا المحلية- لدرجة تجعلنا لا نراه. وإذا كان ليندي على صواب فإن هناك أكوان جديدة تتفرع من كوننا باستمرار في عملية أطلق عليها ليندي اسم "التضخم الخارجي".

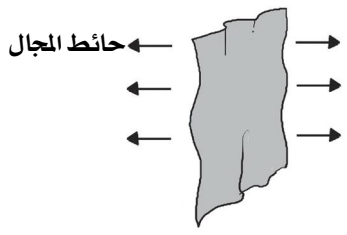
حياة الكـون

قد يكون انهيار النجوم متحولة إلى ثقوب سوداء سببًا في نشأة أكوان أخرى من كوننا، فإحدى النظريات تقول أن الثقوب السوداء تشكل جسورًا تشبه جحر الدودة إلى هذه النطاقات الجديدة، وقد أشار عالم الفيزياء النظرية الأمريكي لي سمولين أن إنتاج أكوان جديدة يناظر التكاثر البيولوچي، وأن الأجيال المتوالدة من الأكوان قد تتطور وفقًا لنسخة كونية ما من قانون الانتخاب الطبيعي لداروين، وكل كون جديد-مثله كمثل الكائنات الحية-يحمل سمات معينة -مثل التسطح، ومعدل التمدد- متحورة قليلًا عن سمات الكون الأب، وكما في التطور عند داروين لا تنجو إلا العوالم التي تحمل السمات الأكثر ملاءمة.

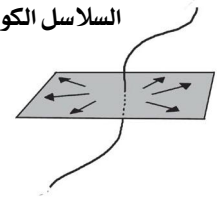
العيوب الكـونية

تشكل عقد الطاقة الملتوية التي خلفها الانفجار الكبير، والسلاسل الكونية، وأحاديات القطب، والأنسجة، وحوائط المجال عائلة من الأجرام الغريبة في الفضاء والتي أطلق

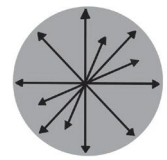
عليها العلماء اسم" العيوب الكونية"، وقد اقترح توم كيبل من كلية لندن الإمبراطورية هذه العيبوب للمرة الأولى في السبعينيات: حيث أوضح أنها توابع للكسر التلقائي المتناظر في الكون وهي توابع لا يمكن تجنبها، فيمكن تخيل الكون الموحد المتناظر على إنه بلورة من الإبر تستوي جميعًا على أطرافها؛ الكسر المتناظر يناظر ما يحدث عندما تبدأ الإبر في السقوط بشكل حتمي. ليس هناك سبب يجعل جميع الإبر – بشكل حاسم–تسقط في نفس الاتجاه– ستسقط مشيرة إلى نفس الاتجاه في بعض المنطاق بينما في مناطق أخرى ستسقط مشيرة إلى اتجاهات مختلفة تمامًا.



السلاسل الكونية

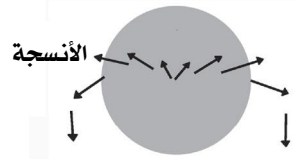


أحاديث القطب



أبسط نوع من العيوب الكونية يتكون حيث تتلاقى منطقتان سقطت إبرهما بطريقة مختلفة– هو مستوى ثنائي الأبعاد يعرف باسم حائط المجال– أما العيب المعروف باسم"السلسة الكونية" فينشأ من تلاقي ثلاث مناطق أو أكثر بحيث تشير الإبر إلى الخارج من خط مركزي يكون بمثابة قلب. أما إذا كانت الإبر تشير إلى الخارج في أبعاد ثلاثية تحدد نقطة على شائكة الشكل يطلق على العيب الكوني اسم "أحادي القطب، أما أكثر العيوب الكونية تعقيدًا فهو العنصر المجرد المعروف بـ "االنسيج" والذي يتكون عندما تشير جميع الإبر إلى الخارج في أربعة اتجاهات.

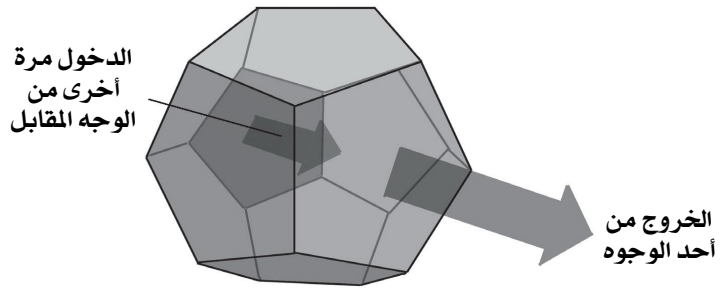
الأنسجة



الأكـوان متعددة الاتصال

تخيل أن بإمكانك السفر في الفضاء بعيدًا جدًا لدرجة أنك عدت إلى المكان الذي بدأت منه. أبلت نظرية النسبية العامة لآينشتاين بلاءً حسنًا في تفسير سلوك ما يجاور كوننا ولكنها لا تقول شيئًا بخصوص الشكل الكلي أو طوبولوچيا الفضاء، فهل الكون لوح مسطح غير نهائي، أم كرة مغلقة، أم تارة دائرية الشكل، أم شيء أكثر غرابة من ذلك؟

يطلق علماء الرياضيات على الأكوان الحلزونية اسم "متعددة الاتـصال". عـام 2003 أجـرى مجموعة علماء تحت قيادة چون پيير لومنيه في مرصد بإيريس – ميدون في فرنسا دراسة لإشعاع الخلفية الكونية الميكروي، وقد وجدوا أنماطًا للإشعاع تشير إلى أن الفضاء قـد تكـون لـه بنيـة ملتفة معقدة مبنية على مضلع ذي إثني عشر ضلعًا يسمى "اثنا عشري سطوح"، فـإذا غادرتـه منه من أحد جوانبه فستدخل مجددًا خلال الوجه المقابل. لازال علماء الفلك في انتظار مجسات فـــضائية لوضـــع خـــرائط جديـــدة وأكثر دقة للخلفيـة الميكروية لاختبـار هذه الفكرة بمزيـد من التمحيص.



علم الكون الكمي

استنادًا إلى نظرية النسبية العامة، فإن الانفجار العظيم الذي ولد كوننا من خلاله لابد أن يكون قد بدأ من تفرد جاذب للغاية، أي نقطة منعدمة الحجم ولا نهائية الكثافة، وكما هو الحال في فيزياء الثقب الأسود يرى العلماء أن وجود التفرد الجاذب للغاية هو دليل على انهيار نظرية النسبية العامة الكلاسيكية- فهي لا تقدم تفسيرًا مقبولًا للحظات الكون الأولى- وأننا نحتاج إلى النظر للجاذبية من ناحية كمية.

علم الكون الكمي هو محاولة نحو ذلك، وقد تم اقتراحه أول مرة في الثمانينات. النظريات الأخرى للجاذبية الكمية تأخذ نظامًا كميًا موجودًا (مثل الجسيمات الفيزيائية) وتحاول تأسيس الجاذبية داخله بينما علم الكون الكمي يعمل في الاتجاه المعاكس لذلك؛ فهو يقوم بتكميم منحنيات نظرية النسبية العامة المكانية والزمانية الموجودة نفسها. تجعل الصياغة حساب الاحتمالات الكمية للأنواع المختلفة من الأكوان التي تنبثق إلى الوجود من العدم ممكنًا، لكن إخضاع النظرية إلى اختبارات علمية صارمة سيتطلب معلومات فيزيائية فلكية على مستوى أفضل من تلك البيانات المتاحة حاليًا.

متعدد الأكـوان

لطالما كانت الأكوان المتوازية موضوعًا رئيسيًا تتناوله قصص الخيال العلمي لكن عام 1957 اقترح عالم الفيزياء هوج إيفرت فلسفة جديدة لنظرية الكم تعرف باسم" تفسير العوالم المتعددة" أدت إلى جلب الأكوان المتوازية إلى عالم الواقع. وإذا كان ذلك صحيحًا فإن ذلك يعني أن كوننا مجرد أحد الأكوان ضمن شبكة مترامية الأطراف من أكوان عديدة أخرى تعرف باسم متعدد الأكوان. في متعدد الأكوان هناك أكوان تضم كل التصورات الممكنة - أكوان لست موجودًا فيها، أو أكوان تكون فيها قد ألفت هذا الكتاب أو حتى أكوان كنت فيها إمبراطورًا لبولندا.

استحوذ على تفكير العلماء إمكانية وجود أكوان موازية تكون فيها القوانين الفيزيائية مختلفة جذريًا بحيث تكون الجاذبية والتفاعلات بين الجسيمات دون الذرية لها أشكال مختلفة تمامًا.

الكـون الهولوجرامي

ماذا لو كان الكون كله مجرد هولوجرام، أي إسقاط ثلاثي الأبعاد لأحداث تحدث على سطح ثنائي الأبعاد تمامًا مثل الهولوجرام على بطاقة ائتمانك؟ تلك هي المقدمة الأساسية للمبدأ الهولوجرامي" الذي صيغ في بداية الأمر ردًا على مشكلة الثقوب السوداء في الفيزياء، وهو بالتحديد أن المعلومات المخزنة على جسم يسقط في ثقب أسود تبدو وكأنها تدمر- وهو شيء يختلف مع قوانين نظرية المعلومات-. يقول المبدأ الهولوجرامي أن هذه المعلومات لا تسقط بل تبقى معلقة في أفق حدث الثقب.

لكن بعد ذلك أدرك علماء الفيزياء إنه إذا كان محتوى معلومات الثقب مشفرًا على أفقه فإن هذا لابد أن يكون صحيحًا للكون أيضًا وهو محدود بأفقه الكوني الخاص. قد يكون من الممكن اختبار هذه الفكرة؛ الفضاء في الكون الهولوجرامي يجب أن يكون له بنية خشنة غير مصقولة غير معتادة مما يجعل قياس التفاصيل الصغيرة مستحيلًا. في عام 2007 اكتشف علماء باستخدام تجربة الموجات الجاذبة لجهاز جيو 600 (the GEO600 gravitational wave experiment) في ألمانيا علامات مترددة لتلك البنى الخشنة لكن لازالوا في حاجة إلى المزيد من البيانات.

الكـون الملتهب

في نظرية الانفجار العظيم القياسي، لا معنى للحديث عما يسبق نشأة كوننا؛ لأن الانفجار العظيم هو بداية ليس فقط المادة جميعها بل أيضًا بداية المكان والزمان، فالتساؤل عما حدث قبل الانفجار العظيم يشبه التساؤل عما يقع شمال القطب الشمالي الأرضي، لكن النظرية التي درسها فيما بعد عالما الفيزياء نيل توروك وبول ستنهاردت غيرت ذلك، وسميت هذه النظرية باسم "الكون الملتهب"(نسبة إلى كلمة لهب باللغة الإغريقية)، وهي تتخيل الزمكان رباعي الأبعاد لكوننا كورقة تشبه الغشاء تقع في فضاء فوقي له بعد إضافي خامس وعلى بُعد مسافة صغيرة في البعد الخامس يقع غشاء آخر يصطدم معه الغشاء الخاص بنا دوريًا، وكل تصادم يشعل ما نسميه نحن انفجارًا عظيمًا. وتتكرر هذه الدورة كل 30 مليار سنة وبالتالي هناك تتابع لا نهائي من الانفجارات العظيمة ممتد من الماضي إلى المستقبل.

النموذج الملتهب محفز بواسطة أفكار من نظرية الأوتار تعرض آليتها الخاصة في البنى المكونة للكون مثل المجرات والعناقيد مما يجعل نظرية الكون الملتهب في تحدي أمام نظرية التضخم.

علم الكـونيات

معضلة أولبرز

ألق نظرة للخارج في ليلة صافية وسترى عددًا قليلًا من النجوم وخلفها سماء مظلمة، وإذا كان الكون لا نهائي فمهما كان الاتجاه الذي تنظر منه فحتما سيقع خط بصرك في نهاية المطاف على النجم مما يعني أن سماء الليل لابد أن تكون كتلة مستعرة مضاءة بالنجوم، وقد ألقى عالم الفلك الألماني هينريك أولبرز الضوء هذا التناقض الواضح في القرن الثامن عشر فيما يعرف بمفارقة أولبرز

وقد حل هذه المفارقة مزيج من عاملين. أولًا، ولد كوننا منذ عدد سنين محدد مما يعني أن الضوء المنبعث من عدد محدد فقط من النجوم – وهي تلك التي تقع في أفقنا الكوني – يمتلك الوقت الكافي ليصل إلينا. واكتشاف قانون هابل وتمدد الكون في العشرينيات

أضاف التفافًا جديدًا، فالتمدد ينشر الضوء للخارج أثناء محاولته اجتياز المسافات الكونية مما يؤدي إلى تقليل طاقته ويجعل النجوم والمجرات البعيدة أكثر خفوتًا مما تكون عليه عادة.

المبدأ الكوني

علم الكونيات علم غريب؛ فمن نقطة مراقبة واحدة في الفضاء نحاول كشف عمل الكون بأكمله، لقد أخذنا ما هو مكافيء للقطة واحدة - بضع قرون من الرصد مقارنة مليارات السنين من التطور الكوني - لنحاول تجميع تاريخ الكون بأكمله والتنبؤ بمستقبله، وفي الحقيقة، علم الكونيات سيكون مستحيلًا لولا بعض الفرضيات التي وضعناها وأهم هذه الفرضيات هو المبدأ الكوني، وهو يقول أن الكون-على النطاق الواسع- متجانس وموزع توزيعًا متساويًا. متجانس يعني إنه له نفس الخواص في جميع نقاط الفضاء، أما (موزع توزيعًا متساويًا) فتعني إنه له نفس الشكل في جميع الاتجاهات. ويرتبط المبدأ الكوني ارتباطًا وثيقًا بمبدأ كوبرنيكوس الذي ينص على أن الأرض لا تشغل موقعًا مميزًا في الفضاء-نظرتنا للكون تقليدية.

قانون هابل

نظرية النسبية العامة لآينشتاين تنبأت تنبؤًا مذهلًا: الفضاء يتمدد، ووجد آينشتاين ذلك غير مستساغ وبدلًا من أن يعلن عن تلك النتائج لعلماء الفلك ليتناولوها بالبحث والدراسة قام بتلفيق معادلاته لإزالة ذلك التأثير، لكن عام 1929 وجد عالم الفلك الأمريكي إيدوين هابل ومساعده ميلتون هامسون دليلاً على أن الفضاء حقًا يتمدد، وقد جمعا ملاحظات عديدة من طيف المجرات البعيدة-أي كيفية تغير سطوع ضوء المجرة مع تغير طوله الموجي. يمكن أن تكون المجرة متحركة نحو المراقب أو مبتعدة عنه وهذا يؤدي إلى تغير الطول الموجي للضوء بسبب تأثير دوبلر. يمكن للقياسات الفلكية - في تحليل طيفي معين- الكشف عن سرعة حركة المجرات، وقد وجد هابل وهامسون أن معظمها ينحسر- ضؤوها يتحول إلى اللون الأحمر ويتحرك نحو اللون الأحمر الأكبر في الطول الموجي في نهاية الطيف، وبالتركيز على المجرات معلومة المسافات، وجدا أن سرعة

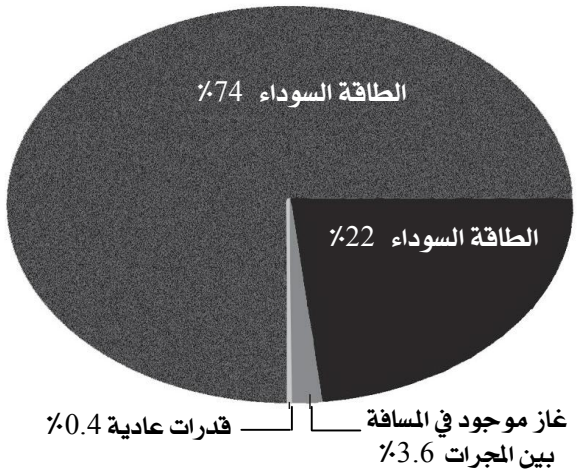
الانحسار تزداد بزيادة المسافة؛ كانت سرعة المجرة تحسب عن طريق ضرب سرعتها في عدد ثابت عرف منذ ذلك الحين باسم ثابت هابل، وقد كان ذلك دليلًا دامغًا على التمدد الكوني الذي تنبأ به آينشتاين، ولكنه أهمله.

التمدد الكوني

على الرغم من أن عالم الفلك إيدوين هابل كان على المسار الصحيح عندما حسب سرعات انحسار المجرات استنادًا على تاثير دوبلر للنظرية الموجية إلا أن هناك تفسيرات آلية فيزيائية أعمق وراء ملاحظاته، إنه التمدد الذي تسبب في نشأة قانون هابل تخيل الفضاء وكأنه بالون منفوخ. ارسم نقاطًا على سطح بالون وراقب مواضع النقاط أثناء نفخك للبالون وستجد أن جميع النقاط تتحرك مبتعدة عن بعضها البعض كلما كبر حجم البالون وأن بالنسبة للبالونات التي تتمدد تمددًا ثابتًا تزداد سرعة تباعد أي نقطتين عن بعضهما البعض بزيادة المسافة الفاصلة بينهما- تمامًا كما تنبأ هابل.

يعمل التمدد الكوني على إزاحة الضوء القادم من المجرات البعيدة إلى أطوال موجية أكبر- وهو مايسمى تأثير الإزاحة الحمراء إلا أن ذلك يختلف قليلًا عن الإزاحة الحمراء التي ينتجها تأثير دوبلر، فالإزاحة الحمراء الكونية يسببها تمدد الفضاء الذي يمدد الضوء إلى أطوال موجية أكبر وأكثر حمرة.

المادة السوداء



تحتوي المجرات على أكثر مما يُـرى منها- إنه جـوهر المـادة الـسوداء. وتقول النظرية أن هناك مجالًا مـن مادة غـير مرئيـة يتخلـل الفـضاء، والأدهي من ذلك أن هذه "المـادة المظلمة" تزن خمسة أضعاف المـادة المرئية للكـون كلـه مجتمعـة. لقـد

استشعر علماء الفلك المادة السوداء للمرة الأولى في الثلاثينيات على هيئة تناقضات بين الكتلة المرئية في عناقيد المجرات والكتلة التجاذبية المستدل عليها من حركة المجرات المكونة لها، وقد تبع ذلك ظهور دليل أوضح في السبعينيات عندما بدأ علماء الفلك في قياس"منحنيات الدوران"للمجرات الحلزونية، وهي رسوم بيانية توضح العلاقة بين السرعة المدارية للنجوم في المجرة، وبعدهم عن مركز المجرة، وقد تنبأ قانون كيبلر بأن المجرات التي تتركز كتلتها في المركز تقل سرعتها تدريجيًا حتى تصل إلى الصفر كلما تحركت مبتعدًا عن المركز، لكن علماء الفلك وجدوا أن بمجرد الابتعاد عن انتفاخ مركز المجرة فإن السرعة المدارية تثبت تقريبًا. وأحد طرق تفسير هذه المشكلة هو أن المجرة إذا كانت مضمنة في هالة من مادة مخفية. وعلى الرغم من وجود أدلة فلكية كثيرة إلا أننا نحتاج اكتشاف جسيمات المادة السوداء مفردة تجريبيًا

الطاقة السوداء

عندما اكتشف المسكين آلبرت آينشتاين أن لنظرية النسبية العامة تتنبأ بأن الكون لابد أن تمدد، أضاف ما يسمى "الثابت الكوني" للصيغ الرياضية للنظرية لإلغاء تأثير التمدد، لكن عندما اكتشف إيدوين هابل التمدد الكوني، أزال آينشتاين على الفور الثابت الكوني من معادلاته مشيرًا إليه على إنه أكبر خطأ فادح في حياته. وتشير الملاحظات الفلكية الآن إلى أن الثابت الكوني-على الرغم من ذلك – موجود لكنه متجسد في اسم "الطاقة السوداء"، ويعتقد الآن إنه يعمل في الاتجاه المعاكس- تسريع تمدد الكون بدلًا من إبطائه.، وقد لاحظ التأثير التسارعي للطاقة السوداء لأول مرة في أواخر التسعينيات علماء فلك كانوا يقومون بقياس الإزاحات الحمراء لانفجار مستعر عظيم في إحدى المجرات البعيدة.

تشير آخر بيانات تجريبية من مسبار ويلكينسون لقياس اختلاف الموجات الراديوية إلى أن الطاقة السوداء تمثل 74٪ من كتلة الكون، وأن المادة السوداء تمثل 22٪، وأخيرًا أن الذرات العادية تمثل 4٪

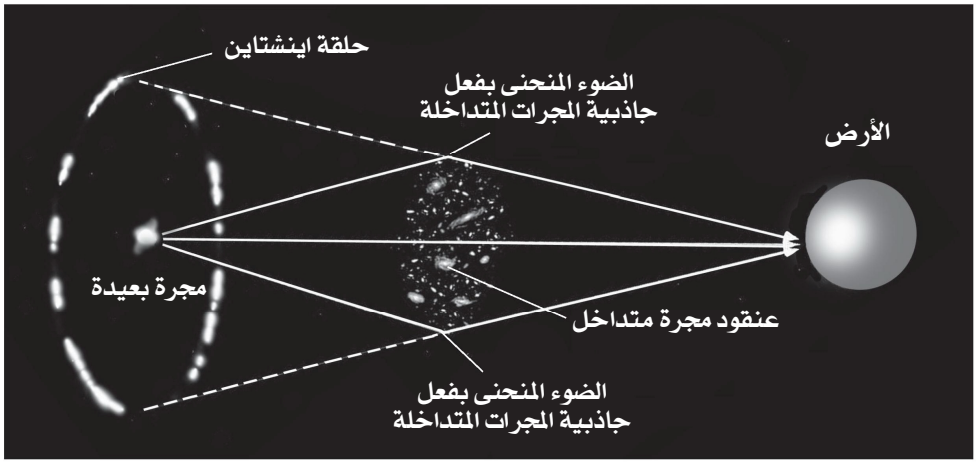
عناقيد المجرات

لا تميل المجرات إلى العيش منفردة-تمامًا مثل النجوم، فهي تتواجد ضمن تجمعات تُعرف باسم عناقيد المجرات التي يصل اتساعها إلى ملايين السنين الضوئية، وهي موطن لما يزيد عن 1000 مجرة. يعتقد أن العناقيد الصغرى قد اندمجت معًا لتكوين العناقيد الكبرى-يتم تكون العناقيد خلال عملية تصاعدية بدلًا من الإطار التنازلي، وتتجمع العناقيد معًا مكونة "عناقيد عظيمة"تمتد مئات ملايين السنين الضوئية وتشكل ألواحًا وخيوطًا من المادة تحيط بالفراغات الشاسعة.

مجرة درب التبانة هي أحد أعضاء عنقود مجرة تعرف بالمجموعة المحلية،وهناك عناقيد أخرى قريبة منا، ومنها الجاذب الأعظم- تركيز غير مرئي من الكتلة يقع في كوكبة سنتروس التي تسحب درب التبانة في اتجاهها بسرعة 600 كم/ ث(350 ميل/ ث). أما مجموعتنا المحلية فهي جزء من "العنقود العظيم المحلي" الذي يضم أيضًا عنقودي فيرجو وكوكبة الدب الأكبر المجاورين.

التعدس الجاذب

يمكن للضوء القادم من المجرات البعيدة أن ينحني بفعل جاذبية عناقيد المجرات المتداخلة وهذا يشبه إلى حد كبير انحناء ضوء النجوم حول الشمس- الذي قدم أول اختبار تجريبي لنظرية النسبية العامة خلال خسوف شمسي عام 1919، ويمكن لهذا التأثير أن يقوم بتضخيم الضوء القادم من المجرات البعيدة، ولهذا السبب تعرف هذه العملية بالتعدس الجاذب (gravitational lensing). ففي الأبعاد الثنائية، يسبب هذا التأثير انحناء الضوء القادم من المجرات البعيدة بحيث يرى المراقب نسختين لصورة معكوسة (انظر الشكل)، أما في الأبعاد الثلاثية لكوننا الحقيقي فيقوم عنقود المجرة المصطف بين المراقب ومجرة بعيدة بتنظيم الضوء القادم من هذه المجرة على شكل حلقة تامة حولها، ويعرف مثل هذا الاصطفاف باسم "حلقة آينشتاين" وقد اكتشفت أولاها عام 1998. للتعدس الجاذب مثيل أصغر منه يعروف بالتعدس الميكروي يستخدم في الكشف عن الأجرام السوداء صغيرة الكتلة (مثل الكواكب الخارجية أو الأقزام البنية) عن طريق ومضة الضوء التي تسببها هذه الأجرام في ضوء النجم الواقع خلفها.



نهاية الكون

كيف سينهي كوننا حياته في نهاية المطاف؟ لن يحدث ذلك قبل ملايين عديدة من السنين، لكن هناك عددًا من السيناريوهات المحتملة وضعت في الاعتبار. إذا أصبحت كثافة المادة أعلى من قيمة حرجة معينة فإن جاذبيتها ستكون كافية في يوم ما لإيقاف التمدد الكوني وجعل الفضاء ينكمش على نفسه مجددًا في عملية كارثية مضادة للانفجار العظيم اسماها علماء الكون "الانسحاق العظيم". ومن ناحية أخرى، إذا أصبحت كثافة الكون أقل من تلك النقطة الحرجة فلن ينهار مجددًا أبدًا بل أن تمدده سيستمر إلى الأبد، وفي نهاية المطاف سينفد وقود النجوم وستموت، وستتحلل جسيمات المادة ويتلاشى الكون إلى العدم،ويطلق على ذلك أحيانا اسم "سيناريو الموت الحراري"؛ فطبقًا لقوانين انتقال الحرارة يكون الكون بذلك قد وصل إلى حالة من الاتزان الحراري وبالتالي لا يمكن بذل شغل مفيد-بما في ذلك تحول الكتلة إلى طاقة داخل النجوم. يبدو سيناريو الموت الحراري محتملًا بسبب وجود الطاقة السوداء التي تساعد التمدد الكوني على إكمال مسيرته، لكن الطاقة السوداء تفسح المجال لاحتمالية ثالثة-فإذا كانت الطاقة السوداء فعالة بما يكفي لتتحول إلى صورة يطلق عليها "الطاقة الخفية" فإنها ستتمكن في نهاية المطاف من تسريع التمدد الكوني إلى درجة تمزق الكون إربًا بكل ما تحمله الجملة من معنى في سيناريو قاسٍ إلى حد ما يعرف باسم"التمزيق العظيم".

السفر في الفضاء

الصواريخ

الصواريخ الفضائية هي مظهر تقليدي لقانون نيوتن الثالث للحركة- وهو، لكل فعل رد فعل مساو له في المقدار ومضاد له في الاتجاه. فالصواريخ تعمل عن طريق تسريع أحجام كبيرة من غازات العادم إلى سرعات عالية يكون رد الفعل عليها هو القوة التي تدفع الصاروخ في الاتجاه المعاكس. الدفع على سطح الأرض سهل لأن هناك دائمًا شيئًا ما تدفعه المركبة في الاتجاه المعاكس؛ فالقارب يدفع الماء- تدفع المروحة كتلة من الماء إلى الخلف فيكون رد الفعل عليها قوة تسرع حركة القارب إلى الأمام. لكن في فراغ الفضاء لا يوجد شيء؛ أي أن مركبة الفضاء لابد أن تحمل معها "كتلة رد الفعل" التي ستدفعها وتسمى دافع الصاروخ، وهو ينقسم إلى جزأين- الوقود بالإضافة إلى المادة المؤكسدة، وهي مادة تحتوى على الأكسچين المطلوب لحدوث الإحتراق، فعلى سطح الأرض، هناك وفرة من الأكسچين في الغلاف الجوى، أما في الفضاء عليك أن تعتمد على نفسك وتأخذ ما تحتاجه من الأكسچين.

مدار الأرض

إحدى أول الرحلات إلى الفضاء كانت فيما يسمى مسارات شبه دائرية، أي أن مسارات الرحلات كانت عبارة عن أقواس عملاقة في السماء- في الأساس عبارة عن نسخة مكبرة من قذف كرة في الهواء ومراقبتها أثناء عودتها إلى سطح الارض. وقام الآن شيبارد عام 1961 بأول رحلة فضاء بشرية في أمريكا وكانت عبارة عن رحلة في مدار شبه دائري استغرقت 15 دقيقة وهبطت بآلان على بعد 480 كم (300 ميل) من موقع انطلاقه.

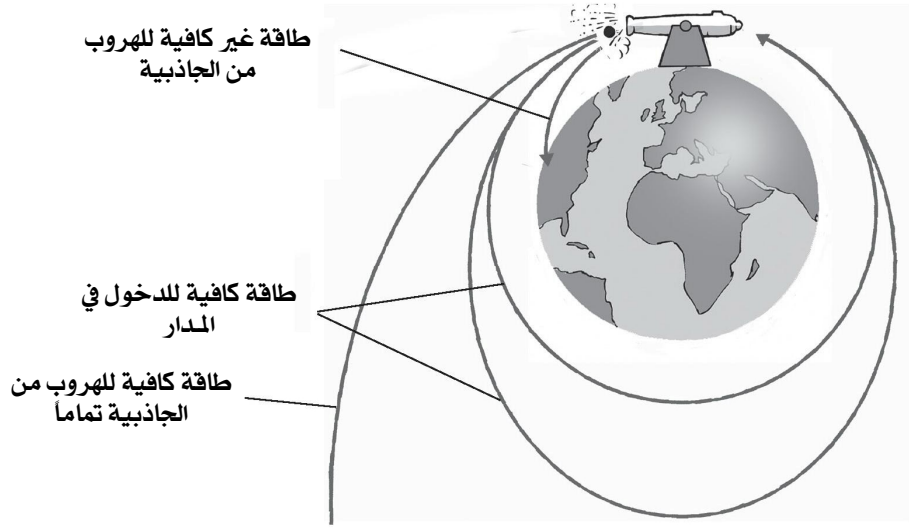
يتطلب وضع صاروخ في مدار حول الأرض طاقة أكبر بكثير من تلك التي يحتاجها الصعود والهبوط السريع لرحلة في مسار شبه دائري، فالمدار هو سمة خاصة للجاذبية يقوم فيها السحب الجاذب للكوكب بتوفير القوة الطاردة المركزية اللازمة لإبقاء دوران مركبة الفضاء حوله. وتحتاج الصواريخ إلى الوصول إلى سرعة عالية جدًا للوصول إلى

مدار الأرض، عادة حوالي 28000كم/ س(1700 ميل في الساعة) مما يجعل الرحلات المدارية بطبيعتها أكثر خطورة، فعند دخول المركبة إلى الغلاف الجوي بهذه السرعة تتولد حرارة تصل إلى آلاف الدرجات المئوية، مما يعنى أن المركبة تحتاج عوازل حرارية عالية الكفاءة حتى لا تحترق، وكان الروسي يوري جاجارين أول إنسان يدور حول الأرض في إبريل عام 1961م.

سرعة الهروب

أحيانًا تحتاج البعثات الفضائية إلى إرسال مركبة فضائية إلى ماهو أبعد من الرحلات شبه المدارية أو الدوران حول الأرض- تجاوز جاذبية كوكبنا تمامًا، ويمكن للعلماء استخدام قوانين جاذبية نيوتن لحساب السرعة اللازمة للصاروخ لفعل ذلك، وهي بالنسبة للأرض تساوي 40000 كم/ س (25000 ميل في الساعة) وتُعرف باسم سرعة الهروب من الأرض. أما القمر فالخروج منه أسهل من الخروج من الأرض بسبب أن جاذبيته أقل منها- سرعة الهروب من القمر 8600 كم/ س (5300 ميل في الساعة) فقط.

سرعة الهروب من الأرض كافية لإطلاق صاروخ في رحلة إلى الكواكب لكن الشروع في رحلة إلى النجوم سيتطلب سفينة يمكنها التحرك أسرع من ذلك- لأنها ستحتاج أن تبقى بعيدة عن جاذبية الشمس أيضًا. جاذبية الشمس عند مسافة مدار الأرض-حمدًا لله- ليست قوية بقدر قوتها عند مسافات أقرب، لكن مركبة الفضاء التي هربت بالفعل من جاذبية الأرض لا تزال في حاجة إلى سرعة إضافية مقدارها 150000 كم/ س(93000 ميل في الساعة).



الأقمار الصناعية

الأقمار الصناعية هي مركبات فضائية من صنع الإنسان تدور حول الأرض، وكان أولها القمر الصناعي الروسي سبوتنيك1 الذي أطلق عام 1957 والذي قام ب 1440 لفة حول الأرض قبل أن يحترق في الغلاف الجوي في بدايات عام 1958. معظم الأقمار الصناعية تكون غير مزودة بأطقم عمل بشرية بل تؤدي وظائف يتم التحكم فيها عن بعد في الفضاء مثل رصد الأرض، والفلك، وإرسال إشارات ملاحية (مثل أقمار نظام التموضع العالمي GPS) والعمل كمنصات اتصال، لكن هناك عددًت قليلاً من الأقمار يزود بأطقم عمل بشرية؛ في وقتنا الحاضر لا يوجد قاعدة مأهولة بالبشر في مدار الأرض بشكل دائم سوى محطة الفضاء الدولية (ISS)، وهي أكبر قمر صناعي يدور حول الأرض حتى الآن، ويزيد عرضها عن 100 متر (325 قدمًا)، وهي منصة علمية لدراسة تأثيرات الفضاء على جسم الإنسان ولإجراء أبحاث أخرى في بيئة منعدمة الجاذبية- والتي لا يمكن إجراؤها على سطح الأرض.

السياحة الفضائية

السياحة الفضائية متاحة الآن من خلال تأجير مركبات فضائية للذهاب إلى الآفاق العليا- صواريخ فضائية محملة بسياح يدفع كل منهم مئات الآلاف من الدولارات ليجرب

تشويق الفضاء الخارجي. الشركة الرائدة في السياحة الفضائية هي شركة فيرچن جالاكتيك لمؤسسها البريطاني ريتشارد برانسون والتي تعتزم تقديم رحلات شبه مدارية إلى الفضاء على متن مركبة فضائية ذات أجنحة تهبط إلى الأرض من خلال مدارج الطائرات التقليدية. تكلفة التذكرة 200000 دولار للفرد إلا إنه من المتوقع لهذا السعر الضخم أن ينخفض كثيرًا خلال العقود القادمة. تعد مشاريع السياحة الفضائية المستقبلية برحلات مدارية وربما توفير فرص لإقامات ممتدة لأيام أو أسابيع في فنادق فضائية- تدور حول الأرض أو حتى القمر.

مدار كلارك

يعتمد الوقت الذي يستغرقه جسم يدور حول الأرض في إتمام دورة واحدة حول الكوكب على ارتفاع المدار. مدار الأرض المنخفض قريب نسبيًا من الكوكب ودورته تساوي 90 دقيقة لكن هذه الفترة الزمنية تزداد كلما تحرك إلى الخارج إلى أن تصل إلى نقطة تكون فيها الفترة المدارية مساوية للوقت الذي تستغرقه الأرض في الدوران حول محورها؛ أي 24 ساعة. القمر الصناعي الموضوع في المستوى الاستوائي للأرض عند هذا الارتفاع-35786 كم (22236 ميل)- سيظهر معلقًا في السماء فوق نفس النقطة على سطح الأرض.

عام 1945 نشر كاتب خيال علمي مغمور يدعى آرثر سي كلارك مقالًا في المجلة البريطانية للإليكترونيات (Wireless World) أشار فيه إلى أن الأقمار التي تشغل هذه المدارات يمكن استخدامها في نشر الإشارات الراديوية حول العالم. الآن هناك المئات من أقمار الاتصالات تلك تدور حول الأرض في مدارات "كلارك".

المسابير الكوكبية

لقد وضع عدد صغير من سفن الفضاء في مدارات أجرام أخرى في المجموعة الشمسية. كان أول مسبار فضائي من صنع الإنسان يغادر مدار الأرض هو(لونا)1 السوفيتي الذي أطلق عام 1959 ومر بالقمر قبل دخول المدار حول الشمس.، وشقيقته المركبة (لونا-10)

التي أطلقت عام 1966 كانت أول مركبة تدور حول القمر. قد يستغرق الدوران حول كوكب آخر خمس سنوات أخرى لكنه تحقق لأول مرة عن طريق مركبة فضاء ناسا (مارينر 9) عام 1971 عندما دارت في مدار المريخ وعادت بأول صور فوتوغرافية للكوكب الأحمر عن قرب.

هناك سفن فضائية أجرأ من ذلك- لم تقنع بمجرد الدوران حول الأجرام الأخرى بل هبطت على سطحها أيضًا. كانت مركبة (لونا 3) الروسية أول مركبة تهبط على سطح القمر عام 1959 على الرغم من أن ذلك كان اصطدامًا أكثر من كونه هبوطًا، أما (لونا 9) فقد قامت بأول هبوط هادئ على سطح القمر عام 1966- نفس العام الذي تحطمت فيه المركبة الروسية (قينيرا3) على سطح كوكب الزهرة.، وقد دارت مركبات فضائية في مدارات حول كوكبي المشترى وزحل وحلقت فوق أورانوس ونبتون وفي الوقت نفسه تم القيام بهبوط مخطط على المريخ والزهرة وأحد أقمار زحل وهو تيتان.

المحركات الآيونية

أحد بدائل الصواريخ الذي قفز مؤخرًا من حيز التجارب إلى حيز التكنولوچيا المثبتة هو الدفع الآيوني. تعمل المحركات الآيونية بنفس المبدأ الأساسي للدفع الصاروخي- فهي تحمل الوقود وتولِّد الحركة عن طريق قذفه خلفها بأقصى سرعة، لكن في الوقت الذي تقوم فيه الصواريخ بذلك عن طريق إحتراق الوقود تقوم به المحركات الآيونية عن طريق إعطاء الوقود شحنة كهربية ثم تسريعه باستخدام مجال كهربي. يبدو إخراج الوقود ذرة بذرة بهذه الطريقة عملية بطيئة جدًا- وهي فعلًا بطيئة. فالمحركات الآيونية تحقق دفعًا ضئيلًا مما يعني أنها تستغرق أيامًا وأسابيع من التشغيل المستمر للوصول إلى سرعة قصوى إلا أن ميزتها أنها تتمتع بكفاءة عالية جدًا؛ فكل جرام من الوقود في المحرك الآيوني يعطي دفعًا مساويًا 20 مرة الدفع الذي تعطيه نفس الكتلة من الوقود الكيميائي القابل للإحتراق في النهاية.

الأشرعة الشمسية

الأشرعة الشمسية تمثل تكنولوچيا دفع مختلفة تمامًا عن الصواريخ. أنها صفائح مايلر فضية كبيرة والتي تقوم حرفيًا بالتطفل على الضوء القادم من الشمس. وكما أوضح آينشتاين عندما عمل على التأثير الكهروضوئي عام 1905، فالضوء ليس فقط موجة- يمكن أيضًا اعتباره جسيمات تعرف باسم الفوتونات، وضوء الشمس ملآن بفوتونات عالية الطاقة وتمامًا كما تصطدم جسيمات الهواء بأشرعة اليخت تهطل الفوتونات على الشراع الشمسي تنقل كمية التحرك التي تدفع الشراع. وضبط زاوية الشراع يمكن القائد من توجيهه، إمالة الشراع لتسريع السفينة وكذلك تغيير حجم مدارها حول الشمس.

البشر في الفضاء

في الستينيات غادر البشر الأرض أخيرًا. حلقنا أولًا خارج الغلاف الجوي، ثم قمنا بالدوران حول الأرض وأخيرًا عندما شارف العقد على الانتهاء ذهبنا إلى القمر، لكن منذ ذلك الحين لم يقم البشر نسبيًا بدفع استكشافات الفضاء المزودة بفرق عمل بشرية قدمًا. بعد القمر كانت الخطة هي الوصول إلى المريخ وهبوط أول فريق على سطحه قبل 1986، لكن اتضح أن الدفع بالبشر إلى هاوية الفضاء بين الكواكب أصعب مما كنا نظن؛ فقد أظهرت الدراسات أن الإشعاعات في الفضاء السحيق تشكل خطرًا مميتًا على رواد الفضاء، وأن إضافة دروع ثقيلة إلى مركبة الفضاء غير ممكنة التنفيذ؛ لأن ذلك من شأنه زيادة الوزن الذي يجب أن يرفع في الفضاء زيادة كبيرة، ومع ذلك توصل العلماء في مختبر رذرفورد آپليتون (Rutherford Appleton Laboratory) في إنجلترا إلى حل. معظم الإشعاعات الضارة في الفضاء تتكون من جسيمات مشحونة كهربيًا واعتقد فريق المختبر أن مركبة الفضاء يمكن أن تغلف بفقاعة مغناطيسية يمكنها صد هذا الخطر دون الذري، والأفضل من ذلك أن هذه المغناطيسات المطلوبة لعمل ذلك صغيرة وخفيفة بما يتناسب مع إطلاقها في الفضاء.

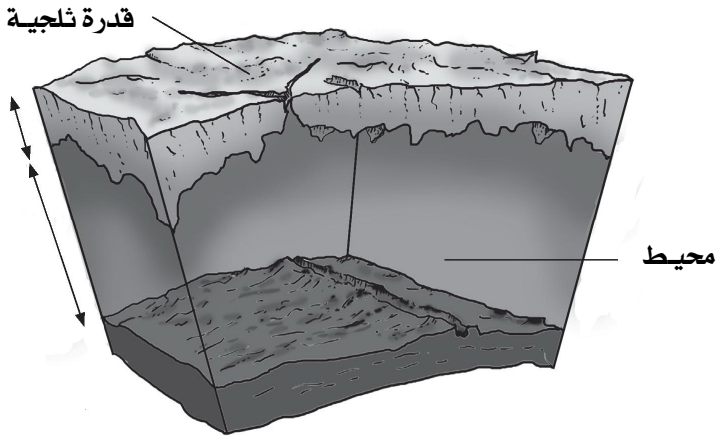
الحياة في الفضاء

ك.هـ.أ.ن (C.H.O.N)

الكربون، والهيدروچين، والأكسچين والنيتروچين هي العناصر التي تقوم عليها الحياة على الأرض واختصارها ك.هـ.أ.ن (C.H.O.N). ظهر الهيدروچين بكميات هائلة نتيجة للانفجار العظيم، أما الثلاثة عناصر الباقية فقد تشكلت في الأفران النووية داخل النجوم-ربط العناصر معًا لتكوين نواة ذرية أكبر تدريجيًا. وعندما تنهي النجوم حياتها في انفجار المستعر الأعظم تتشتت العناصر في الكون لتكون سحبًا في الفضاء بين النجمي والتي تنمو منها بعد ذلك أجيال مستقبلية من النجوم والكواكب. لقد أظهرت التجارب كيف يمكن لمركبات هذه العناصر الأربعة في الماء أن تخضع لشرارات كهربية لتكون أحماضًا أمينية- اللبنة الأساسية للحياة العضوية.

الحياة في المجموعة الشمسية

كوكب الأرض هو المكان الوحيد في المجموعة الشمسية الذي عثر فيه على حياة، مع ذلك يشك الكثير من العلماء إنه من الممكن اكتشاف حياة ميكروبية بدائية على كوكب المريخ، وقمر أوروبا التابع لكوكب المشترى. هناك عدد من الاكتشافات الحديثة على كوكب المريخ حدت بالعلماء إلى الاعتقاد بوجود حياة مختبئة في الأعماق - تم اكتشاف مياه جليدية هناك، كما أن الرصد المداري كشف عن وجود غاز الميثان في الغلاف الجوي للكوكب. الميثان الجوي تفككه سهل لذلك يشير اكتشافه إلى أن هناك مصدرًا موجودًا على كوكب المريخ، ويمكن أن يكون هذا المصدر بركانًا على الرغم من أن عدم وجود براكين نشطة في الكوكب يجعل ذلك غير قابل للتصديق؛ وجود مصدر حيوي يبدواحتمالية أكبر في وجهة نظر الكثيرين، وفي الوقت نفسه اعتقد بعض علماء الكواكب أن القمر أوروبا يحتوى على محيط من المياه السائلة مطمورة بعيدًا تحت السطح. والحرارة المتولدة نتيجة سحق وضغط جاذبية المشترى المجاور تحفظ المياه من التجمد ويمكنها حفظ درجة حرارتها بحيث تكون دافئة بشكل يلاءم وجود حياة.



الإنتشار الشامل

الانتقال المحتمل للميكروبات بين كواكب المجموعة الشمسية يعرف باسم الإنتشار الشامل (Panspermia)، وهي فكرة طرحها لأول مرة عالم الكيمياء السويدي (سفانت أرهينس) عام 1903 ثم طورها بعد ذلك عالمي الفلك البريطانيين (فريد هويل)، و(شاندرا ويكراماسينجي).

يعتقد أن الكائنات لها القدرة على الانجراف في الفضاء داخل الصخور حيث يتم حمايتها من البيئة القاسية خارج الأرض، ويعتقد بعض العلماء أن الإشعاعات الشمسية يمكن أن تعصف بالكائنات الدقيقة الموجودة داخل حبيبات التراب الضئيلة إلى الخارج خلال الفضاء بين الكواكب – نفس وسيلة الدفع باستخدام الأشرعة الشمسية. في نوفمبر من عام 1969 هبطت بعثة أبوللو 12 على سطح القمر على مرمى حجر من (سيرفيور 3) – الهابط الآلي الذي كان قد هبط في وقت سابق منذ عامين. أعاد رواد فضاء أبوللو 12 ميكروبات من داخل كاميرا سيرفيور3 والتي اكتشف بعد عودتها إلى الأرض أنها نجت أثناء مكوثها في الفضاء، وقد دعم هذا الاكتشاف نظرية الإنتشار الشامل دعمًا كبيرًا.

الكـواكـب الشبيهة للأرض

بدأ علماء الفلك في اكتشاف كواكب تدور حول نجوم أخرى، وهذه الكواكب لها كتلة تشبه كتلة كوكبنا، وتدور في المنطقة المعتدلة – حيث تكون درجة الحرارة ملائمة لوجود

الماء في الحالة السائلة. اكتشفت أولى الكواكب التي تقع خارج مجموعتنا الشمسية- والتي تسمى بالكواكب الخارجية- عام 1995، ومعظم هذه الكواكب التي وجدت حتى الآن تشبه كوكب المشترى لكن بتطور تكنولوچيا الكشف، ظهرت العوالم ذات الكتل الأصغر في المشهد. أشبه الكواكب بالأرض المعروفة حاليًا كوكب (جليسي 581 دي) (Gliese 581d) والذي تبلغ كتلته سبع مرات كتلة كوكب الأرض، وعلى الرغم من إنه يدور في مدار نصف قطره يساوي 0.2 نصف قطر مدار الأرض إلا أن نجمه قزم أحمر بارد- مما يجعل درجة حرارته مشابهة جدًا لدرجة الحرارة على سطح الأرض.

عام 2009 أطلقت ناسا بعثتها الفضائية كيپلر- تلسكوب فضائي يراقب الوميض الدقيق المنذر الذي تسببه الكواكب الصغيرة العابرة لأوجه النجوم البعيدة.، وبعثة فضائية أخرى تسمى داروين اقترحتها وكالة الفضاء الأوروبية ستستخدم أجهزة بصرية لقياس التداخل من اجل تحليل الأغلفة الجوية للكواكب الشبيهة بالأرض. وجود الماء وثاني أكسيد الكربون والأوزون (جزئ مكون من ثلاثة ذرات أكسچين) معًا في الوقت نفسه قد يكون إشارة إلى وجود حياة.

معادلة دراك

عام 1960 دون عالم الفلك الأمريكي فرانك دراك معادلة رياضية للتنبؤ بعدد الحضارات خارج كوكب الأرض في مجرة درب التبانة، وتعرف بمعادلة دراك وهي عبارة عن قائمة طويلة من العوامل الضربية، كل منها يضم احتمالية أحداث معينة قد تكون ضرورية- أولًا لظهور حياة ثم لتطور هذه الحياة وتصبح ذكية، وتشمل هذه العوامل حدودًا مثل معدل تكون النجوم، ونسبة تلك النجوم التي لها كواكب، ونسبة النجوم التي تدعم الحياة، وهكذا.

عندما صاغ دراك هذه المعادلة في الأصل وقدر القيم العددية لحدودها حصل على إجابة تقول أن هناك حوالي 10 حضارات ذكية خارج كوكب الأرض في مجرتنا. وأفضل قيم للحدود طبقًا للعلم الحديث تعطي إلى حد ما إجابة أكثر تحفظًا هي: 2.

البحث عن ذكاء خارج الأرض (SETI)

البحث عن ذكاء خارج الأرض (SETI) هو مجهود يبذله علماء الفلك للكشف عن إشارات يتم بثها من حياة ذكية في مكان ما في الكون. تجرى هذه الأبحاث عادة باستخدام أطوال موجية راديوية تقترب من 21 سم، وهو الطول الموجي لموجات الراديو التي تطلقها سحب غاز الهيدروچين الذري في مجرة درب التبانة. من المحتمل أن تبث حضارة غريبة أطوارً موجية قريبة من ذلك؛ أملًا في أن يلتقط علماء الفلك الراديوي الذين يقومون بدراسة الهيدروچين إشاراتها بالصدفة لازال العلماء يقومون بأبحاث (SETI) منذ عام 1960 مستخدمين أكبر التلسكوبات الراديوية المتاحة- ومنها طبق إيريسيبو ذو الـ 300 متر، ومصفوفة تلسكوبات آلن الجديدة (the new Allen Telescope Array) وهي عبارة عن شبكة من الأطباق الراديوية لقياس التداخل موها (بول آلن) الشريك المؤسس لشركة ميكروسوفت، وحتى الآن لم تكتشف أبدًا أي إشارة غريبة.

وقد تعمد بعض علماء الفلك بعث إرسالات في الفضاء، ففي عام 1974 استخدم عالم الفلك فرانك دراك تلسكوب إيريسيبو لإرسال تحية للعنقود النجمي الكروي، هرقل (hercules)، وقام علماء آخرون ومنهم الأستاذ بجامعة كامبردج ستيفن هوكينچ بالتحذير من خطورة إفشاء موقعنا للأجناس الغريبة التي من المحتمل أن تكون معادية.

مفارقة فيرمي

طرح عالم الفيزياء الإيطالي الأمريكي إنريكو فيرمي عام 1950 سؤالًا هو "أين الجميع؟"- إذا كان هناك أشكال ذكية من الحياة في مكان ما في الكون إذن لماذا لا نراها؟ وأصبحت تلك هي مفارقة فيرمي. كان منطق فيرمي بسيطًا، فبمعرفة العدد الهائل من النجوم في الكون- مايزيد عن 100000 مليار مليار- حتى أصغر فرصة لظهور حضارة ذكية لابد أن تتحقق في مكان ما، وبمجرد ظهور حضارة متقدمة في مجرتنا فستتوسع وتنتشر في المجرة كلها في بضع عشرات من ملايين السنين- وهو لمح البصر مقارنة بعمر الكون والذي يساوي 13.7 مليار سنة، لكننا لا نري أي دليل على وجود إمبراطوريات بينجمية كهذه.

يلجأ المتحمسون للبحث عن ذكاء خارج الأرض إلى عدد من الحجج لتفسير مفارقة

فيرمي- على سبيل المثال، افتراض أن الغرباء قد يكونون فضلوا عدم التفاعل مع كوكب الأرض بسبب نوع ما من سياسات عدم التدخل، أما العلماء ذوي النظرة الأكثر ارتيابًا يأخذون ذلك كدليل على أن الحياة في الكون غير مرجحة بدرجة كبيرة جدًا جدًا- مدرسة فكرية أصبحت معروفة باسم "فرضية الأرض النادرة"

مقياس كارداشيف

يقاس مدى تقدم الحضارات خارج كوكب الأرض باستخدام مايسمى مقياس كارداشيف الذي وضعه عالم الفلك الروسي نيكولاي كارداشيف في الستينيات. وقد قسم كارداشيف الحضارات الغريبة المتقدمة إلى ثلاثة تصنيفات- أعطاها أسماء: النوع الأول والثاني والثالث- حسب كمية الطاقة التي يمكنها أن تصل إليها. حضارة النوع الأول يمكنها تسخير كل طاقة كوكبها الأم مما يتطلب إنشاء ألواح شمسية شاسعة للاستحواذ على الضوء الذي يصل إلى الكوكب من النجم المضيف- بالإضافة إلى وضع كل الأنوية الذرية المتاحة خلال تفاعلات الانشطار النووي والاندماج النووي. وقد تم حساب الطاقة المتاحة لعرق النوع الأول بأنها قد تكون مكافئة للطاقة التي تحصل عليها أنت عن طريق تفجير قنبلة نووية حرارية كبيرة كل ثانية. أما حضارات النوع الثاني فقد وسعت من سيطرتها إلى ماهو أبعد من ذلك؛ للاستحواذ على كل خردة طاقة يطلقها كوكبها الأم؛ وقد تتضمن بناء هياكل مجمعة للطاقة حول النجوم مثل كرة دايسون، وفي الوقت نفسه يمكن لعرق النوع الثالث الغريب أن يستغل كل الطاقة التي تطلقها جميع النجوم في مجرته الأم- حوالي 100 مليار مرة الطاقة الخارجة من الشمس. لازالت الحضارة البشرية إلى حد ما أقل من النوع الأول.

كرات دايسون

كرة دايسون - التي اقترحها عالم الفيزياء فريمان دايسون- هي بناء يقام حول نجم ما للاستحواذ على طاقته وتسخيرها. يمكن أن تأخذ الكرة شكل منصة جامدة أو الأرجح من ذلك، أن تضم سربًا من المركبات الفضائية المجمعة للطاقة والتي تكفن النجم. الحضارة التي ستنجح في بناء كرة دايسون تصبح من النوع الثاني على مقياس كارداشيف.

يقول بعض علماء الفلك أن كرات دايسون قد تكون قابلة للاكتشاف- فالكرة التي تحيط بنجم ترتفع حرارتها وتعيد إشعاع الطاقة بأطوال موجية تحت حمراء والتي-من حيث المبدأ يمكن التقاطها من خلال فلك الأشعة تحت الحمراء. وتساءل أخرون عما إذا كانت البنى التي يبنيها الغرباء وتدور حول نجم ما-ربما أجزاء من كرة دايسون في بدايتها- يمكن اكتشافها بصريًا أثناء عبورها خلال وجه النجم. يمكن باستخدام أدوات حساسة بما فيه الكفاية التمييز بين حدة هذه البنى وزاوية مظهرها وبين الظل الناعم المستدير لكوكب ما. أطلق على اصطياد أجرام كهذه اسم (SSET)" البحث عن تكنولوچيا خارج الأرض" وقد أشير إلى أن تلسكوب كيپلر الفضائي لناسا والذي أطلق عام 2009 قد يكون أطلق للقيام بذلك.

المبدأ الإنساني

المبدأ الإنساني هو وسيلة للمنطق العلمي الذي يعمل عن طريق تقييد قوانين الفيزياء والكيمياء والأحياء باستخدام حقيقة بسيطة هي أن الحياة قد نشأت هنا على كوكب الأرض؛ أي نظرية علمية مرشحة تمنع صراحة الحياة في الكون بالتأكيد خاطئة. واستخدم عالم الفلك البريطاني الشهير فريد هويل المبدأ الإنساني للتنبؤ بأن تفاعلًا معينًا من التفاعلات النووية المنتجة للكربون يجب أن يتم داخل النجوم، وإذا لم يحدث ذلك فلن يكون هناك كربون كاف لظهور الحياة العضوية بما فيها نحن. وقد ذهبت الفيزياء التجريبية إلى أبعد من ذلك وبحثت في تنبؤ هويل- ووجدته على نحو واف.

علق بعض العلماء بأنه من المذهل أننا موجودون هنا لمراقبة أنفسنا تقريبًا- بالتالي من الوارد أن تكون قوانين الفيزياء منسجمة مع الحياة. ويستخدم آخرون فكرة العوالم المتعددة في نظرية الكم ليجادل في أن ذلك ليس مدهشًا على الإطلاق-فإذا كانت فكرة العوالم المتعددة صحيحة فهم يقولون أن كل كون محتمل موجود في مكان ما، وأننا - بفضل وجودنا- لا بد أن نجد أنفسنا في أحد العوالم القليلة التي تكون الحياة فيها متاحة.