

1001 فكرة عن

الأرض / الفضاء /

المعرفة والمعلومات والحوسبة / المستقبل

English Edition Copyright

SCIENCE 1001

Quercus

Carmelite House

50 Victoria Embankment, London EC4Y 0DZ

First published in 2010

Copyright © 2010 Paul Parsons

حقوق الطبعة الإنجليزية

حقوق الطبعة العربية

عنوان الكتاب: 1001 فكرة عن

الأرض / الفضاء / المعرفة والمعلومات والحوسبة / المستقبل

تأليف: Paul Parsons

ترجمة: هناء محمد محمد

مراجعة: فايز ميلاد

الطبعة الأولى

سنة النشر: 2017

الناشر: المجموعة العربية للتدريب والنشر

8 شارع أحمد فخري - مدينة نصر -

القاهرة - مصر



تليفون: 23490242 (00202)

فاكس: 23490419 (00202)

الموقع الإلكتروني www.arabgroup.net.eg

E-mail: info@arabgroup.net.eg

E-mail: elarabgroup@yahoo.com

بارسونس، بول

1001 فكرة عن: الأرض / الفضاء /

المعرفة والمعلومات والحوسبة / المستقبل

تأليف: بول بارسونس؛ ترجمة: هناء

محمد محمد، مراجعة: فايز ميلاد -

القاهرة: المجموعة العربية للتدريب

والنشر، 2017 - ط1

266 ص: 24x17 سم.

الترقيم الدولي: 2- 978-977-722-109

1- العلوم 2- الأرض 3- الفضاء

أ- محمد، هناء محمد (مترجم)

ب- ميلاد، فايز (مراجع)

ج- العنوان

ديوي: 500

رقم الإيداع: 2017/22734

تنويه هام:

إن مادة هذا الكتاب والأفكار المطروحة به
تعبّر فقط عن رأي المؤلف - ولا تعبّر بالضرورة
عن رأي الناشر الذي لا يتحمل أي مسؤولية
قانونية فيما يخص محتوى الكتاب أو عدم
وفائه باحتياجات القارئ أو أي نتائج مترتبة
على قراءة أو استخدام هذا الكتاب.

حقوق النشر:

جميع الحقوق محفوظة للمجموعة العربية
للتدريب والنشر ولا يجوز نشر أي جزء من هذا
الكتاب أو اختزان مادته بطريقة الاسترجاع أو
نقله على أي نحو أو بأية طريقة سواء كانت
إلكترونية أو ميكانيكية أو خلاف ذلك إلا
بموافقة الناشر على هذا كتابة ومقدما.



1001 فكرة عن

الأرض / الفضاء / المعرفة والمعلومات
والحوسبة / المستقبل

تأليف

Paul Parsons

ترجمة

هناء محمد محمد

مراجعة

فايز ميلاد

خبير مناهج العلوم بمركز تطوير المناهج

الناشر

المجموعة العربية للتدريب والنشر



2018

المحتويات

9 مقدمة

12 الأرض

14..... علوم الأرض

20..... عصور الأرض

24..... طبيعة الأرض

32..... طبيعة جوف الأرض

37..... المحيطات

43..... التكتونيات

48..... الكوارث الطبيعية

58..... الغلاف الجوي للأرض

64..... الأرصاد الجوية

69..... علم الجيولوجيا

75..... علم المناخ

81..... أسرار الأرض

88 الفضاء

90..... سماء الليل

95..... الفلك

100 النظام الشمسي

111 الكواكب

119 النجوم

128 المجرات

135 بداية الكون

143 علم الكونيات

149 السفر في الفضاء

155 الحياة في الفضاء

162 المعرفة والمعلومات والحوسبة

164 الطريقة العلمية

170 الرياضيات البحتة

175 علم الرياضيات التطبيقية

180 المعلومات

185 الحوسبة

193 تخزين البيانات

199 تقنية الإنترنت

205 اتجاهات الويب

211 الذكاء الاصطناعي

218 المستقبل

220 فيزياء المستقبل

223 الكيمياء في المستقبل

224 علم الأحياء في المستقبل

228 الأرض في المستقبل

231 الفضاء في المستقبل

235 الصحة والطب في المستقبل

239 العلوم الاجتماعية في المستقبل

241 المعرفة والمعلومات والحوسبة في المستقبل

244 العلوم التطبيقية في مستقبل

251 **Glossary المعجم**

مَقَالَةٌ

يطرح العلم أسئلة جوهرية بشأن ماهية العالم، لماذا يوجد على ما هو عليه، وقد قدمت أعظم العقول العلمية في العالم الكثير من الإجابات على مدار التاريخ. ونتيجة للعلم الذي نعرفه الآن، فقد بدأ الكون قبل نحو 13.7 مليار سنة في حيث كرة من اللهب فائقة الحرارة المعروفة باسم الانفجار الكبير. ونتيجة للعلم الذي نعرفه، فإن جميع الكائنات الحية في العالم لها رمز للمخطط البيولوجي الخاص بها على جزيء كيميائي يعرف باسم الحمض النووي الريبي المنزوع الأوكسجين (RNA)، والذي يعد بمثابة الوسيلة التي نمرر من خلالها الصفات والخصائص الخاصة بنا وصولاً إلى نسلنا. ونتيجة للعلم الذي نعرفه أيضاً فإن الزواحف كبيرة الحجم كانت تحكم كوكبنا فيما مضى، وفي يوم واحد منذ 65 مليون سنة تمت إبادتهم بسبب تأثير المذنب الضخم أو الكويكب مع الأرض. وكذلك بسبب العلم فإن لدينا في منازلنا أجهزة الحاسوب والتي هي أقوى من أسرع الحواسيب فائقة القدرة التي كانت موجودة منذ عشر سنوات فقط.

ويشمل العلم ربما أكبر مجالات النشاط الفكري الإنساني، لكن عندما يتعلق الأمر بتقسيم التقدم العلمي المحرز خلال الخمسة آلاف عام الماضية إلى 1001 قطعة في حجم القضمة الواحدة، يظهر العلم وكأنه ضئيل جداً وفي حالة يرثى لها، وكأن العلم أصبح يتقدم مرة واحدة كل خمس سنوات، ولكن في حجم فصل واحد من هذا الكتاب، دعونا نقول أن هذه هي ضريبة العصور المظلمة الخالية من الاكتشافات العلمية، ولكن في وسط هذا الظالم الدامس تأتي شُعلة من النور والأمل؛ كما حدث عام 1996 عندما أصبح لدينا النعجة دولي، وهي أول حيوان ثدي مُستنسخ في العالم آنذاك، ومع إدعاء وجود حياة على كوكب المريخ عندما عثروا على حشرة البق مُتحفرة داخل نيزك، وأيضاً عندما هزم حاسوب «ديب بلو - Deep blue» بطل العالم في الشطرنج آنذاك غاري كاسباروف (Garry Kasparov)

في الواقع، إذا تم ترتيب هذا الكتاب زمنياً، فمن المحتمل أني قد أرجعه إلى منتصف عصر النهضة. بدلا من ذلك ستجد الصفحات بداخلة منظمة حسب الموضوع. لقد اتخذت العلم الحديث كما نفهمه في الوقت الراهن وقسمته إلى عشرة أقسام رئيسية: الفيزياء، الكيمياء، علم الأحياء، الأرض، الفضاء، الصحة والطب، العلوم الاجتماعية، المعرفة والمعلومات والحوسبة، العلم التطبيقي، والمستقبل. ثم تم تقسيم كل من هذه الفئات مرة أخرى إلى أقسام فرعية على مناطق الموضوع الرئيسية، وداخل كل منها ستجد في المتوسط حوالي اثني عشر مقالا لتغطية هذا الموضوع بالذات. لذلك، فإن للفيزياء أقساماً فرعية عن الحرارة، والنسبية ونظرية الكم، وذلك على سبيل المثال لا الحصر. وعلى سبيل المثال، ففي نظرية الكم هناك مقالات على الأفكار مثل هرة شرويدنجر، ومبدأ عدم اليقين، وتفسير العديد من العوالم.

وقد كان هدفي كمؤلف هو الجمع بين اتساع كتاب مرجعي - على سبيل المثال، الموسوعة العلمية - وإمكانية الوصول والشعور بالمتعة التي تحصل عليها من قطعة من الكتابة العلمية الشهيرة. وكان هذا هو المبدأ الموجه لي في تحويل ما كان من السهل أن يكون "العلوم 1001" إلى ما لديك هنا. ولقد قمت بإخراج كل ما هو مبهم وغامض من الموضوعات التي لا يحتاجها القارئ العادي ولا يهتم بها. وقمت بتلخيص وإيجاز وتوضيح ما تبقى للوصول إلى ما أتمني أن يكون في التوازن النهائي بين المقروئية والشمولية.

تم كتابة المقالات باللغة الإنجليزية الواضحة والموجزة. وغالبا ما تكون مكتفية ذاتيا، ولكن عندما لا تكون كذلك فإنه يوجد إشارات إلى مقالات أخرى التي أما تكون مساعدة على الفهم أو تقدم مزيد من المعلومات. إذا لم تكن متأكدا من القسم الفرعي للمقال الذي تبحث عنه، فإن هناك فهرساً شاملاً لإرشادك مباشرة إليه، وفي الوقت نفسه، فإن الأقسام الفرعية نفسها مكتوبة بأكبر قدر ممكن من الاستمرارية، لذلك إذا كنت بعد استعراض شامل لنظرية الكم، سيعمل هذا القسم الفرعي للفيزياء كمقالة يمكن قراءتها من البداية إلى النهاية.

العلوم 1001 هو كتاب كبير حول موضوع أكبر. أتمني لك الاستمتاع به.

بول پارسونز (Paul Parsons)

باحث، إنجلترا، فبراير

الأرض

جاء كوكبنا الأم، كوكب الأرض، إلى حيز الوجود في صورة شظايا ولدها النظام الشمسي تجمعت حول الشمس حديثة العمر منذ 4.5 مليار سنة. أما نشأة البشر فلم تكن سوي في الألفي سنة الأخيرة. وإذا تم تمثيل الزمن منذ تكون الأرض بأنه 24 ساعة فإن جنسنا البشري يكون قد ظهر خلال الثلاث ثوان الأخيرة.

لكن البشر لا يدركون ذلك إدراكًا كبيرًا؛ فمنذ القرن العشرين يعتقد العلماء - وأبرزهم عالم الفيزياء البريطاني ويليام تومسون (ويعرف أيضًا باسم اللورد كيلفن) - أن عمر الأرض يساوي 100 مليون سنة فقط، وقد بنى كيلفن زعمه على أوقات التبريد، لكنه تجاهل الفيزياء المعقدة لباطن الأرض

كما تجاهل عاملاً آخر لم يكن قد اكتشف حينها- وهو النشاط الإشعاعي، وهو تأثير يتسبب في توليد المزيد من الحرارة في باطن الأرض

حتى اليوم لا تزال الأرض نظاماً ديناميكياً معقداً لا يمكن للعلماء أن يدعوا فهمهم الكامل له. وأكثر ما هو مجهول هو التغير المناخي، فمناخ الأرض نظام حساس بصورة ملحوظة، يتحدد سلوكه من خلال عوامل كثيرة - ليس فقط الملوثات التي يصنعها الإنسان، لكن أيضاً يتحدد بتوزيع السحب، والنشاط البركاني وتيارات المحيطات وهلم جرا.

على الرغم من علمنا بحدوث الاحتباس الحراري، وأنه على الأرجح بسبب ما تقترف أيدينا إلا أن مدى تحوله إلى ما هو أسوأ، وما يمكننا فعله (إذا كان هناك ما يمكن فعله) حيال ذلك لن يكون واضحاً إلا خلال السنوات والعقود القادمة.

علوم الأرض

الأرض المنحنية

كوكبنا، كوكب الأرض هو كرة دوارة من الصخور والمعادن والغازات والسوائل، قطرها حوالي 13000 كم (ما يزيد على 25000 ميل)، ومحيطها يزيد عن 40000 كم. وتستمد الأرض شكلها الكروي من الجاذبية، وهي القوة التي تجعل الأنهار تتدفق إلى الأسفل، ولها نفس التأثير على المواد الصلبة التي تتكون منها الأرض - فهي تميل إلى تسوية سطح الكوكب حتى يكون كل شيء على أبعاد متساوية من المركز، والشكل الوحيد الذي يتحقق فيه ذلك هو الكرة. وقد عملت الجاذبية إلى حد كبير على تسوية التكتلات والمطبات على سطح الأرض لتجعله أملس بدرجة تفوق كرة بلياردو، لكن الأرض ليست كروية تمامًا؛ فالكوكب يدور تقريبًا مرة كل 24 ساعة مما يتسبب في تولد قوة خارجية تجعله أكثر امتلاءً عند خط الاستواء عما هو عليه عند القطبين بحوالي 43 كم (27 ميل). ويطلق العلماء على هذا الشكل المسطح اسم "كروي مفلطح".

خط الاستواء

خط الاستواء هو خط وهمي يقسم الأرض إلى نصفي كرة متساويين يعرفان باسم نصف الكرة الأرضية الشمالي ونصف الكرة الأرضية الجنوبي، وهو يشكل مستوى متعامد على محور دوران الكوكب، وهناك خطان وهميان آخران يحيطان بالأرض موازيين لخط الاستواء يطلق عليهما مدار السرطان، ومدار الجدي وهما دائرتي عرض 23.5 شمالًا، وجنوبًا على الترتيب، والمنطقة الدافئة التي تقع بينهما تعرف باسم المنطقة المدارية. خارج تلك الحدود هناك المنطقة الشمالية المعتدلة والمنطقة الجنوبية المعتدلة، وفيهما تكون درجات الحرارة أقل كثيرًا، وتمتدان حتى الدائرة القطبية الشمالية، والدائرة القطبية الجنوبية - المناطق القطبية الباردة للأرض (تبدأ من دائرة عرض 66.5 شمال وجنوب خط الاستواء) حيث تنهار درجات الحرارة حقًا.

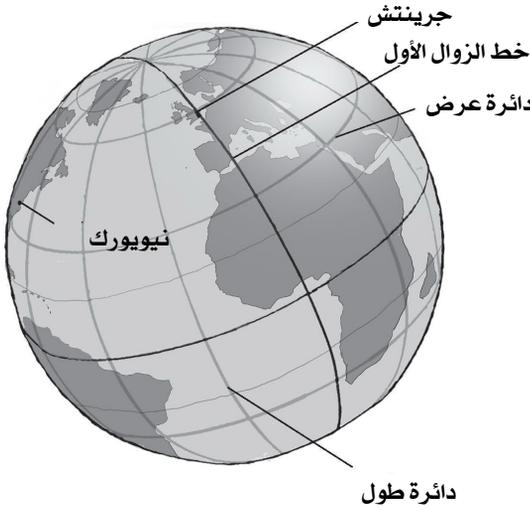
القطبين

تخيل أنك تسافر بعيداً جداً شمالاً أو جنوب سطح الأرض، وأنت ترسم دوائر موازية لخط الاستواء على سطح الكوكب أثناء تحركك. كلما تحركت مبتعداً عن خط الاستواء أصبحت الدوائر أصغر فأصغر حتى تتقلص في نهاية المطاف لتصبح نقطتين أحدهما أعلى الكوكب والأخرى أسفله وتعرف هاتان النقطتان باسم القطبين.

في الواقع، للأرض مجموعتان مختلفتان من الأقطاب: القطبين الجغرافيين، ويتحددان بدوران الكوكب بحيث أنك إذا استطعت أن تضع الكوكب على سيخ شواء عملاق - تقوم الأرض بدورة الليل/النهار من خلال الدوران على هذا السيخ - فإن هذا السيخ سيظهر عند القطبين الجغرافيين الشمالي والجنوبي. لكن للأرض أيضاً قطبين مغناطيسيين مثل قطبي القضيب المغناطيسي، نتيجة التيارات الكهربائية في قلب الأرض. يتغير القطبان المغناطيسيان من سنة إلى أخرى؛ ففي عام 2005 كان القطب الشمالي المغناطيسي على بعد 7 درجات من القطب الشمالي الجغرافي بينما كان القطب الجنوبي المغناطيسي تقريباً على بعد 30 درجة.

دوائر العرض وخطوط الطول

أي شخص سبق له أن لعب لعبة "حرب السفن" يعرف كيفية عمل نظام الإحداثيات. فضاء ثنائي الأبعاد مقسم إلى شبكة وتمثل الأرقام على كل جانب من الشبكة أزواج الإحداثيات التي تدل على كل مربع فريد من مربعات هذه الشبكة، وهذا هو الأساس الذي تقوم عليه



إحداثيات دوائر العرض وخطوط الطول؛ لا يوجد فرق سوى أن الأرض كرة وليست

سطحًا مستويًا ثنائي الأبعاد إذن كل إحداثي له زاوية حول الكرة، وبالتالي على سبيل المثال النقطتان المتقابلتان على سطح الكرة تقعان على بعد 180 درجة من بعضهما البعض، بينما التحرك 360 درجة حول الكرة يعيدك حيث بدأت.

الإحداثي الأول هو دائرة العرض ويقاس بمحاذاة خط مواز لخط الاستواء الذي يأخذ دائرة العرض صفر، وبالتالي يكون للقطين الشمالي والجنوبي دائرتي عرض +90، و-90 على الترتيب. أما خطوط الطول فتعطى بالمسافة حول خط الاستواء، وتعرف نقطة الصفر باسم خط الزوال الأول، وهو خط يربط بين القطين الشمالي والجنوبي ويمر بالمرصد الملكي بمدينة جريبتش في لندن، وتضاف اللاحقة شرقاً (E)، أو غرباً (W) إلى إحداثي خط الطول لبيان ما إذا كانت المسافة مقاسة شرق أم غرب خط الزوال الأول. تقرأ الإحداثيات على سطح الكوكب عادة بحيث تذكر دائرة العرض متبوعة بخط الطول مثلًا تقع نيويورك عند دائرة عرض 41 شمالًا وخط طول 73 غربًا.

اليوم والسنة

يتحدد طولًا اليوم والسنة على كوكب الأرض من خلال دورانه حول محوره ومداره حول الشمس. أثناء دوران الأرض تبدو الشمس وكأنها تعبر السماء من الشرق إلى الغرب، ويعرف اليوم الواحد على أنه الوقت الذي تستغرقه الشمس في العودة إلى نفس النقطة في السماء بعد إكمال دورة واحدة. تدور الأرض حول محورها مرة كل 23 ساعة و56 دقيقة و4 ثوان لكن في هذا الوقت تكون الأرض قد تحركت حول الشمس قليلاً نتيجة لمدارها مما يعني أن الأرض لا بد أن تدور أكثر قليلاً حتى تعود الشمس إلى نفس النقطة التي كانت عليها في اليوم السابق، وهذا الوقت الإضافي الذي تأخذه يجعل اليوم يصل إلى 24 ساعة.

مدار الأرض يحملها حول الشمس مرة كل 365.25 يوم وهذا هو منشأ تعريفنا للسنة. طول سنة التقويم العادية 365 يومًا فقط لكننا نعوض نقص الربع يوم بإضافة يوم إلى التقويم مرة كل أربع سنوات - وتسمى تلك السنة بالسنة الكبيسة. أحيانًا يلزم تصحيح الميل الضئيل في مدار الكوكب عن طريق إضافة "ثوان كبيسة".

المناطق الزمنية

دوران الأرض يعني أن دائمًا هناك نهار في مكان ما من الكرة الأرضية بينما في الجزء المقابل منها يكون الوقت ليلاً ولهذا السبب قمنا بعمل ما يسمى المناطق الزمنية، مما يعني أن عليك إعادة ضبط ساعتك عند السفر إلى مناطق نائية. غالبًا ما تتحدد المناطق الزمنية من خلال خطوط الطول - لذلك يعتبر التوقيت عند خط الزوال الأول هو نقطة الصفر، ويعرف هذا التوقيت باسم توقيت جرينتش (Greenwich Mean Time (GMT)، أو على النطاق الدولي يعرف باسم التوقيت العالمي المنسق Coordinated Universal Time (UTC)). بعض الدول مساحتها كبيرة بحيث تضم بين حدودها العديد من المناطق الزمنية؛ على سبيل المثال: في الولايات المتحدة هناك فرق توقيت قدره أربع ساعات بين السواحل الشرقية والسواحل الغربية.

خط التاريخ الدولي

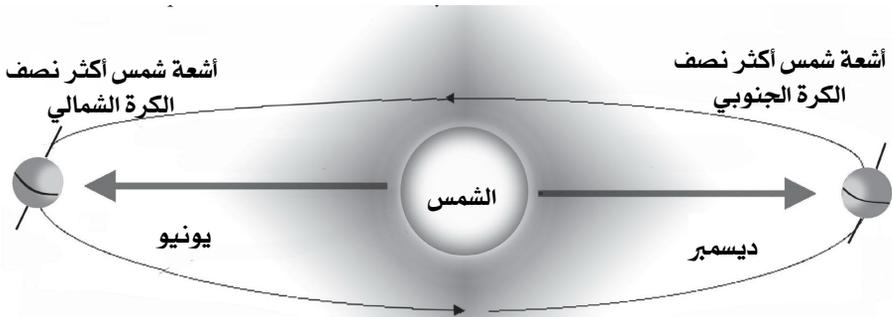
وجود مناطق زمنية حول العالم لا يعني فقط أن التوقيت يختلف من دولة إلى أخرى بل أن اليوم نفسه يختلف أيضًا. وبذلك فإنه لا بد أن يبدأ يوم جديد في مكان ما - وتعرف هذه النقطة باسم خط التاريخ الدولي (IDL)، وهو خط له طول ثابت، ويمر خلال القطبين الشمالي والجنوبي ويقع على بعد 180 درجة حول الكوكب من خط الزوال الأول.

فرق التوقيت بين خط التاريخ الدولي وخط الزوال الأول اثنتا عشرة ساعة لذلك، على سبيل المثال إذا كانت الساعة عند خط الزوال الأول الثالثة مساءً اليوم العاشر من شهر ديسمبر، ستكون عند خط التاريخ الدولي الثالثة صباحًا لكنها ستكون الثالثة صباح اليوم نفسه؛ العاشر من ديسمبر شرق الخط وستكون الثالثة صباح اليوم التالي؛ الحادي عشر من ديسمبر غربه، إذن إذا كنت في رحلة بالطائرة محققًا فوق خط التاريخ الدولي، فسيقفز التوقيت 24 ساعة عندما تجتازه مما يجبرك على إعادة ضبط ليس فقط ساعتك بل تقويمك أيضًا.

فصول السنة

أثناء دوران الأرض حول الشمس تمر بدورات من الدفء والبرودة تعرف باسم فصول السنة، سببها ميل الأرض بالنسبة لمستواها المداري حول الشمس. وهذا الميل يساوي 23.5 درجة مما يعني أن في جزء من السنة يكون نصف الكرة الأرضية الشمالي مائلاً باتجاه الشمس - بحيث يكون ضوء الشمس وحرارتها مركزين على مساحة أصغر من المساحة عندما تكون الأرض عند النقطة المقابلة من مدارها بعد نصف سنة. الموضع الأول يقابل فصل الصيف في نصف الكرة الشمالي والموضع الآخر هو الشتاء. وفي الوقت الذي يميل فيه نصف الكرة الأرضية الشمالي نحو الشمس يميل النصف الجنوبي مبتعداً عنها - ولهذا السبب يستمتع من هم في الجنوب من خط الاستواء بفصل الصيف في ديسمبر والشتاء في يونيو.

في المناطق المعتدلة الشمالية والجنوبية يوجد أربعة فصول بينما في المناطق المدارية يكون المناخ دافئاً بشكل مستمر والتغيرات الطفيفة الناتجة في درجات الحرارة تظهر على هيئة تغير في مستويات هطول الأمطار مما يقسم السنة بصورة عامة إلى فصلين: رطب وجاف. أما خطوط الطول المرتفعة عند الكرة القطبية الشمالية والجنوبية تعني أن ميل الأرض يجعل هذه المناطق تنغمس في ظلام مستمر لمدة ستة أشهر خلال الشتاء متبوعة بستة أشهر في نهار مستمر بلا غروب للشمس.



تأثير كوريوليس

تأثير كوريوليس هو ظاهرة يسببها دوران الأرض الذي يميل إلى جعل الهواء في نصف الكرة الشمالي يدور على هيئة دوامات في اتجاه عكس عقارب الساعة، وجعله يدور في دوامات مع عقارب الساعة في نصف الكرة الجنوبي. في كل يوم تتم الأرض دورة كاملة - 360 درجة - لكن خط الاستواء هو الجزء الأكثر اتساعاً على الكوكب لذلك يدور سطح الكوكب عنده أسرع - 1670 كم/س (1038 ميل في الساعة). بالمقارنة مع سرعة الدوران عند دائرة عرض نيويورك (41 شمالاً) التي تبلغ فقط 1260 كم/س (782 ميل في الساعة)، ويرجع سبب تأثير كوريوليس إلى هذا الفرق في السرعة الذي يؤدي إلى الحركة الدوامية في الغلاف الجوي المسؤولة عن أنظمة الطقس بما فيها الأعاصير، وكثيراً ما يقال أن الاتجاه الدوامي لمياه حوض الاستحمام أثناء تصريفها يرجع إلى تأثير كوريوليس أيضاً، لكن الأمر ليس كذلك - فتحريك الماء في الاتجاه المعاكس بسرعة باستخدام إصبعك سوف يؤكد ذلك.

المبادرة

تمتاز لعبة الأطفال النحلة الدوارة من جانب إلى آخر أثناء دورانها فيما يعرف بظاهرة المبادرة. في الحقيقة، تظهر ظاهرة المبادرة على كل الأجسام الدوارة - ولا نستثني الأرض من ذلك. فمحور دوران كوكبنا يتذبذب حول موضعه المركزي ويعود إلى نقطة البداية كل 26 سنة وهذا يغير من سماء الليل؛ دوران الكوكب يجعل القبة السماوية تظهر وكأنها تدور. وفي الوقت الحاضر يشير محور دوران الأرض نحو النجم بولاريس - المعروف بالنجم القطبي - لكنه كان يشير نحو نجم ثعبان منذ 5000 سنة، أما عام 14000 ميلادياً سيصبح الدور الذي يقوم به النجم بولاريس الآن من نصيب النجم الساطع (النسر الواقع) في كوكبة القيثارة.

المبادرة هي أحد أكبر الظواهر العديدة التي تتسبب في إزاحة محور دوران الأرض. من الظواهر الأخرى: "الترنح" وهو تذبذب صغير للمحور حول مسار مبادرته، و"الحركة القطبية" - تغير ضئيل وغير متوقع تسببه عوامل مثل تيارات المحيط والرياح.

عصور الأرض

الزمن السحيق

يمتد تاريخ كوكبنا امتدادًا هائلًا؛ 4.5 مليار سنة (4500000000). تمامًا كما نقسم نحن السنة إلى شهور وأسابيع وأيام يقسم العلماء ماضي الأرض إلى وحدات يسهل التعامل معها، وأكبر هذه الوحدات يسمى "الدهور العظيمة" (super aeons) والتي تمتد عدة مليارات من السنين؛ ويضم تاريخ كوكبنا دهرًا عظيمًا واحدًا فقط - يسمى الدهر العظيم قبل الكامبري (Precambrian). يأتي بعد ذلك "الدهور" (aeons) التي تمتد ما بين 500 مليون سنة و2 مليار سنة، وتنقسم الدهور إلى "حقب" (eras) كل منها بضع مئات من ملايين السنين، والتي تنقسم بدورها إلى "فترات" (periods) تستمر كل منها عدة عشرات من ملايين السنين، ثم "العهد" (epoches) والتي تتراوح عادة ما بين 10 إلى 20 مليون سنة، وأصغر وحدات الزمن السحيق هي "العصر" (age) والذي يكون عادة بضع ملايين من السنين أو أقل.

في حين أن وحدات الوقت اليومية التي نستخدمها لها مدد ثابتة، المدد الدقيقة لوحدة الزمن السحيق تتحدد من التراصف والسجل الأحفوري؛ فكل فصل من فصول ماضي الأرض يناظر طبقة من الصخور في السجل والتي يمكن التعرف عليها وتحديد تاريخها باستخدام علم الآثار. الفرق في الزمن بين الطبقة التي تقع في قمة السجل وتلك التي تقع في آخره يحدد المدة الزمنية لدهر معين أو حقبة أو فترة أو عهد.

الدهر الجحيمي (Hadean aeon)

الدهر الجحيمي هو أول دهر في تاريخ الأرض ويمتد منذ 4.5 مليار سنة إلى 3.8 مليار سنة مضت، وهو فترة زمنية شهدت تكون النظام الشمسي وكوكب الأرض والقمر خلال الحدث الهائل المعروف باسم "الدفقة الكبيرة". وتكونت أقدم معادن وصخور الأرض في هذه الفترة وقد تكون أقدم أشكال الحياة قد تكونت فيه أيضًا.

كان الحدث العظيم الذي حدث في نهاية الدهر الجحيمي هو القصف الشديد المتأخر،

وخلاله تخلل وابل من التأثيرات الكونية النظام الشمسي الداخلي، ومعظم الفوهات الموجودة على سطح القمر حاليًا ناتجة عن العاصفة الثلجية الكونية القديمة. قد يكون القصف الشديد المتأخر حدث نتيجة انتقال أحد الكواكب العملاقة - مثل نبتون - نحو الخارج في النظام الشمسي مما تسبب في الإخلال بالأجسام الصغيرة أثناء انتقاله.

الدهر الأركي (Archean aeon)

يأتي الدهر الأركي مباشرة بعد الدهر الجحيمي ويمتد من 3.8 مليار سنة إلى 2.6 مليار سنة مضت⁽¹⁾ (bya). يعتقد أن الحياة النباتية القادرة على القيام بعملية البناء الضوئي قد نشأت في هذا الدهر عندما تكونت القارات أيضًا ويعتقد كذلك أن النشاط التكتوني قد بدأ في هذا الدهر إلا أن تخطيط القارات كان مختلفًا تمامًا عما هو عليه في خريطة العالم اليوم - معظم كتلة اليابسة مركزة في قارة عظمى كبيرة قد تنفك في المستقبل خلال انجراف قاري، وكانت المياه السطحية وفيرة. ينقسم الدهر الأركي إلى أربع حقبة - الحقبة السحيقة الأولى (Eoarchean) (3.8-3.6 bya)، الحقبة السحيقة المبكرة (paleoarchean) (3.6-3.2 bya)، الحقبة السحيقة الوسطى (Mesoarchean) (3.2-2.8 bya) والحقبة السحيقة الحديثة (Neoarchean) (2.8-2.6 bya). وترجع أقدم بقايا الحفريات المعروفة إلى الحقبة السحيقة المبكرة من الدهر الأركي.

الدهر الفجري (Proterozoic aeon)

الدهر الفجري هو أطول الدهور، وخلاله ظهرت أولى الكائنات الدقيقة متعددة الخلايا، ويمتد من 2.6 مليار سنة إلى 0.57 مليار سنة (bya) وينقسم إلى ثلاث حقبة. خلال الحقبة السحيقة المبكرة (Palproterozoic era) (2.6-1.6 مليار سنة مضت) أصبح الغلاف الجوي محتويًا على الأكسجين بفعل البيكتريا التي كانت تقوم بعملية البناء الضوئي، وكان هناك أيضًا مظاهر لأشكال حياة الكائنات حقيقية النواة، بعد ذلك جاء

(1) مليار سنة مضت billion years ago

العصر السحيق الأوسط (Mesoproterozoic era) (1.6- 1.1 مليار سنة مضت) وجاء معه تطور التناسل الجنسي، وأخيرًا انتهى الدهر بالعصر السحيق الحديث (Neoproterozoic era) (1.1-0.57 مليار سنة مضت) عندما حل عصر جليدي قاس - كما هو معتقد. يشكل كل من الدهر الجحيمي والأركي والفجري معًا الدهر العظيم قبل الكمبري.

الحقبة الأولى (Paleozoic)

بعد الدهر الفجري جاء دهر الحياة الظاهرة الذي بدأ منذ 0.57 مليار سنة مضت ولا يزال ممتدًا حتى وقتنا الحاضر. الحقبة الأولى هي أول حقبة هذا الدهر امتد من 570 مليون سنة مضت حتى 248 سنة مضت، وتنقسم إلى ست فترات: الفترة الكمبرية (the Cambrian period) (570-470 مليون سنة مضت)، الفترة الأوردوفيقية (Ordovician) (470-438 مليون سنة مضت)، الفترة السيلورية (Silurian) (438-408 مليون سنة مضت)، الفترة الديفونية (Devonian) (408-360 مليون سنة مضت)، الفترة الكربونية (Carboniferous) (360-285 مليون سنة مضت) والفترة البرمية (Permian)

تظهر صخور الفترة الكمبرية زيادة ملحوظة في عدد الحفريات على هيئة طفرة نمو للحياة اتخذت من المحيطات مكانًا لها- وتعرف بالانفجار الكمبري- وأدت إلى ظهور الحيوانات البحرية قاسية القشرة، واستمرت حتى الفترة الأوردوفيقية. أما الفترة السيلورية فقد شهدت بداية انتقال الحياة من البحار إلى اليابسة- النباتات أولاً ثم بعد ذلك، في الفترة الديفونية ظهر أول حيوان على اليابسة مع وجود الأسماك الفقارية المزدهرة في المحيطات. وفي الفترة الكربونية أصبحت كتلة أكبر من اليابسة مغطاة بالغابات الخضراء الأمر الذي هيا موطناً للأهلين الجدد. أما الحشرات فقد ظهرت في الفترة البرمية ونمت بأعداد كبيرة نتيجة توافر الأكسجين الذي نتج عن غابات الأرض خلال عمليات البناء الضوئي. وفي نهاية الفترة البرمية حدث انقراض جماعي أتى على العديد من فصائل الحشرات ممهدًا الطريق لظهور الزواحف والبرمائيات.

الحقبة الوسيطة (Mesozoic era)

ثاني حقبة دهر الحياة الظاهرة، امتد من 248 مليون سنة مضت وحتى 65 مليون سنة مضت، وهو الوقت الذي سادت فيه الديناصورات الأرض ولهذا السبب تعتبر غالبًا أنها "حقبة الزواحف"، وتنقسم إلى ثلاث فترات تبدأ بالفترة الترياسية (Triassic period) (248-213 مليون سنة مضت) والتي تركزت فيها معظم كتلة الأرض مجددًا في قارات عظمى عملاقة، وشاع ظهور الزواحف والبرمائيات على اليابسة؛ وفي الوقت نفسه تطورت كائنات عملاقة في البحار.

كانت ذروة الديناصورات في الفترة الجوراسية (the Jurassic period) (213-144 مليون سنة مضت)، كما ازدهرت الحياة النباتية في هذه الفترة أيضًا - السرخس، والصنوبريات والغابات الكثيفة التي احتضنت الكوكب. وقد حلقت الحيوانات لأول مرة في السماء أيضًا بظهور التيروصورات (الديناصورات الطائرة)، وأول الطيور ذات الريش. وقد انتهى العصر بالفترة الطباشيرية (the Cretaceous period) (144-65 مليون سنة مضت)، وقد عاش العديد من فصائل الديناصورات الشهيرة - ومنها فصيلة التيرانوصور ركس، وفصيلة فيلوسيراتور الذكية - خلال هذه الفترة. أنهى التأثير الكوني لذنب أو كويكب ما على الأرض هذه الفترة ومحى وجود الديناصورات.

الحقبة الحديثة (السينوزوية) (Cenozoic era)

نحن الآن في الحقبة الحديثة التي تمتد من زمن انقراض الديناصورات منذ 65 مليون سنة مضت وحتى وقتنا الحالي. بعد زوال الديناصورات، ورثت الثدييات كوكب الأرض، وهي مخلوقات ذوات دم حار تطورت من الحيوانات الصغيرة مثل القوارض لتملأ الفراغات التطورية التي خلفتها الديناصورات، وقد تطورت الطيور لتصل إلى شكلها الحالي.

تنقسم الحقبة الحديثة إلى ثلاث فترات - الفترة الباليوجينية (the Paleogene period) (65-23 مليون سنة مضت)، والفترة النيوجينية (Neogene period) (23-2.6 مليون سنة مضت)، والفترة الرباعية (Quaternary period) (2.6 مليون سنة مضت وحتى وقتنا

الحالي). يعتقد إنه على الأرجح في نقطة ما بين 5 إلى 7 مليون سنة مضت ظهر السلف المشترك لكل من الشمبانزي والإنسان الحديث. وهناك بعض مخططات التسمية التي تدمج الفترتين: البالوجينية، والنيوجينية تحت فترة واحدة تسمى الفترة الثلاثية (Tertiary)

الفترة الرباعية (Quaternary period)

تعيش الأرض حاليًا في الفترة الرباعية، وهي آخر فترات الحقبة الحديثة؛ وقد بدأت قبل 2.6 مليون سنة مضت، وفي بداية هذه الفترة كانت القارات تقريبًا كما هي الآن، وفي وقت لاحق، طغت العصور الجليدية الأربعة على كوكب الأرض بسبب توسع القطبين الشمالي والجنوبي مما أدى إلى تغطية أجزاء كبيرة من الكوكب بالجليد؛ وقد انتهى أحدث العصور الجليدية منذ حوالي 10000 سنة مضت.

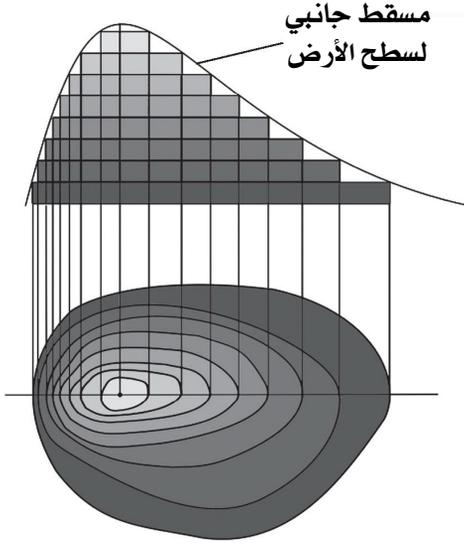
تنقسم الفترة الرباعية إلى عهدين - العهد البليستوسيني (the Pleistocene epoch) أو العهد الحديث الأقرب (يمتد منذ 2.6 مليون سنة إلى ما قبل 11700 سنة مضت)، والهولوسين (the Holocene epoch) (يمتد منذ 11700 سنة مضت وحتى وقتنا الحاضر). ربما يكون أبرز ما شهده البليستوسين هو ظهور الإنسان الحديث، وقد ظهرت سلالتنا، سلالة الإنسان العاقل لأول مرة في أفريقيا ما بين 100000 إلى 200000 سنة مضت وانتشرت سريعًا لتستعمر العالم. وخلال العهد الهولوسيني (the Holocene epoch) أصبح الإنسان بارعًا في الزراعة، الأمر الذي أدى بدوره إلى تطور الحضارة.

طبيعة الأرض

علم التضاريس (topography)

يعرف العلم الذي يركز عليه "وضع الأرض" باسم علم التضاريس وهو يهدف إلى رسم شكل ثلاثي الأبعاد لسطح الأرض، وتوضح الخريطة التضاريسية لمنطقة ما والتي تعرف أيضًا باسم الخريطة المجسمة (relief map) المسقط الرأسى باستخدام نظام من "الخطوط الكنتورية". يمكن تخيلها على أنها سلسلة من الشرائح الأفقية التي تبتعد عن

بعضها مسافات متساوية خلال السطح الأرضي، ثم يتم إسقاط إطارات هذه الشرائح على صحيفة مسطحة من الورق (انظر الشكل). تشير الأرقام إلى ارتفاع كل خط كنتور، وكلما كانت خطوط الكنتور أقرب إلى بعضها البعض كانت التضاريس أكثر انحدارًا.



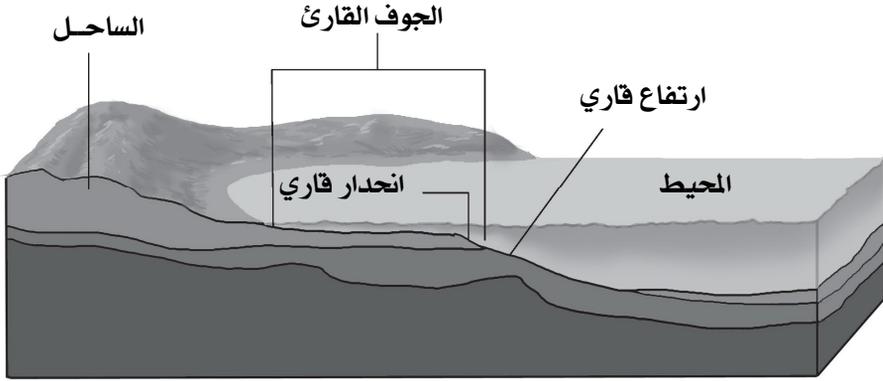
خرائط كنتور ملونة طبقاً للمسقط الرأسي

للحصول على خرائط مجسمة دقيقة لا بد للمساحين من أخذ قياسات دقيقة للأرض ويتحقق ذلك باستخدام أجهزة في الموقع لقياس ميل الأرض وزوايا ارتفاع معالم السطح. ويستخدم أيضًا التصوير الجوي حيث تجمع البيانات من الفضاء. في عام 2000 استخدم مكوك الفضاء إنديفور رادارًا لرسم تضاريس الأرض بتفاصيل غير مسبوقة.

القارات

القارات هي التكتلات الأرضية العظمى التي تشكل الأرض، وتشغل حوالي 29٪ من سطح الكوكب، بينما تشغل المسطحات المائية المتبقية. يوجد سبع قارات: آسيا، وأفريقيا، والقارة القطبية الجنوبية، وأستراليا، وأوروبا، وأمريكا الشمالية وأمريكا الجنوبية؛ وجميعها تقريبًا أما يفصل بينها مساحات من المحيطات أو كانت كذلك فيما مضى بسبب الانجراف القاري، ويستثنى من ذلك أوروبا وآسيا اللتان كانتا متصلتين دائمًا؛ ولهذا السبب تصنفان في بعض التصنيفات على أنها قارة واحدة تسمى أوراسيا. أما القارة القطبية الجنوبية فتم تصنيفها قارة بسبب وجود أرض يابسة تحت الجليد؛ بينما المنطقة القطبية الشمالية لا تصنف كذلك؛ لأنها مجرد سطح جليدي يطفو على بحر.

ارتفاع مياه المحيط يعني أن حواف القارات في الواقع منغمرة، وهي حدود تعرف باسم "الجرف القاري"، وبعدها ينحدر قاع المحيط بشدة. يتراوح عرض الجرف القاري من بضع كيلومترات إلى آلاف الكيلومترات.



الجزر

الجزر هي أجزاء من اليابسة تفصلها المياه عن القارات الرئيسة ولها ثلاثة أنواع أساسية. الجزر القارية، مثل المملكة المتحدة، وهي جزء من الكتلة الأرضية القارية القريبة منها- وهي قارة أوروبا في هذا المثال- لأنها تقع فوق جرف هذه القارة، وهناك أمثلة أخرى أيضًا مثل: تسمانيا، وسومطرة وجرينلاند (التي هي جزء من قارة أمريكا الشمالية)، وعلى النقيض من ذلك نجد الجزر المحيطية التي لا ترتبط بأي كتل يابسة لكنها غالبًا نشأت عن براكين تحت سطح البحر، أو نشاط الصفائح التكتونية مما أدى إلى دفع قاع البحر إلى الأعلى.. تشكلت جزيرة ماكواري في المحيط الهادئ تكتونيًا؛ بينما جزر هاواي جزر بركانية. وتعرف مجموعة الجزر التي تشكلت تكتونيًا باسم أرخبيل. النوع الثالث هو الجزر المرجانية والتي تتركز على الشعاب المرجانية والهياكل العظمية للمخلوقات البحرية الصغيرة التي تكونت حول الجزر البركانية التي هدأت منذ ذلك الحين. جزر المالديف في المحيط الهندي تنتمي إلى الجزر المرجانية.

الأنهار الجليدية

تعرف الكتل الشاسعة من المياه العذبة المتجمدة التي تغطي السطح باسم الأنهار الجليدية؛ وهي تتكون في المناطق منخفضة درجة الحرارة حيث يفوق معدل ترسب الجليد والثلوج معدل الذوبان والتعرية لسنوات كثيرة جدًا. كل القارات ماعدا أستراليا لها أنهار جليدية وتوجد أمثلة مبهرة في نيوزيلندا وألاسكا والتبت. وتشكل الأنهار الجليدية أكبر احتياطي

عالمي للمياه العذبة وهذا هو السبب وراء القلق الكبير من احتمالية ذوبانها نتيجة التغيرات المناخية والذي سيسبب ارتفاعاً كارثياً في مستوى سطح البحر.

عندما تندمج الأنهار الجليدية لتغطي مساحة كبيرة من الأرض ينتج سطح خال من التضاريس يعرف باسم "الصفحة الجليدية". توجد الصفائح الجليدية في جرينلاند، والقارة القطبية الجنوبية إلا أنها خلال العصور الجليدية يمكنها أن تغطي جزءاً كبيراً من سطح الأرض. تتحرك الأنهار الجليدية عبر اليابسة بسبب الضغط الذي يسببه وزن الكائنات الجليدية على السطح مما يجعل الجليد بكل ما تحمله الكلمة من معنى ينضح إلى الخارج وينتشر. ويمكن للجليد الانتشار بهذه الطريقة بمقدار عشرات الأمتار يومياً تاريخاً نذبات على السطح أثناء مروره به، وحاملاً الدليل على وجود الأنهار الجليدية في الماضي. وعند التقاء نهر جليدي مع ساحل يصبح بإمكانه أن ينتشر مكوناً "جرف جليدي"، وتعرف الأجزاء التي تتفكك من الجرف وتطفو بحرية باسم "الجبال الجليدية".

الجليد البحري

الجليد البحري - على عكس الجبال الجليدية التي تتفكك من نهر جليدي ساحلي - يتكون عندما تتجمد مياه المحيط نفسه. ويؤدي المحتوى الملحي في المحيطات إلى انخفاض نقطة تجمد المياه من صفر مئوية إلى -1.8 مئوية. تغطي قشور شاسعة من الجليد البحري المحيط داخل الدائرة القطبية الشمالية مكونة الغطاء القطبي الشمالي. معظم الجليد البحري يكون كتل صلبة إلا إنه عند ارتفاعات أقل حيث تبدأ درجات الحرارة في الارتفاع تبدأ هذه الحقول الجليدية العملاقة في التفكك إلى أجزاء أصغر تسمى "الجليد الطافي". الجليد البحري على سطح الأرض ظاهرة موسمية حيث تزداد تغطية الجليد لسطح المحيط في الشتاء ثم تنخفض مجدداً في شهور الصيف.

الجبال

الجبال هي نتوءات صخرية شاهقة تغطي 24٪ من كتلة اليابسة على الأرض. ويمكن تشكيلها بطرق عدة. المناطق ذات الصفائح التكتونية النشطة تحرك الأرض بعنف لتكون

التضاريس الوعرة. وبالمثل، يمكن لتصادمات الصفائح التكتونية أن تتسبب في تكون سلاسل الجبال بسبب التواء الأرض إلى الأعلى عند التصادم.، وقد تكونت سلاسل الهيمالايا بهذه الطريقة عندما اصطدمت الصفيحة الهندية الأسترالية بأوراسيا منذ 70 مليون سنة. وهناك جبال أخرى بركانية تكونت بالتراكم التدريجي للحمم البركانية المندلعة.

قمم الجبال تكون باردة بسبب ارتفاعها عن الأرض الدافئة، وتهبط مستويات الأكسجين كذلك بسبب انخفاض كثافة الغلاف الجوي نتيجة الارتفاع. من الناحية العلمية، هناك تعريفات عديدة للجبل، ففي الولايات المتحدة يكون المعيار هو أي تشكيل أرضي يتجاوز ارتفاعه 1000 قدم (305 ميل) بينما يكون أي ارتفاع في نطاق 501 إلى 999 قدم (153-304 ميل) مجرد تل.

الأنهار

الأنهار هي قنوات من المياه العذبة تتدفق من تضاريس مرتفعة مثل التلال والجبال عبر اليابسة نحو المحيط، ويتم تغذيتها بالشلالات، وبالذوبان الموسمي للجليد ومجري المياه الجوفية. وهناك غالبًا مستويات فيضان مسطحة تمتد بمحاذاة ضفاف الأنهار، وهي مناطق زاد منسوبها مع الوقت بفعل تدفق المياه عند فيضان النهر على جانبيه بشكل دوري.

بعض الأنهار التي تحمل كمية كبيرة من الرواسب قد تشكل دلتا على شكل مثلث عند مكان اتصالها بالمحيط؛ حيث أن الرواسب تترسب في شكل مروحة واسعة وتتراكم تدريجيًا بمرور الزمن وتعيد تشكيل مصب النهر، والمثال على ذلك هو مصب نهر النيل في مصر الذي يتمتع بدلتا شهيرة عند موضع تلاقيه مع البحر المتوسط. والأنهار مسئولة جزئيًا عن ملوحة المحيطات فهي تجرف الأملاح والمعادن من الصخور خلال تدفقها.

الوديان

تسمى المنخفضات العميقة المنحوتة في الأرض أو غالبًا بين التلال أو الجبال باسم الوديان، هناك ثلاث آليات رئيسة تعمل على تشكيل الوديان. الآلية الأولى هي تعرية

المياه- النهر الجاري على صفحة الأرض يسبب تآكل الصخور والتربة ليحفر قناة عميقة دائمة، والوديان التي تتكون بهذه الطريقة يكون مقطعها العرضي على شكل حرف (V)، وأودية الأنهار المتطرفة يمكن أن تصبح عميقة جداً ومذهلة - مثل (جراند كانيون) بالولايات المتحدة الأمريكية.

من الممكن أن تتكون الوديان أيضاً بفعل الأنهار الجليدية- جدران ضخمة من الجليد تزحف خلال الأرض محطمة الصخور حيث أنها تندس في أضيق الشقوق لتشكل ودياناً مقطعها العرضي أشبه ما يكون بحرف (U)

النوع الأخير هو الوديان المتصدعة- التي تكونت خلال العمليات التكتونية التي تقوم بفصل الصفائح القارية عن بعضها لتكون صفيحتين جديدتين بينهما المحيط، ومن أمثلة تكون وادي متصدع الوادي المتصدع العظيم في شرق أفريقيا.

البحيرات



البحيرة هي بقعة متسعة من الماء يغذيها نهر ما لكنها ليست جزءاً من محيط. يمكن للبحيرات أن تتشكل خلال التجاوير الطبيعية بين التلال والجبال وفي المنخفضات في مستوى الأرض. وأحياناً يمكن للأنهار أن تشكل

البحيرات "الهلالية" حيث يميل منحنى جريان النهر إلى تفضيل ترسيب الطمي والرواسب على الضفاف الخارجية مسبباً قطع المنحنى خلفاً وراءه بحيرة تشبه القوس (انظر الشكل)

تعرف البحيرات الأصغر باسم "البرك"؛ وتقول اتفاقية رامسار بشأن الأراضي الرطبة عام 1971 أن المسطحات المائية الداخلية التي يقل حجمها عن 8 هكتار (10000 متر مربع) يطلق عليها برك بينما المسطحات الداخلية الأكبر يطلق عليها بحيرات، وهناك ما

يربو على 300 مليون بركة وبحيرة في العالم، وأكبر تركز لها من نصيب كندا - حوالي 60٪ من بحيرات العالم - والسبب الرئيسي لذلك هو سوء الصرف.

الأراضي الرطبة

أحياناً يحيط بالبحيرات والأنهار أراض رطبة مشبعة يطلق عليها الأراضي الرطبة؛ المناقع، والسَّبَخَات والمستنقعات جميعها أمثلة على الأراضي الرطبة ويمكنها أن تكون أما عذبة أو مالحة أو تكون في نقطة ما بين العذوبة والملوحة، ويعتمد ذلك على قربها من الساحل. واندماج المياه واليابسة يعني أن الأراضي الرطبة في كثير من الأحيان تتمتع بنظم بيئية ثرية تعج بأنواع عديدة من النباتات، والأسماك والثدييات، والزواحف، والبرمائيات. لكن قيمتها التجارية المحدودة قد وضعتها في خطر، ففي عام 1993 كتبت تقارير مفادها أن نصف الأراضي الرطبة حول العالم قد استُنزفت لزيادة إمكانيات التنمية وإنتاجية الأرض، ولهذا الأسباب تخضع الأراضي الرطبة الآن إلى جهود موسعة بهدف الحفاظ عليها. أكبر منطقة أراضي رطبة في الولايات المتحدة الأمريكية هي (فلوريدا إيفرجلادز)، وأكبرها في العالم يقع في سهول بانتال الفيضانية في جنوب أمريكا.

السهول

تشكل السهول الجزء الأكبر من الأراضي التي تغطي اليابسة على الأرض، ولها أشكال وأحجام عديدة - المروج العشبية والحقول الأوروبية، والبراري القاحلة في الولايات المتحدة والسافانا البرية الأفريقية والسهوب المقفرة والتندرا في شمال آسيا - وتشكلت جميعها بسبب مناخ وبيئة موقعها. يمكن أن تتشكل السهول بفعل التعرية، أو ترسب رواسب المياه، أو الجليد أو الرياح، أو ببساطة تجريف السطح بفعل مرور نهر جليدي. ويمكن أن تتواجد السهول في البقع القاحلة من الأرض، أو بين التلال، أو في أراضي الوديان أو المناطق الداخلية أو الساحلية. وبالإضافة إلى الدور المهم الذي تلعبه السهول في البيئة الطبيعية ساعدت أيضاً في تسهيل الزراعة وبناء الطرق والمدن.

الغابات والأدغال

يوجد أكبر تنوع بيولوجي على سطح الأرض في غابات الكوكب وأدغاله؛ تقدر نسبة الفصائل الحية التي يمكن تواجدها في الأدغال بنسبة 57٪ من جميع الفصائل الحية على سطح الكوكب. تغطي الأدغال والغابات معاً حوالي 36٪ من اليابسة الكلية على سطح الأرض. عند خطوط العرض، الأكثر من 53 درجة بعداً عن خط الاستواء، حيث تكون درجات الحرارة أكثر انخفاضاً تتكون الغابات غالباً من الأشجار الصنوبرية دائمة الخضرة. أما الأشجار النفضية التي تفقد أوراقها في فصل الشتاء فهي أكثر شيوعاً عند دوائر العرض الأقل بينما في حدود 10 درجات من خط الاستواء تكثر الغابات المطيرة - ومعناها: مساحات الغابات التي يهطل عليها كميات كبيرة من الأمطار. توجد الغابات المطيرة والأدغال في جنوب أمريكا، وفي أفريقيا وآسيا. درجات الحرارة المرتفعة والرطوبة



تجعل من الغابات المطيرة مرتعاً مزدهراً للحياة، وأكثر مناطق الغابات المطيرة كثافة هي الأدغال - تجمع حي من الأشجار والزواحف والشجيرات المتشابكة.

الصحاري

الصحاري هي أكثر المناطق جفافاً وأقحها على سطح الأرض، وتوجد في جميع القارات، وتتكون عندما يفوق المعدل الذي تبخر به الرطوبة من الأرض معدل وصول الرطوبة إليها عن طريق هطول الأمطار. لعل من المدهش أن تكون أكثر الصحاري جفافاً على سطح الأرض هي أكثرها برودة؛ لم تهطل الأمطار على منطقة الأودية الجافة في المنطقة القطبية الجنوبية منذ أكثر من مليوني سنة، وأي مقدار متبق من الرطوبة يتجمد بفعل الهواء ثم تعصف به الرياح التي تبتل بها هذه المنطقة بانتظام بعيداً بسرعة 320 كم/س (200

ميل في الساعة)، والمنطقة القطبية الجنوبية هي أكبر صحراء في العالم بمساحة 14 مليون كم مربع تقريباً.

تتصحّر العديد من المناطق الخضراء على سطح الأرض بفعل التغير المناخي والنشاط الزراعي غير المدروس - حرق الغابات والأدغال للحصول على أراضي صالحة للزراعة، وفرط استغلال المجاري المائية الطبيعية مثل الأنهار والمياه الجوفية. وقد ذكر تقرير في عام 2008 أن منطقة إنتاجية تقدر بحجم نبراسكا تتصحّر سنوياً.

طبيعة جوف الأرض

الكهوف

تسمى التجاويف الطبيعية في التكوينات الصخرية الأرضية باسم الكهوف؛ والتي يمكن أن تكون كهوفاً صغيرة مكونة من تجويف واحد، أو شبكة مترامية الأطراف من الأنفاق والمغارات التي تؤدي بالمستكشف الجسور إلى أعماق سحيقة. وتشكل الكهوف عن طريق سلسلة من العمليات المختلفة. يمكن لأحماض المياه الجوفية التفاعل مع الصخور الغنية بالمواد القاعدية مخلقة وراءها تجويفاً- وتعرف باسم "الكهوف المتحللة". ويمكن لتأثيرات التعرية مثل العوامل الجوية، أو التآكل المستمر نتيجة جريان الماء، أن تنحت كهوفاً في الصخر أيضاً- كما باستطاعة الاعتداءات البحرية شديدة الاصطدام أن تفعل ذلك أيضاً مما يفسر سبب غنى المنحدرات الساحلية بسلاسل الكهوف. وهناك كهوف أخرى تسمى "الكهوف الأولية" وهي التي تكونت في نفس الوقت الذي تكونت فيه الصخور المحيطة بها.

تتواجد الصخور في جميع أنحاء العالم، وبجميع الأشكال والأحجام: كهف الماموث في ولاية كنتاكي هو أطول كهوف العالم حيث يبلغ طوله 591 كم (367 ميل)، وكهف فورونيا في أبخازيا بجورجيا هو أعمقها حيث يمتد إلى أكثر من 2 كم (1.2 ميل) تحت الأرض. وأكبر كهف مكون من غرفة واحدة يطلق عليه غرفة سراواك، يقع في بورنيو وحجمه 700 متر (2300 قدم) × 400 متر (1312 قدم) × 80 متر (262 قدم)- وهو ضخّم بحيث يتسع لـ 32 قاعدة طيران.

الصواعد الكلسية والنوازل الكلسية

الكهوف التي شكلتها المياه الحمضية لها تيارات محملة بالمعادن، مثل كربونات الكالسيوم تجري خلال هذه الكهوف، وهذه المياه يمكنها ترسيب محتواها الصخري خلال الكهف مكونة هياكل مبهرة مثل الصواعد والنوازل الكلسية. الصواعد الكلسية تنمو من أسفل الكهف إلى الأعلى بفعل المياه الغنية بالمعادن التي تقطر باستمرار على نفس البقعة من الأعلى، وتماثًا كما تنمو الصواعد الكلسية إلى أعلى تنمو نقطة التقطير إلى أسفل حيث تتراكم المعادن التي تخلفها كل قطرة ماء ساقطة وراءها- وهذه هي النوازل الكلسية.

يزيد ارتفاع أكبر صاعدة كلسية عن 62 متر (203 قدم) وتقع في أحد أنظمة الكهوف في كوبا، بينما أطول نازلة كلسية تم تسجيلها تبلغ 20 متر (65 قدم) وتتدلّى في كهف (جروتا ري دو موتو) بالبرازيل. وتتنوع معدلات نمو تلك الصواعد والنوازل تنوعًا كبيرًا وذلك اعتمادًا على تركيز المعادن في الماء، ومعدل تدفقها، فيمكن أن ينمو بعضها بمعدل سنتيمتر واحد في الشهر، وأخرى قد تستغرق مئات أو حتى آلاف السنين لتنمو بنفس المقدار. الصواعد والنوازل الكلسية هي أنواع من تكوينات الصخور المرسبة التي تعرف باسم الرواسب الكلسية (speleothems) والتي تشمل أيضًا على (الصخور المتدفقة) (flowstones) التي تبدو على هيئة كتلة مترشحة من الصخور، والنوازل الكلسية الحساسة تأخذ شكلًا حلزونيًا وتسمى "النوازل الكلسية الحلزونية".

أنابيب الحمم

أنابيب الحمم هي أحد أنواع الكهوف الأولية تشكلت بفعل الحمم البركانية المنصهرة خلال انفجار بركاني. الجزء الخارجي من القناة المتدفقة من الحمم تكون معرضة للهواء فتبرد أسرع من الجزء الداخلي مكونة قشرة قاسية. والتبريد من الخارج يؤدي إلى زيادة سمك هذه القشرة بينما يستمر قلب قناة الحمم في التدفق، وبمجرد انتهاء الانفجار البركاني تخرج الحمم المنصهرة تاركة الجزء الخارجي المتصلب- وهذا هو أنبوب الحمم.

يمكن أن تنمو صواعد ونوازل كلسية وأنواع أخرى من الرواسب الكلسية في أنابيب الحمم، إلا أنها -على عكس أبناء عموماتها من الصخور الجيرية- لا تتكون نتيجة

الصخور المتحللة بالماء بل تتكون نتيجة تقطر بقايا الحمم المنصهرة قبل أن يتصلب الأنبوب بالكامل. تصل أنابيب الحمم حتى عرض 15 متر (49 قدم) ويمكن أن يصل طولها إلى عشرات الأميال وتوجد في أريزونا، وأريجون وهاواي، وفي مناطق بركانية أخرى حول العالم.

المياه تحت الأرض

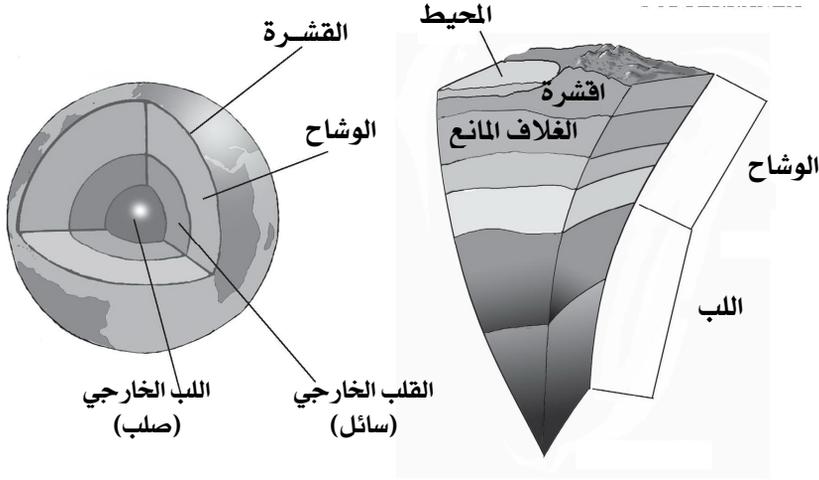
أحياناً يقوم النظام الكهفي بتجميع الماء في منخفضات و ثنايا الصخور مكوناً بحيرات تحت الأرض، وهذه البحيرات يمكن تزويدها من خلال هطول الأمطار، أو الينابيع الطبيعية، أو تسربات المياه الجوفية- يمكن للصخور المسامية، مثل الحجر الجيري تخزين كميات هائلة من المياه في مستودعات تسمى "الطبقات الصخرية المائية". والكهوف الموجودة تحت سويتوتر في تينيسي تمتلك أكبر بحيرة تحت الأرض في العالم 240 متر (787 قدم) $70 \times$ متر (230 قدم).

وعندما يكون تدفق المياه خلال الكهوف كبير بما يكفي، تقوم البحيرات وغيرها من مسطحات المياه الثابتة الأخرى بإعطاء الفرصة لتواجد الأنهار تحت الأرض. أطول نهر تحت الأرض يمتد بطول 153 كم (95 ميل) في الكهوف الممتدة تحت شبه جزيرة يوكاتان في المكسيك.

القشرة

لو تمكنت من قطع كوكب الأرض إلى نصفين بالمنشار ستجد أنها تبدو من الداخل كطبقات البصلة، مع مناطق طبقية واضحة من الصخور السائلة والصلبة التي تمتد من الجزء الخارجي للكوكب وصولاً إلى قلبه. الطبقة الخارجية لهذه الطبقات تسمى بالقشرة الأرضية وهي قشرة رقيقة من الصخور الصلبة التي تغطي سطح الكوكب، وهي مزيج من الصخور النارية والمتحولة والرسوبية التي تشكل إجمالاً نحو 1٪ من حجم الكوكب. ويختلف سمك القشرة اختلافاً كبيراً- تحت المحيطات يكون سمكها قليل حوالي 5 كم (3ميل) بينما القشرة القارية التي تشكل التكتلات اليابسة من الأرض تكون أثنى بكثير-

ما بين 30 كم (19 ميل) و50 كم (31 ميل)، وهذا هو السبب وراء بروز القارات خارج المحيطات، وانغمار أعماق البحار. وتشكيل القشرة هو سيفسفاء متشابكة من الصفائح التكتونية التي تطفو على سطح الأرض بسبب أن كثافة مادة القشرة أقل من كثافة الطبقة التي تحتها- طبقة الوشاح.



الوشاح

يوجد تحت القشرة الأرضية طبقة لزجة من صخور شبه منصهرة سمكها حوالي 3000 كم (1864 ميل) وتشكل أكثر من 80٪ من الحجم الكلي للكوكب- وتعرف هذه الطبقة باسم "الوشاح". وتنقسم هذه الطبقة إلى طبقتين: علوية وسفلية؛ تصل طبقة الوشاح العلوي إلى عمق حوالي 400 كم (248 ميل) وتنقسم بدورها إلى منطقة عليا ومنطقة سفلى. "الغلاف الصخري" هو الجزء الصخري العلوي من طبقة الوشاح العلوي بالإضافة إلى طبقة القشرة الأرضية فوقها. وتحت الغلاف الصخري توجد طبقة "الغلاف المائع" وهو أقل صلابة نتيجة درجة الحرارة العالية عند هذا العمق. وترتبط طبقة الوشاح العلوي كلها بالقشرة الأرضية خلال حد يعرف باسم "انقطاع موهوروفيتش" أو "موهو" للاختصار.

من ناحية أخرى طبقة الوشاح السفلي تغطي مدى عمق من 660 كم إلى 2900 كم (410-1800 ميل)، وفيها تعود الصخور إلى الحالة الجامدة مجددًا حيث يتسبب ارتفاع الضغط

الناتج عن وزن الطبقات التي فوقها في الضغط عليها. يوجد بين طبقتي الوشاح العلوي والسفلي طبقي تسمى "المنطقة الانتقالية" التي تندس بين الطبقتين. تتراوح درجات الحرارة خلال طبقة الوشاح ما بين بضع مئات من الدرجات المئوية عند سطح القشرة إلى ما يقدر بـ 4000 درجة مئوية (7232 فهرنهايت) حيث تلتقي طبقة الوشاح بالطبقة التي تحتها- اللب.

لب الأرض

لب الأرض هو الجزء المركزي للأرض والأعلى في درجة حرارة، وله طبقة داخلية وخارجية، كما إنه هو المسئول عن "المغناطيسية الأرضية" للكوكب. وطبقة اللب الخارجي عبارة معدن في حالة سائلة -معظمه من الحديد والنيكل المنصهرين- وتمتد من عمق 2890 كم (1806 ميل) تحت سطح الكوكب، وحتى عمق 5150 كم (3218 ميل). وتتراوح درجات الحرارة مما يفوق 4000 درجة مئوية (7232 فهرنهايت) إلى أن تصل 6000 درجة مئوية (10832 فهرنهايت) عند حدودها مع طبقة اللب الخارجي. عند طبقة اللب الداخلي يكون القطر 2440 كم (1525 ميل)، والضغط عال بما فيه الكفاية لسحق النيكل والحديد معيداً إياهما إلى الحالة الصلبة- على الرغم من أن درجة الحرارة هناك تقترب من 7000 درجة مئوية (12632 فهرنهايت).

المغناطيسية الأرضية

تعرف الظاهرة التي فيها تولد الأرض مجالها المغناطيسي - ودراسة تأثير هذه المجال- باسم "المغناطيسية الأرضية". و عند سطح الأرض تكون شدة المجال ما بين 30 إلى 60 ميكروتسلا، اعتماداً على الموقع، وهو أضعف ألف مرة من مغناطيس الثلاجة. ويتولد المجال نتيجة التأثير الحركي للتيارات الكهربائية خلال اللب الخارجي للأرض المكون من معادن منصهرة دوامية.

المجال المغناطيسي للأرض ثنائي القطب، أي أن لديه قطبين من متعاكسين- يطلق عليهما القطب الشمالي والجنوبي. وثنائيات القطب الأخرى مثل القضيب المغناطيسي تميل إلى

ترتيب نفسها مع مجال الأرض وبهذه الطريقة تعمل البوصلة الملاحية باستخدام إبرة مثل القضيب المغناطيسي تستطيع الحركة بحرية لتشير إلى اتجاه الشمال المغناطيسي.

المحيطات

السواحل

تمثل خطوط السواحل منطقة انتقالية بين اليابسة وأعماق المحيط، وتمثل أحد أكثر المواطن الطبيعية تنوعاً في العالم، من المنحدرات والشواطئ للخلجان ومصبات الأنهار والسواحل الغربية مثل المضائق والبحيرات المالحة، وقام المحيط عبر ملايين السنين بتشكيل الساحل من خلال التعرية وترسيب الرواسب وإزاحات مستوى البحر التي سببها التغير المناخي. وقد اتضحت أهمية السواحل في تطوير حضارتنا، وتسهيل الصيد والسفر بحرًا.

جغرافيا المحيطات

يقدر الحجم الكلي لمحيطات العالم بـ 1.3 مليار كيلومتر مكعب، وهناك خمسة محيطات عظمى في العالم: المحيط المتجمد الشمالي والذي يتجمد مكوناً الغطاء القطبي الشمالي، والمحيط الأطلنطي الذي تحيط به أوروبا وأفريقيا من الشرق، والأمريكتان من الغرب؛ والمحيط الهندي الواقع بين شرق أفريقيا وأستراليا؛ والمحيط الهادي الذي تحيط به آسيا وأستراليا غرباً والأمريكتان شرقاً؛ والمحيط الشمالي الذي يحيط بكل من القارة القطبية الجنوبية والغطاء الجنوبي القطبي، وهذه التقسيمات ليست إجبارية فجميع المحيطات متصلة ببعضها البعض مما يتيح الإبحار من أي محيط إلى الآخر.

مياه المحيطات مالحة، وتصل ملوحتها إلى 3.5٪ نتيجة الأملاح التي تجرفها الأنهار من الصخور ونتيجة إنتاج الصوديوم والكلور (مكونات الملح) عن طريق العمليات الجيولوجية الأخرى تحت سطح البحر. الأرض هي الكوكب الأزرق حرفياً حيث أن 71٪ من سطحها مغطى بالمحيطات، لكنها ليست زرقاء بسبب قيام المحيطات بعكس لون السماء بل لأن المياه تمتص نسبة قليلة من الضوء الأحمر من أي ضوء أبيض يمر خلالها مما يخلف كمية كبيرة من الضوء الأزرق، وهو تأثير ضئيل لا يرى إلا عندما يكون حجم المياه كبير.



ظهر المحيط

المحيطات ليست مجرد مناطق واسعة من الأراضي المنخفضة المملوءة بالمياه، فالقشرة المكونة لقاع المحيط أنحف كثيراً من القشرة القارية، وبينما أصبحت نفس أجزاء القشرة القارية ثابتة على سطح الأرض منذ ملايين السنين لا تزال قشرة المحيط في تكوين مستمر من خلال عملية انتشار قاع البحر. وتلك هي الطريقة التي تكونت بها المحيطات نفسها، وهناك محيطات جديدة تتكون حيث تظهر مناطق انتشار جديدة- تسمى هذه المناطق وديان متصدعة والتي تقع على خطوط الصدع في القشرة الأرضية حيث يتلاقى اثنين من الصفائح التكتونية. وحين تتحرك الصفيحتان التكتونيتان مبتعدتين عن بعضهما البعض يتكون وادي صدع ويكون تأثير ذلك هو تمزيق القارات إرباً مما يؤدي إلى تكون حوض واسع من قاع البحر بين القطعتين والذي يمتلئ بالماء مع مرور الوقت معلناً عن ميلاد محيط. أما البقايا المنغمرة لوادي الصدع تصبح فيما بعد ما يطلق عليه " ظهر المحيط".

هذه العملية جارية في وادي الصدع العظيم في شرق أفريقيا حيث تنقسم الصفيحة القارية الأفريقية إلى جزأين-يطلق عليهما الصفيحة النوبية، والصفيحة الصومالية. وأثناء تحركهما مبتعدتين عن بعضهما البعض، تشكلان صدعاً سيؤدي في نهاية المطاف إلى تحويل كل من الصومال، وكينيا، وتنزانيا، والموزمبيق إلى جزيرة يفصلها المحيط عن قارة أفريقيا.

طبقات المحيط

يقوم علماء البحار بتقسيم المحيطات إلى مناطق مميزة. وتعرف الطبقة العليا باسم منطقة "البحر المفتوح" وهي تغطي سطح المحيط كله. أما المنطقة التي تمتد إلى عمق 200 متر (656 قدم) هي منطقة "الطبقة المائية العليا" التي يوجد خلالها ضوء كاف لعمليات البناء الضوئي مما يتيح نمو النبات. من عمق 200 متر (656 قدم) حتى 1000 متر (3280 قدم) توجد المنطقة "المحيطة الوسطى"، والتي تعرف أيضًا باسم منطقة "الشفق" بسبب مستويات الضوء الجزئية بها، وهي موطن للمخلوقات المحبة للمياه الباردة المظلمة - مثل: الكلمار، والأخطبوط، والحبار. أما تحت هذه المنطقة نجد منطقة "المياه العميقة" أو منطقة "نصف الليل" التي تمتد إلى عمق 4000 متر (13120 قدم)؛ وتكون المياه فيها شديدة السواد، وضغطها يقاس بالطن لكل بوصة مربعة، ويعيش فيها بعض الكلمار وطحالب البحر. وتحت هذه المنطقة توجد منطقة "السهول السحيقة" التي تمتد حتى قاع المحيط، ومعظم مخلوقات هذه المنطقة عمياء - فهي لا تحتاج إلى البصر في هذا الظلام الحالك.

آخر طبقات المحيط هي طبقة "الأخاديد القاعدية العميقة" المخصصة لأعماق الخنادق المحيطية، وتقع على عمق يزيد عن 10 كم (16 ميل) تحت السطح ويصل ضغطها إلى 8 طن لكل بوصة مربعة، والمخلوقات القليلة التي تعيش عند هذا العمق تتغذى على "الثلج البحري" - المخلوقات التي تنجرف من المياه بالأعلى - أو على الحرارة والمواد الغذائية التي تقذف بها المناسف الحمرائية.

البحار

بالإضافة إلى المحيطات الرئيسية الخمسة في العالم هناك أيضًا العديد من المسطحات المائية الأصغر وتعرف باسم "البحار". وهي شأنها شأن المحيطات فمعظمها متصل ببعضه البعض خلال المياه، وأكبرها "البحر العربي" لكن مساحته حوالي 3.9 مليون كيلومتر مربع، وبذلك فهو يعتبر قزم أمام أصغر المحيطات؛ وهو المحيط الشمالي الذي مساحته (13.2 مليون كيلومتر مربع). وتصنف بعض البحيرات الكبيرة على أنها بحار مثل البحر

الميت في الأردن بينما هناك بحيرات أخرى لا تحمل حتى اسم "بحر" - على الرغم من اتصالها بالمحيطات - مثل خليج بسكاي والخليج الفارسي.

المد

ينجم ارتفاع مد المحيطات وانخفاضه عن اتحاد قوتي السحب التجاذبي لكل من الشمس والقمر واللتين تؤثران على كمية المياه السائلة الهائلة المنسكبة في سطح الكوكب. الجاذبية هي قوة جذب يزداد مقدارها بالاقتراب من مصدر المجال الجاذب مما يعني أن المياه التي تغطي سطح الأرض في الجانب الأقرب إلى القمر تشعر بسحب تجاذبي أكبر من الكوكب نفسه وبالتالي ترتفع بالنسبة للكوكب مكونة مد عال، وبنفس المنطق، يعاني الكوكب سحباً أكبر من الذي تعانيه المياه على الوجه المقابل للقمر، وبالنسبة للإطار المرجعي للأرض يكون التأثير هو رفع مد عال على هذا الجانب من الكوكب أيضاً، ولهذا يكون لدينا اثنين من المد العالي يومياً.

ليس القمر فقط هو الذي يرفع المد - جاذبية الشمس تحدث تقريباً نصف القوة التي تحدثها جاذبية القمر، حيث أن كتلتها الهائلة تعوض المسافة الكبيرة التي تبعتها. وعندما يكون الشمس والقمر كلاهما على نفس الخط في السماء يحدث مد عال خاص - يسمى "المد العالي"، لكن عندما يكونان متعامدين على بعضهما البعض، يكون الفرق بين المدين العالي والمنخفض أقل ما يمكن - وهذا يعرف باسم "المد الضعيف".

المد المضجر

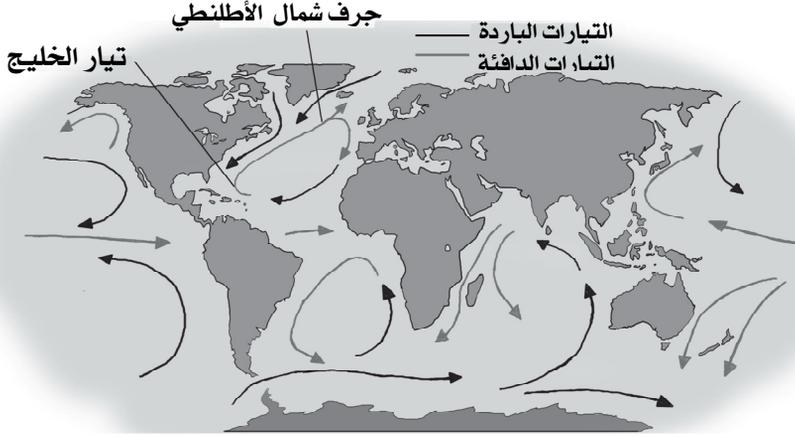
تعرف الأمواج التي تنتقل من المحيطات إلى المصببات والأنهار - عكس اتجاه تدفق التيار - باسم المد المضجر، وهي تميل إلى الظهور في المناطق الساحلية حيث يكون هناك هامش واسع بين ارتفاعات المد العالي والمد المنخفض. هذه الأمواج بمفردها لا تنتج مداً مضجراً، لكن العامل الأكبر أن الأنهار تأخذ المضيضة للمد المضجر بطبيعتها شكلاً يشبه القمع على طول امتدادها بحيث كلما اتجهت نحو اليابسة يصبح النهر أضيق وأكثر ضحالة مما يؤدي إلى تركيز طاقة المياه في حجم صغير مسببة ارتفاع الموجة - غالباً عدة أمتار - والتي

بدورها تندفع بعد ذلك عكس التيار، ومع ذلك فإن أفضل المد المضجر لا يحدث إلا عندما يكون مد المحيط عند ذروته، مثلما يكون أثناء "المد العالي" عندما يكون كل من الشمس والقمر مصطفين. ويمكن سماع القعقة منخفضة التردد لموجة مد مقتربة من على بعد عدة كيلومترات. الأماكن الأولى لرؤية المد المضجر خليج فندي بكندا ونهر تشيانتانغ في الصين.

تيارات المحيط

تجرف الإضطرابات الدوامية للتيارات الكروية الدوارة مياه المحيطات حول العالم في هذا الاتجاه أو ذاك، وأشهرها تيار الخليج الذي يحمل المياه الدافئة من خليج المكسيك إلى منتصف المحيط الأطلنطي حيث يقوم تيار آخر -تيار الأطلنطي الشمالي- بنقله إلى ساحل غرب أوروبا، ويعتقد العلماء أن الحرارة التي ينقلها هذه التيار هي ما يجعل المملكة المتحدة وفرنسا أكثر دفئاً من المناطق الأخرى التي تقع على نفس دائرة العرض، وهناك تيارات أخرى تشكل حلقات ضخمة في المحيط الهادئ، والمحيط الهندي، والمحيط الشمالي -وتعرف باسم "الدوامات (gyres)" - وتيارات أخرى تطوف حول المنطقة القطبية الجنوبية.

تحدث هذه التيارات في سطح المحيط في منطقة "الطبقة المائية العليا"، ومنطقة الشفق العليا وتدفعها عوامل مثل الرياح وتأثير كوريوليس، ودرجة الحرارة. وهناك أيضاً تيارات على أعماق أبعد تنشأ غالباً من اختلافات كثافة مياه المحيط العميقة حول العالم ودرجة حرارتها.



الخدائق المحيطية

الخدائق المحيطية هي أعماق قاع البحر الأكثر عمقًا وظلامًا وتشكل ما يسمى نطاقات اندساس حيث تكون حركات الحمل الحراري في صخور طبقة الوشاح شبه المنصهرة قد سحبت القشرة المحيطية إلى أمعاء الكوكب مجددًا. يكون قاع الخندق عادة على عمق عدة آلاف الأمتار من مستوى قاع البحر المحيط به، وأعمق هذه الخنادق المعروفة خندق "ماريانا" في المحيط الهادئ في غرب الفلبين ويصل أقصى عمق لها إلى 11 كيلومتر (6.8 ميل) - وهو عمق كاف لابتلاع جبل إيفرست مع تبقي 2 كيلومتر (1.2 ميل) من الماء فوقه. أما أعمق جزء من قاع خندق ماريانا فهو وادي صغير في القاع يعرف باسم عمق "تشانجر" نسبة إلى سفينة الأسطول البريطاني الأولى التي أرسلت لدراسته في القرن التاسع عشر، ومنذ ذلك الحين استكشفه عدد من الغواصات - المزودة بطاقم بشري أو الآلية على حد سواء.

المنافس الحرمائية

يمكن للشقوق الموجودة على مقربة من ظهر محيطي في قاع المحيط - حيث تلتقي طبقتان تكتونيتان تبتعدان عن بعضهما البعض لتكوين مساحات جديدة من قاع المحيط - أن تتسبب في ظهور المنافس الحرمائية، التي تنفث مياه بحر ساخنة جدًا غنية بالكبريت ومعادن أخرى. تكون المياه ساخنة بفعل الطاقة الحرارية الجوفية للصخور الساخنة في

الأسفل، وتعرف أيضًا باسم "المدخنات السوداء" نسبة إلى السحب السوداء من الجزيئات التي تقذفها.

غالبًا ما تكون المنافس الحرمانية بؤرًا للحياة في قاع المحيط العميق الممتد إلى آلاف الأمتار، المنافس الحرمانية-- توفر مصدرًا مطلوبًا للطاقة والمواد الغذائية للكائنات الحية عند هذه الأعماق. وتصل درجات الحرارة حول هذه المنافس إلى حوالي 400 درجة مئوية (750 فهرنهايت) وقد تأكملت الكائنات الحية مع هذه الظروف ونمت لديها مستويات عالية من تحمل الحرارة مما أدى إلى اكتسابها اسم "أليفة الظروف القاسية".

التكتونيات

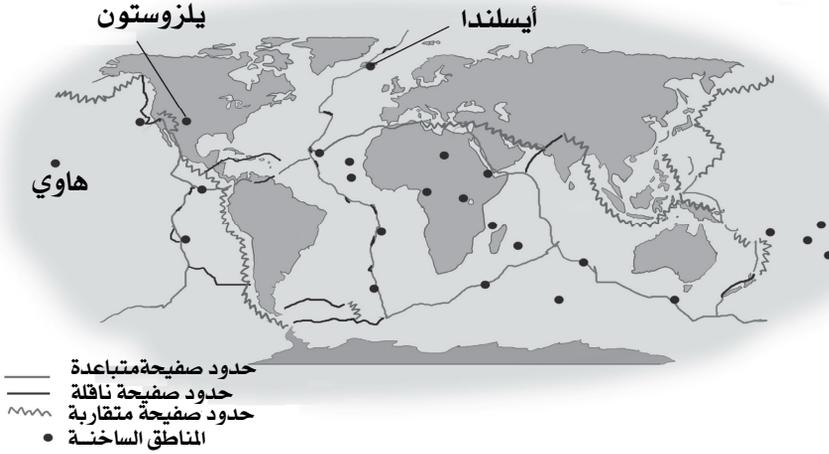
الصهارة

الصهارة هي صخور منصهرة من طبقتي الوشاح والقشرة داخل الأرض المضطربة. ومعظم القشرة والوشاح العلوي يكون في حالة صلبة أو شبه منصهرة، لكن الصهارة السائلة تتكون عندما يذوب ما سبق عند المناطق التي ترتفع فيها درجات الحرارة بفعل القوى الجيولوجية وهي مناطق تعرف باسم "المناطق الساخنة".

تتراوح درجة حرارة الصهارة المنصهرة بين 750 درجة مئوية (1380 فهرنهايت)، و1400 درجة مئوية (2550 فهرنهايت) اعتمادًا على تركيبها الدقيق، فأغلب الصهارة تكون مزيجًا من عناصر مثل السليكون، والأكسجين، والحديد، والبوديوم، والبوتاسيوم، وعندما تبرد الصهارة تتحد هذه العناصر لتكوين أنواع مختلفة من الصخور البركانية، ويمكن للصهارة أن تنضح من الخطوط الصدعية حيث التقاء الصفائح التكتونية- وخاصة عند الصدوع المتباعدة حيث تتصلب لتكوين صفائح جديدة من القشرة المحيطية. أما ضغط الصهارة فهو القوة الدافعة وراء الانفجارات البركانية حيث تتسرب من البركان على شكل "حمم بركانية" أو يتم طرحها كأجزاء متفجرة على شكل "مقذوفات بركانية صلبة".

المناطق الساخنة

المناطق الساخنة هي مناطق على سطح الأرض أما تحتوي على تركيز من البراكين أو يحدث بها عدد كبير من الزلازل أو تتعرض إلى أشكال أخرى من النشاط التكتوني. وتيارات الحمل خلال طبقة الوشاح الأرضي هي التي تتسبب في وجود المناطق الساخنة. تمامًا مثل الحمل الذي يحدث في الماء المغلي في إناء ما على الموقد، يقوم الحمل في طبقة الوشاح بنقل الصخور الساخنة إلى سطح الأرض بينما تهبط الصخور الأكثر برودة إلى الأسفل. وعندما تندمج دورتي حمل معًا أثناء الصعود - مثل التروس في نظام معدات - تتركز درجة الحرارة عند نقطة على السطح مكونة "منطقة ساخنة"؛ بخار المواد الساخنة المنجرف من أسفل باسم "عمود الوشاح". المناطق الساخنة الرئيسة تقع تحت هاواي، ومنتزه يلوستون الوطني، وآيسلندا.

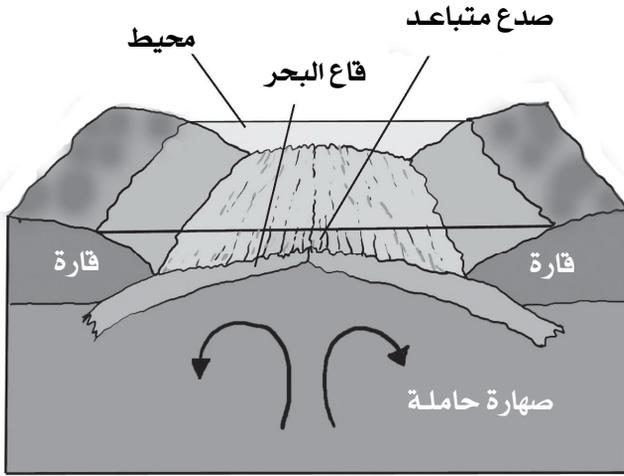


الصفائح التكتونية

ينقسم الغلاف الصخري للأرض - وهو القشرة الأرضية بالإضافة إلى القشرة العليا من الوشاح - إلى عدد من الألواح المتشابكة تسمى الصفائح التكتونية، وهي تتزاحم وتحتك معًا نتيجة للحركة المؤرقة لطبقات الصخور المنصهرة تحتها. وتعرف الحدود بين الصفائح باسم خطوط الصدع ويمكن أن تأخذ ثلاثة أشكال مختلفة اعتمادًا على الحركة النسبية بين الصفائح وهي: الصدوع المتباعدة، والصدوع المتقاربة، والصدوع الناقلة

احتكاك الصفائح التكتونية عند خطوط الصدع هو المسئول عن حدوث الزلازل، وأمواج تسونامي بالإضافة إلى عمليات جيولوجية مهم أخرى مثل: الإندساس، وانتشار قاع البحر، والجرف القاري. وغالبًا تقع البراكين على امتداد خطوط الصدع. وهناك سبع صفائح تكتونية عظمى - وهي: الصفيحة التكتونية الأفريقية، والقطبية الجنوبية، والأوراسية، والهندية والأسترالية، والأمريكية الشمالية، وصفيحة المحيط الهادئ والأمريكية الجنوبية - بالإضافة إلى عدد كبير من الصفائح الأصغر.

الصدوع المتباعدة



الصفائح التكتونية المتجاورة التي تبعد عن بعضها البعض تشكل ما يسمى بالصدوع المتباعدة. تقوم تيارات الحمل برفع الصهارة إلى أعلى بطريقة مشابهة لما عند تكون المناطق الساخنة، لكن لزوجة مادة التيارات

تتسبب في سحبها على القشرة التي تعلوها مما يؤدي إلى سحب القشرة في الاتجاه المعاكس (انظر الشكل)، وذلك قد يؤدي إلى شق كتلتا اليابسة القارية مكوناً وادي صدع. في البحار تكون الصدوع المتباعدة في القشرة المحيطية مصاحبة للظهور المحيطية حيث ترتفع الصهارة لتملأ الفراغ بين الصفائح التكتونية المتباعدة وبذلك يتكون قاع بحر جديد - في عملية تعرف باسم "انتشار قاع البحر". وأحياناً تنفث كمية كبيرة جداً من الصهارة من الظهر المحيطي لدرجة أنها تقسم سطح الماء مكونة جزيرة بركانية جديدة - من أمثلة ذلك جزيرة سرتسي، قبالة ساحل أيسلندا.

الصدوع المتقاربة

الصدوع المتقاربة هي نقيض الصدوع المتباعدة، فهي تظهر حيث تتصادم صفيحتان تكتونيتان، وعادة تؤدي إلى حدوث "اندساس" حيث تنزلق إحدى الصفيحتين تحت الأخرى وتنسحب إلى أسفل نحو الأجزاء الداخلية للكوكب. الطبقة المندسة تنصهر سريعاً بمجرد نزولها تحت السطح مؤدية إلى زيادة كثافة الصهارة والغازات التي تنفجر فيها بعد خلال الطبقة التي تعلوها على شكل مجموعة من البراكين. وعندما تكون كلتا الصفيحتين المشتركتين مكونة من قشرة محيطية تحت الماء يؤدي الاندساس إلى تكوين الخنادق المحيطية في عمق البحر حيث تتلاقى الطبقتان، وتستطيع البراكين المتكونة عادة أن تخترق سطح الماء لتكوين جزر بركانية على شكل قوس خلف خط الصدع، وهذا هو ما حدث في خندق ماريانا أعمق الخنادق المحيطية في الكوكب والتي تقع بالقرب من سلاسل جزر ماريانا. وعندما تكون إحدى الصفيحتين المشتركتين في عملية الاندساس مكونة من قشرة قارية، ترتفع الصفيحة القارية فوق الأخرى نتيجة انخفاض كثافتها إلا أن القوة التي تتصادم بها الصفيحتان عادة تدفع الحافة الأمامية للصفيحة القارية مكونة سلاسل جبال تتخللها براكين عند انصهار الصفيحة المندسة، ويحدث ذلك على طول ساحل كاليفورنيا حيث تنزلق صفيحة خوان دي فوكا المحيطية تحت صفيحة أمريكا الشمالية.

الصدوع الناقلة

الصدع الناقل هو الحد الفاصل بين صفيحتين تكتونيتين ليستا متباعدتين ولا متقاربتين لكن تنزلق إحداهما بمحاذاة الأخرى. بينما تعمل الصدوع المتقاربة والمتباعدة على تدمير أو تكوين القشرة على الترتيب لا يحدث أي من ذلك في الصدع الناقل، لكنه يمكن أن يصبح مدمراً بطرق أخرى، فحركة الصفيحتين بمحاذاة بعضهما البعض ليست حركة ملساء، فتتراكم الإجهادات بمرور الوقت وعندما تصبح القوة المتراكمة كبيرة بما فيه الكفاية تقوم الصفائح بعمل إزاحة مفاجئة غير متصلة، وحركة متقطعة ينتج عنها زلازل عنيفة، وربما يكون الصدع الناقل الأشهر حول العالم هو صدع "سان أندرياس" بكاليفورنيا- والذي تسبب في حدوث الزلزال الذي دمر سان فرانسيسكو عام 1906م.

البراكين

بإمكان الصدوع المتقاربة والمتباعدة، والمناطق الساخنة أن تؤدي إلى تكون البراكين- فتحات في القشرة الأرضية تسمح بتسرب الصهارة الساخنة والغازات، وأحياناً يكون لها عواقب مدمرة. وللبراكين أنواع كثيرة مختلفة: "البراكين المخروطية" وهي تشبه شكل الجبال العادية التي لها قمم، "البراكين المدرعة" أكثر تسطحاً وذات قمم أقل، بينما "المنافس المشققة" أكبر قليلاً من الفتحات في الأرض. لجميع البراكين فوهات مركزية تعرف باسم "كالديرا caldera" تنضح من خلالها الحمم البركانية- وهو الاسم الذي يطلق على الصهارة المنضغطة القادمة من القشرة السفلية بمجرد مغادرتها للبركان.

أما البراكين التي تتكون عن طريق المناطق الساخنة فتظهر أحياناً في سلاسل تنتشر على طول سطح الأرض، وتنتج من حركة الصفائح التكتونية التي تؤدي إلى ظهور مناطق جديدة من القشرة فوق المنطقة الساخنة- والتي أحياناً تحرق فتحة في القشرة الجديدة معلنة ميلاد بركان جديد. وقد تكونت سلسلة الجبال البحرية هاوي-إمبيرو وهي سلسلة مكونة من أكثر من 80 بركان، وجزر وجبال في قاع المحيط الهادي بهذه الطريقة.

الجرف القاري

لا نحتاج إلى ذكاء خارق لنكتشف أن الخطوط الساحلية لأمرিকা الشمالية وأفريقيا تبدو منطبقة، والحقيقة أنها كانت كذلك في يوم من الأيام. حركة الصفائح التكتونية تعيد باستمرار هيكل القارات؛ ومعدل الحركة صغير للغاية- أنها تتحرك تقريباً بنفس السرعة التي تنمو بها أظافر الإنسان تقريباً 10 سم (4 بوصة) في السنة، لكن هذه العملية لا يمكن منعها من الحدوث- لقد مزقت القارات في الماضي وسوف تجعلها تلتحم مجددًا في المستقبل.

لقد وضعت نظرية الجرف القاري في الاعتبار لأول مرة منذ القرن السادس عشر. إلا أن العلماء لم يأخذوها على محمل الجد إلا بعد قبول نظرية الصفائح التكتونية في الستينيات، والآن هي حقيقة مثبتة؛ فالفصائل الحفرية نفسها وجدت في الجهتين المتقابلتين من المحيط الأطلنطي مما يؤكد على أن اليابستين كانتا متصلتين يومًا ما.

القارات العظمى

عندما تلتحم صفيحتان تكتونيتان أو أكثر ينتج ما يسمى بالقارة العظيمة. في مخططات التصنيف التي تعتبر فيها كل من أوروبا وآسيا قارة واحدة تكون اليابسة الناتجة - أوراسيا- قارة عظيمة. وبفضل الجرف القاري، ظهرت هذه التركيزات الشاسعة من اليابسة على سطح الأرض مرات عديدة في الماضي، فمنذ 3.3 مليار سنة كانت القشرة القارية الأرضية جميعها موجودة على هيئة قارة عظيمة أطلق عليها علماء الجيولوجيا اسم "فالبارا". والهيكل الدقيق لهذه القارة غير معروف لكن التشابهات في طبقات الصخور التي كانت موجودة في هذه الفترة في كل من أفريقيا وأستراليا تشير إلى وجودها.

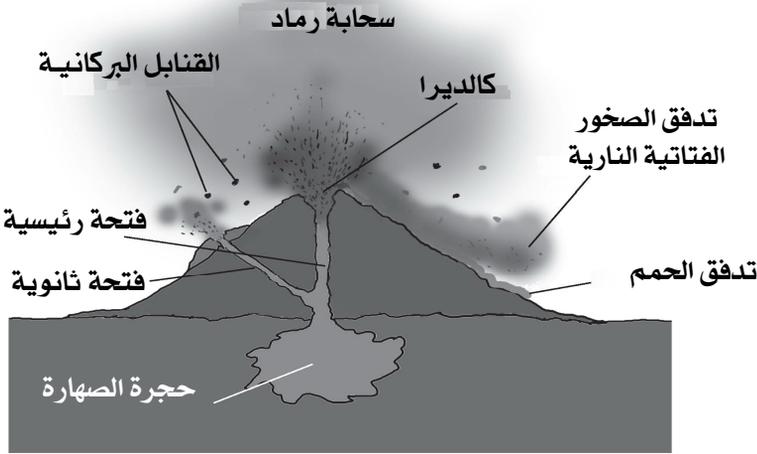
أقدم القارات العظمى ذات صفائح هيكلها مفهوم بصورة معقولة هي القارة العظيمة "رودينيا" التي كانت موجودة منذ حوالي مليار سنة خلال "الدهر الفجري". ومنذ ذلك الحين ظهرت قارات عظمى واختفت، وأثناء فترة "العصر البرمي" منذ 225 مليون سنة ارتبطت قارات الأرض في كتل من اليابسة عرف باسم "بانجيا"، ثم في "الفترة الترياسية" منذ 200 مليون سنة انقسمت "بانجيا" إلى "لوراسيا" (التي قد تكون الآن أمريكا الشمالية، وأوروبا، وآسيا) و"جوندوانلاندا" (المكونة في الوقت الحالي من أمريكا الجنوبية وأفريقيا وأستراليا والقارة القطبية الجنوبية) وتبدو القارات على استعداد للتقارب مجددًا خلال 250 سنة من الآن مكونة كتل من اليابسة أطلق عليه العلماء اسم "بانجيا الأخرى"

الكوارث الطبيعية

الانفجارات البركانية

عندما يصل ضغط الصهارة المتراكمة تحت بركان ما إلى نقطة الانهيار يثور البركان وينفجر ملقيًا بالحمم البركانية والغازات والصخور والرماد عبر مساحة واسعة. وتنفث الحمم البركانية المنصهرة من كالديرا البركان ومن الفتحات الثانوية التي تتشكل حيثما تمزق الصهارة المتصاعدة جوانب البركان. أما القنابل البركانية- وهي كريات الحمم المقذوفة في

الهواء والتي تتصلب أثناء طيرانها وتصطدم بالأرض على شكل صخور صلبة- فيمكنها أن تتشتت عبر مساحة كبيرة وترتفع حتى عدة أمتار، وفي الوقت نفسه تتصاعد سحب الرماد والدخان في الهواء وتحجب الشمس بالقرب من الانفجار ويمكنها حتى أن تتسبب في إعتام على نطاق عالمي. وربما يكون نوع الانفجار البركاني الأكثر تدميراً هو المعروف باسم "تدفق الصخور الفتاتية النارية"- عاصفة من الغاز والصخور المنصهرة جزئياً عند درجة حرارة 1100 درجة مئوية (2012 فهرنهايت) تقريباً تنزل على جوانب البركان وعبر الأراضي المحيطة بسرعات تقترب من 759 كم/س (460 ميل في الساعة). ويمكن لهذا النوع من البراكين تدمير منطقة يزيد نصف قطرها عن 200 كم (125 ميل).

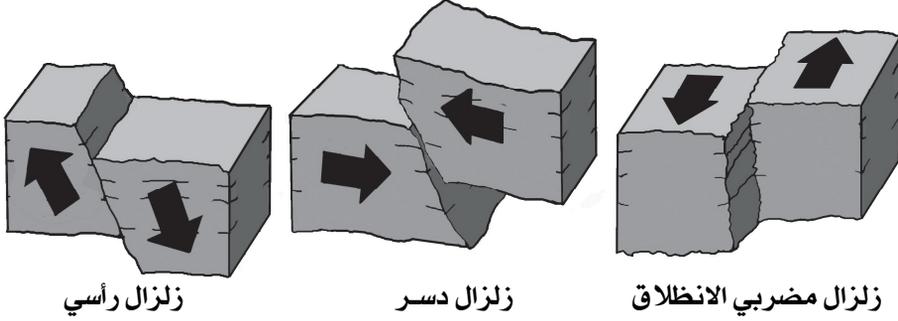


الزلازل

الزلازل هي نتيجة ممتدة ومدمرة لاحتكاك الصفائح التكتونية مع بعضها البعض عند خطوط الصدع في القشرة الأرضية. والحدود الفاصلة بين الصفائح ليست ملساء-الكتل والمطبات في الصخور تسبب احتكاكاً يمنعها من التحرك بحرية، وحدوث الاحتكاك مصحوباً بمرونة الصخر يؤدي إلى تراكم طاقة إجهاد، وعندما تكون الطاقة المتراكمة كافية للتغلب على الاحتكاك، تنزلق الصفائح فجأة مؤدية إلى هزة تنتشر كموجة خلال القشرة ويمكن أن تكون قوية بما فيه الكفاية لتسبب في انهيار المباني وإثارة الانهيارات

الأرضية، أما إذا كان مركز الزلزال-النقطة التي ينتشر منها الزلزال- موجودًا في البحر فإنه يؤدي إلى حدوث أمواج تسونامي.

هناك ثلاثة أنواع من الزلازل اعتمادًا على طبيعة الصدع المسئول عن حدوثها:



الصدوع المتباعدة، التي تتباعد فيها الصفيحتان عن بعضهما البعض، ينشأ عنها زلازل "رأسية"، أما الصدوع المتقاربة التي تدفع فيها إحدى الصفيحتين بقوة تحت الأخرى، ينشأ عنها زلازل يطلق عليها "زلزال الدسر"، أما الصدوع الناقلة التي تنزلق فيها إحدى الصفيحتين بمحاذاة الأخرى تؤدي إلى "زلزال مضربي الانزلاق" وتقاس الزلازل على مقياس درجة العزم الذي حل الآن محل مقياس ريختر الأقدم. وأي زلزال مقداره 7 أو أكثر يشكل خطرًا.

الانهيارات الأرضية

المواد العالقة على ميل أرضي شديد الانحدار تكون عرضة لفقد سيطرتها وبالتالي تنزلق إلى أسفل - وتكون النتيجة هي حدوث انهيار أرضي والذي يمكن أن يحدث بسبب الزلازل، أو فعل المياه، أو النشاط البشري مثل المحاجر والتنقيب عن المعادن، وتراوح التأثيرات ما بين إزعاجات بسيطة - على سبيل المثال عندما يتسبب الحطام في إغلاق الطرق - وحتى التدمير ووجود خسائر في الأرواح عندما يجرف الحطام مناطق مأهولة بالسكان أو يسقط عليها. والانهيارات الأرضية لا تتضمن التربة والصخور فحسب؛ فالجبال المغطاة بالجليد عرضة لحدوث انهيارات ثلجية - وهي انهيارات هائلة للثلج - والتي تشكل خطرًا على

متسلقي الجبال، وعلى المتزلجين. أما الانهيارات الطينية المميتة فيمكن أن تحدث نتيجة الأمطار الغزيرة، وذوبان الجليد، وحتى الأنشطة البركانية.

الانهيارات الأرضية في البحار تؤدي إلى حدوث أمواج تسونامي، ومن المعتقد أن ذلك سيحدث يوماً ما على جزيرة لابالما الأسبانية عندما يحدث ما هو متوقع وينزلق الجزء الغربي من الجزيرة إلى المحيط مسبباً موجة تسونامي ارتفاعها 600 متر (656 ياردة) والتي ستشكل تهديداً على أمريكا الشرقية.

الثوران البحيري

عام 1986 أطلقت بحيرة نيوس في دولة الكاميرون بغرب أفريقيا فجأة وبدون مقدمات كمية تقدر بـ 80 مليون متر مكعب من غاز ثاني أكسيد الكربون. واستقرت سحب الغاز في المناطق المنخفضة في حدود 25 كم (15 ميل) حول البحيرة-مما أدى إلى سحب الأكسجين المتنفس فاختنق أكثر من 1700 فرد بالإضافة إلى عدد لا يعد ولا يحصى من الحيوانات البرية والأليفة، وهذه الحادثة هي أحد الأمثلة على الكوارث الطبيعية النادرة المرعبة ويطلق عليها "الثوران البحيري"

يحدث الثوران نتيجة غاز ثاني أكسيد الكربون المتحلل في مياه البحيرة. ويمكن لثاني أكسيد الكربون أن يقحم في الماء نتيجة عدد من العمليات، مثل تحلل المواد النباتية، وإطلاق الغاز من فتحات البركان عند قاع البحيرة- تقع جزيرة نيوس في فوهة بركان خامد عميق. وتماماً مثل زجاجة المشروبات الغازية، الماء تحت ضغط عالي في قاع البحيرة له القدرة على احتواء غاز ثاني أكسيد الكربون في محلول، لكن عندما يتحرك الماء على سبيل المثال خلال انهيار أرضي أو زلزال، أو عندما يسخن الماء بفعل حرارة بركانية ينطلق الغاز تلقائياً. هناك برامج الآن في طريقها إلى التنفيذ لسحب ثاني أكسيد الكربون من قاع بحيرة نيوس لمنع هذا النوع من التراكمات من أن يسبب ثوران بحيري.

الفيضانات

الأمطار الغزيرة المفرطة التي تؤدي إلى اندفاع مياه النهر نحو ضفتيه، وعواصف المحيط

المشتدة التي تؤدي إلى انهيار دفاعات البحر، وذوبان الجليد في الشتاء، والثلج في الربيع جميعها أسباب تؤدي إلى حدوث الفيضانات. وعلى الرغم من تقنيات القرن الحادي والعشرين المستخدمة في مراقبة الفيضانات وبناء السدود ضدها، لا زال هذا الشكل من الكوارث الطبيعية يمثل خطراً مميتاً ومدمراً على المناطق المنخفضة إلى وقتنا الحاضر؛ فهي تأتي على المنازل، والملكيات الخاصة والبنى التحتية -مثل الطرق والكباري- فدمرها، كما أنها تسبب خسائر في الأرواح خلال الغرق أو الأمراض بسبب تلوث موارد المياه بمياه المجاري. والخطر الذي تشكله الفيضانات سيزداد بسبب قيام التغيرات المناخية برفع مستويات منسوب البحر حول العالم وجعل ظواهر الطقس المتطرفة مثل الأعاصير والعواصف أكثر عرضة للحدوث.

أمواج تسونامي

تتسبب الحوادث البحرية العنيفة مثل الزلازل تحت البحرية، والتأثيرات الكونية للمذنبات أو الكويكبات مع المحيط في اضطرابات هائلة في المياه التي تتحرك بدورها إلى الخارج على صورة موجة مد، أنها موجة تسونامي التي تمتلك قوة كافية لطمس المناطق الساحلية. الكلمة "تسونامي" مشتقة من الكلمة اليابانية التي معناها "موجة الميناء". أن موجة تسونامي تحمل طاقة هائلة، لكن ارتفاع هذه الأمواج في عمق منتصف المحيط صغير، فالقارب الذي يبحر في منتصف المحيط الأطلسي ويشهد مسار موجة تسونامي بالكاد يشعر بأي تأثير عند مرور الموجة العميقة به، إلا أن بمجرد عبور هذه الموجة جرفاً قارياً وتركيز طاقتها في طبقة ضحلة من المياه ترتفع لتصبح حائطاً مخيفاً من المياه يصل ارتفاعه غالباً إلى عشرات المترات.

في اليوم العالمي للملاكمة عام 2004 اندفعت موجة تسونامي عبر المحيط الهندي -وتسبب فيها زلزال الدر تحت البحري عند منطقة اندساس على ساحل سومطرة. وتسببت هذه الموجة الهائلة، التي وصلت إلى ارتفاع 30 متر، في بعض الأماكن في قتل ما يربو على 230000 فرد عندما جرفت اليابسة مسببة دمار واسع في 11 دولة.

الزوابع (Tornadoes)

الزوبعة هي عمود من الهواء يدور بسرعة كبيرة ويمتد من الأرض وحتى المزن الركامي في الأعلى، وأقوى الزوابع المعروفة تولد رياحًا سرعتها تفوق 500 كم/س (300 ميل في الساعة)، وبإمكان هذه الدوامات الوحشية اقتلاع المنازل من أساسها، ودفع السيارات والشاحنات في الهواء، وشق طريق دمار خلال صفحة الأرض يزيد اتساعه عن كيلو متر واحد. وتحدث الزوابع عندما يتحرك الهواء عند الارتفاعات العليا بسرعة أكبر من سرعة الهواء القريب من سطح الأرض مما يؤدي إلى تكون اسطوانة أفقية من الهواء تندرج عبر الأرض، إذا تدرجت هذه الأسطوانة خلال تيار هوائي دافئ، يحرك الهواء الدافئ الإسطوانة إلى أعلى رأسياً فيتولد الإعصار.

الزوابع تكون شائعة الحدوث في منطقة "زقاق الأعاصير" في الولايات المتحدة الذي يمتد من منطقة وسط غرب الولايات المتحدة وحتى ولاية تكساس؛ امتزاج تيارات من الهواء الدافئ الرطب مع الهواء الجاف يمثل الظروف المثلى لتكون الأعاصير. وتستخدم محطات الرادار في هذه المنطقة في تعقب مسار الزوابع الخطيرة حتى يمكن إصدار تحذيرات مسبقة.

العواصف الشديدة

في الخامس عشر من شهر أكتوبر لعام 1987 ضربت عاصفة مروعة أوروبا الشمالية، لقد ضربت إنجلترا وفرنسا برياح تقترب سرعتها من 220 كم/س (130 ميل في الساعة) - اقتلعت الأشجار، ودمرت المباني، وتسببت في موت 22 شخص - وعلى الرغم من عدم اعتبار هذه العاصفة إعصار على نطاق واسع (زوبعة أطلسية) إلا أنها حققت عدة معايير للأعاصير بما فيها سرعة الرياح وانخفاض الضغط.

وتلك العواصف الشديدة ليست حكراً على أوروبا، ففي عام 1962 ضربت الرياح العاتية، والأمطار والجليد الساحل الشرقي للولايات المتحدة الأمريكية مما تسبب في 40 حالة وفاة، وتدميرات تصل إلى مئات الملايين من الدولارات. لكن حمدًا لله أن هذه العواصف لا تحدث في كثير من الأحيان؛ لأن الظروف المسببة لها - اصطدام جبهة طقس قوي حار بشدة بجبهة طقس بارد، واندماج عواصف أصغر - نادرة.

الأعاصير (Cyclones)

الأعاصير هي أنظمة هائلة من العواصف التي تتكون في المناطق المدارية، حيث تحفز المحيطات الدافئة تيارات الحمل إلى أعلى والتي تندفع إلى أعلى بفعل تأثير كوروليس لتكون دوامات ذات قلب منخفض الضغط تدور حوله رياح عاتية. تعرف الأعاصير في المحيط الهادي باسم "تيفون" (typhoons)، أما الأعاصير التي تتكون في المحيط الأطلنطي فتسمى "إعصار استوائي" (hurricane).

بمجرد تكون الإعصار ينتقل غرباً إلى أن يصطدم باليابسة، ومن رحمة الله أن ذلك يجعل الإعصار يبدأ في التبدد من خلال الاحتكاك مع اليابسة، وزوال مصدر طاقته - الحرارة البحرية. تتسم الأعاصير شديدة العنف برياح ثابتة تعصف بسرعة تزيد عن 250 كم/س (150 ميل في الساعة)، كما أنها تدفع بأموج المحيط إلى ارتفاع يزيد عن 5 أمتار على أي شيء يعترض مسارها. توجد أعتى الرياح فيما يسمى بـ "جدار العين" وهي حلقة من العواصف المحيطة بالقلب منخفض الضغط للإعصار والذي يطلق عليه "العين". داخل العين التي يمكن أن يتراوح عرضها ما بين 8 كم وحتى 200 كم (5 إلى 125 ميل) تكون الظروف هادئة نسبياً.

حرائق الغابات

لقد أصبح مشهد هكتارات الغابات المحترقة التي تهدد مساكن البشر والمواطن الطبيعية للحياة البرية شائعاً في الأخبار التلفزيونية. في عام 2007 اجتاحت النيران غابات محيطية بأثينا باليونان وتسببت في مقتل 65 شخص، وفي عام 2008 جاء الدور على جنوب أستراليا بينما في عام 2009 دمرت الحرائق 1300 كيلومتر مربع من الغابات في كاليفورنيا.

يلقي العديد من الخبراء بلوم الموجة الأخيرة من حرائق الغابات على كوكبنا الدفيء بحجة أن التغير المناخي يجعل النباتات شديدة الجفاف. بينما يقول آخرون أن جهود البشر في قمع حرائق الغابات قد أدت إلى فرط وجود وقود الإحترق مما يؤدي بدوره إلى تحول الحرائق الصغيرة التي تكون تحت السيطرة إلى الحرائق العملاقة التي أصبحنا نراها في الآونة الأخيرة. وتساعد التكنولوجيا في السيطرة على الحرائق والتحكم بها؛ حيث تجمع محطات

رصد عبر الولايات المتحدة الآن معلومات بانتظام عن العوامل مثل درجة الحرارة، والرطوبة والطقس لوضع توقعات مفصلة عن الأماكن التي يحتمل فيها اندلاع حرائق الغابات.

الموجات الحرارية

مع إزدياد الدفء العالمي أصبحت الموجات الحرارية- الأوقات الطويلة عندما ترتفع درجات حرارة منطقة ما بشكل غير طبيعي- أكثر شيوعاً. وغالباً يرجع سببها إلى أنظمة الطقس مرتفعة الضغط التي تمنع الغطاء السحابي مما يسمح بوصول كمية أكبر من ضوء الشمس إلى الأرض ويقلل من الكمية الكلية لهطول الأمطار. المدن والمناطق الحضرية تميل إلى التعرض إلى بعض أسوأ الموجات الحرارية حيث أن مواد البناء تحتجز الحرارة بكفاءة أكثر من احتجاز الأراضي للحرارة.

الموجات الحرارية والجفاف المصاحب لها يمكن أن يكون له تأثير كارثي على الدول النامية، لكن حتى في دول الغرب، الحرارة مشكلة أكبر مما تتخيل ففي عام 2002 استنتجت دراسة أجرتها مدرسة جونز هوبكينز بلومبيرج للصحة العامة أن الموجات الحرارية في الولايات المتحدة تقتل حوالي 400 شخص سنوياً.

التأثيرات الكونية

اصطدام الكويكبات والمذنبات بالأرض هي أحداث مدمرة إلى حد مرعب- لها القدرة على تدمير مدن، وقارات، بل تدمير الكوكب كله. في عام 1908 ضربت قطعة من الصخر أو الجليد من الفضاء منطقة "تونجوسكا" في روسيا وانفجرت بطاقة تعادل طاقة سلاح نووي 15 مليون طن- هذا يعادل قوة القنبلة التي دمرت مدينة هيروشيما في اليابان في نهاية الحرب العالمية الثانية 1000 مرة- مما أدى إلى تدمير ما يزيد عن 2000 كيلومتر مربع من الغابات في "تونجوسكا".

يعتقد أن الجسم الذي تسبب في أحداث "تونجوسكا" صغير نسبياً- عرضه حوالي 50 متر-، فهناك مذنبات وكويكبات تفوق ذلك بكثير- عرضها كيلومتر أو أكثر. فالتأثير

الناتج عن قطعة من الصخر أو الجليد عرضها كيلومتر واحد يمكنه تدمير الحياة على كوكب الأرض، وإطلاق العنان للعواصف النارية، وأمواج تسونامي، وقذف سحب الرماد والحطام إلى الغلاف الجوي مما يؤدي إلى حجب أشعة الشمس لسنوات عديدة الذي يؤدي بدوره إلى انغماس الكوكب في شتاء صناعي قاسي.

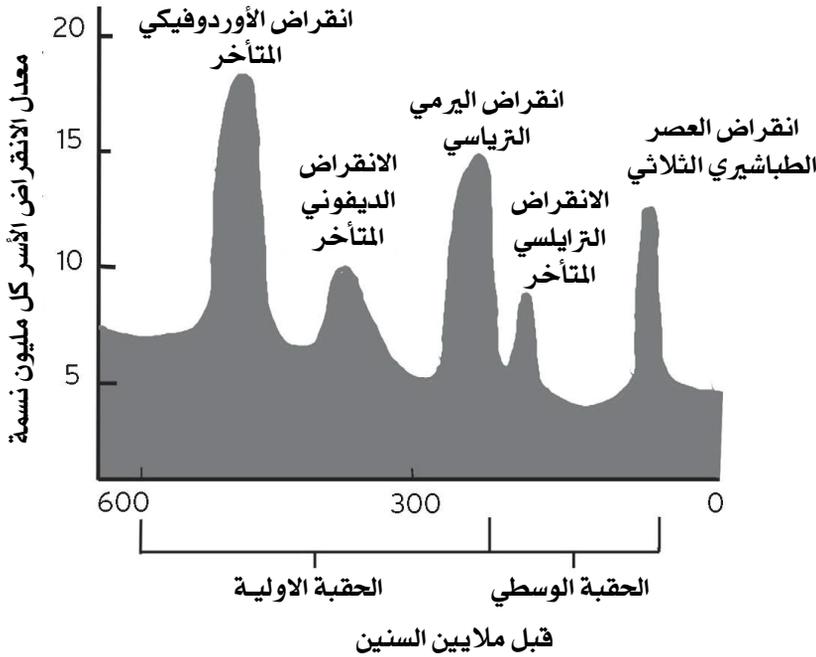
من المعتقد أن التأثيرات الكونية مسئولة على أقل تقدير عن واحد من الانقراضات الجماعية العظيمة في تاريخ الأرض - الحدث الذي وقع منذ 65 مليون سنة عندما اختفت الديناصورات من على وجه الأرض. يقوم علماء الفلك الآن بتمشييط السماوات بحثاً عن هذه الأجسام الخطيرة المحتملة وفي الوقت نفسه يحاول العلماء استنباط ما سوف يكون بمقدورنا فعله عندما نجد أحدها.

أشعة الموت

لقد أشار علماء الفلك إلى أن الإشعاعات القادمة من أحداث العنف الفضائية بإمكانها إثارة كوارث طبيعية مميتة وخسائر في الأرواح على كوكب الأرض. انفجارات المستعر العظيم، والمستعر فوق العظيم هي انفجارات قوية تحدث كعلامة على موت النجوم هائلة الحجم، وإذا حدث أحد هذه الانفجارات خلال مسافة قدرها 100 سنة ضوئية فسيكون بإمكانه تدمير الأرض التي قد نضبت طبقة الأوزون التي تحيط بها بالفعل مما يتيح للمستويات الضارة من الأشعة فوق البنفسجية القادمة من الشمس أن تسمم الحياة على سطح الكوكب. وقد كشف الدليل على هذه النظرية علماء في معهد ريكن للبحوث باليابان في عام 2009 وجدوا علامات إشعاعات - تغيرات كيميائية مستحثة في الأجزاء الداخلية لجليد المنطقة القطبية الجنوبية بالتزامن مع تواريخ - من السجلات الفلكية - لانفجارات مستعرة عظيمة معروفة في تاريخ الأرض. ويتوقع بعض العلماء أن هذه الأحداث قد تؤدي إلى حدوث انقراض جماعي للحياة على سطح الأرض بحجة أن النظرية تبدو متوافقة مع خصائص الانقراض الذي حدث في نهاية الفترة الأوردوفيسكية في العصر الأولي منذ حوالي 440 مليون سنة.

الانقراضات الجماعية

الانقراضات الجماعية هي الكارثة الطبيعية القصوى وتحدث عندما تختفي نسبة كبيرة من السلالات المكونة للحياة على كوكب الأرض من على وجه الكوكب في مدة زمنية قصيرة، وقد وجد العلماء الذين يدرسون السجل الأحفوري للأرض في عصور ما قبل التاريخ خمس حوادث كبيرة في الماضي انخفض فيها عدد الفصائل المتحجرة بشكل كبير، وتعرف باسم الانقراضات الخمسة العظيمة، وتظهر على شكل قمم في الرسم البياني المرسوم بين معدل الانقراض والزمن، وهي: الانقراض الأوردوفيك المتأخر، والانقراض الديفوني المتأخر، والانقراض البرمي الترياسي (جميعها في الحقبة الأولية)، والانقراض الترياسي المتأخر في الحقبة الوسيطة، وانقراض العصر الطباشيري الثلاثي. الذي انقرضت فيه الديناصورات، وأكبر هذه الانقراضات هو الانقراض البرمي-الترياسي- الذي انقرضت فيه 90٪ من الفصائل البحرية، و 70٪ من الفقاريات. من المعتقد أن الانقراضات الجماعية يرجع سببها إلى أحداث فضائية قوية مثل: التأثيرات الكونية، وأشعة الموت بالإضافة إلى ظواهر أرضية مثل تغير المناخ والبراكين الخارقة.



الغلاف الجوي للأرض

مكونات الغلاف الجوي

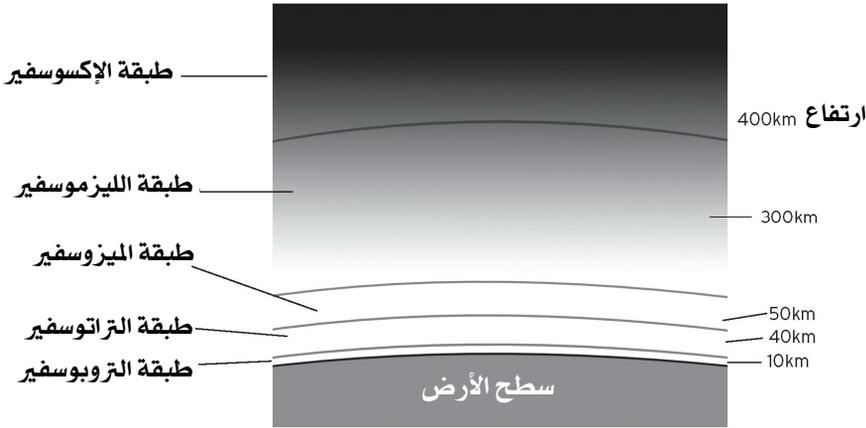
الغلاف الجوي للأرض عبارة عن خليط من غاز النيتروجين، والأكسجين والأرجون، وثنائي أكسيد الكربون بنسب 78٪، و21٪، و0.93٪، و0.38 على الترتيب. وعند مستوى سطح البحر يسبب الغلاف الجوي ضغطاً مقداره 1 بار، تحت الظروف الطبيعية، حيث 1 بار يساوي 100000 باسكال. يعبر خبراء الطقس عادة عن الضغط باستخدام وحدة الملي بار (mb)، حيث أن 1 بار = 1000 ملي بار. تسبب أنظمة الطقس تغيرات جوهرية في الضغط- على سبيل المثال، في عين الإعصار قد ينخفض الضغط إلى 870 ملي بار، حتى في الطقس الهادئ يقل الضغط بالارتفاع، فهو يصبح نصف قيمته تقريباً كل 5.6 كم (3.5 ميل) فوق سطح الكوكب. يقع 99.99٪ من الغلاف الجوي ضمن حدود 100 كم (60 ميل) من السطح- وهذه النقطة التي اعتبرت حافة الفضاء)

مكونات الغلاف الجوي هي ما يعطي السماء لونها؛ فالمواد الكيميائية في الهواء تفضل تشتيت الضوء الأزرق من طيف الإشعاع المغناطيسي من الشمس عبر السماء مما يعطي السماء درجة اللون الأزرق.

بنية الغلاف الجوي

يقسم العلماء الغلاف الجوي للأرض إلى طبقات، الطبقة الدنيا منها هي طبقة المتكور الدوار "التروبوسفير" (troposphere) التي تمتد حتى ارتفاع ما بين 7 كم و28 كم (4.5 إلى 17 ميل) وتعرف بأنها الطبقة التي يعمل سطح الأرض على تسخينها- لذلك تنخفض درجة الحرارة بالارتفاع، وعند الحافة العلوية لطبقة التروبوسفير يوجد حدًا تحدهه طبقة رقيقة تسمى "التروبوز" (tropopause)، أما في المستوى الذي يعلوه توجد طبقة المتكور الطبقي "الستراتوسفير" (stratosphere) والتي تمتد من الجزء العلوي لطبقة التروبوسفير وحتى ارتفاع 50 كم (31 ميل)، وعندها يقسم الحمل الغلاف الجوي إلى طبقات مختلفة في درجة الحرارة، ويرتفع الزئبق مع زيادة الارتفاع. وتضم طبقة الستراتوسفير طبقة

الأوزون التي تحمي الأرض من الإشعاعات الشمسية فوق البنفسجية الضارة، وفوقها طبقة المتكور الأوسط "الميزوسفير" (mesosphere) حيث تقل درجة الحرارة مجددًا بالارتفاع ؛ فهذه الطبقة تصل إلى ارتفاع حوالي 85 كم (53 ميل) وهي أكثر الطبقات برودة من بين طبقات الغلاف الجوي حيث تهبط درجة الحرارة إلى -100 مئوية (-148 فهرنهايت)، وبعد الميزوسفير توجد طبقة المتكور الحراري "الثيرموسفير" (thermosphere) التي تمتد من 80 كم (50 ميل) حتى تصل إلى الفضاء عند ارتفاع حوالي 400 كم (250 ميل).، وعند ذلك الارتفاع تصبح حرارة الشمس هي المصدر الرئيسي للحرارة وتتسبب في رفع درجة الحرارة إلى ما يزيد عن 1000 درجة مئوية (1830 فهرنهايت)، وأخيرًا نجد طبقة "الإكسوسفير" (exosphere) الحد الخارجي المخلخل للغلاف الجوي.



خلية هادلي

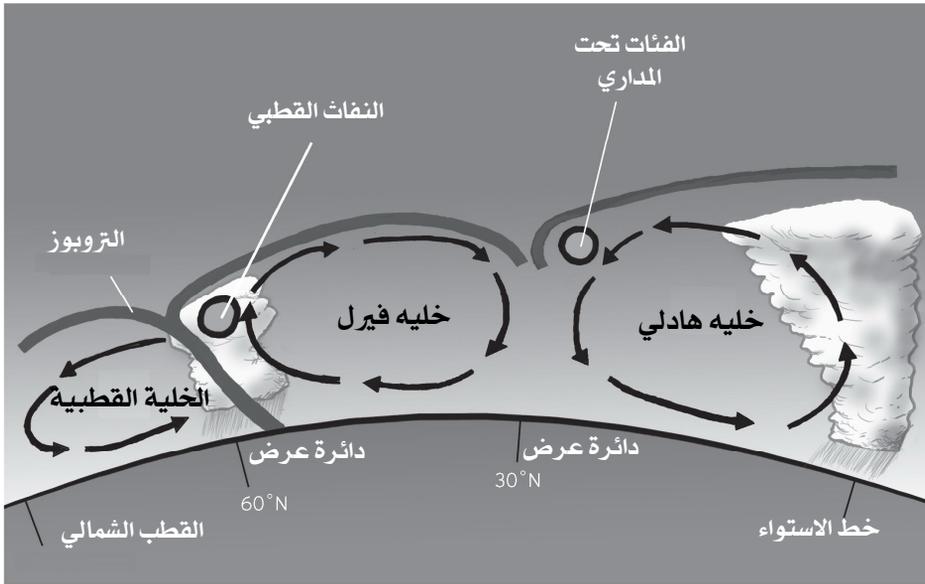
خلية هادلي هي تيار حمل قوي يسيطر على دوران الهواء في الغلاف الجوي للأرض، فالهواء الساخن عند خط الاستواء يرتفع إلى ما يزيد عن 10 كم (6.2 ميل) ثم ينتقل ناحية القطبين إلى دوائر عرض حوالي + / - 30 حيث يبرد ويهبط إلى مستوى سطح البحر مجددًا ثم ينحرف مرة أخرى نحو خط الاستواء.

يميل الهواء في خلية هادلي إلى فقد رطوبته نتيجة التكاثف عند درجات الحرارة المنخفضة عند الارتفاعات الشاهقة، ولهذا السبب يكون الهواء جافًا ويعود إلى مستوى سطح البحر

وهذا هو أحد العوامل المساهمة في تكون الصحاري حول المناطق المدارية، وبالمثل يميل الهواء البارد إلى الهبوط حول قطبي الكوكب ثم ينتقل إلى دوائر عرض $+/- 60$ ثم يسخن هناك فيرتفع مجددًا وهذا يشكل تيار دوران يعرف باسم "الخلية القطبية". الهواء الهابط في خلية هادلي والصاعد في الخلية القطبية يشكلان تيار حمل ثالث من تيارات الغلاف الجوي بين التيارين السابقين يسمى خلية منتصف خط العرض (mid-latitude) أو خلية فيريل الذي يمتد بن دائرتي عرض $+/- 30$ إلى $+/- 60$.

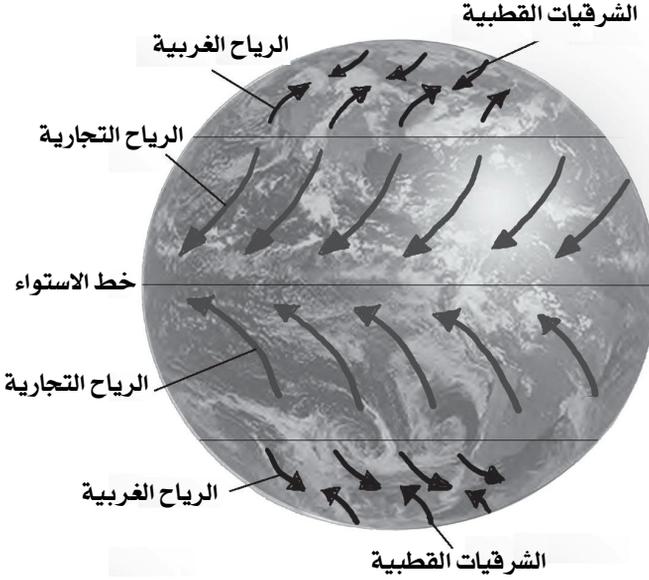
التيارات النفاثة

التيارات النفاثة هي أحزمة من الهواء عالي السرعة يدور حول الأرض في اتجاه شرقي في طبقة التروبوسفير العليا، وهناك تياران نفاثان أساسيان-التيارات النفاثة القطبية والتيارات النفاثة تحت المدارية، وهي نتيجة لقانون بقاء كمية التحرك الزاوية من الديناميكا الدورانية. وأثناء دوران الأرض ينجرف الهواء على سطح الأرض في دائرة عملاقة لكن أثناء انتقال الهواء إلى القطبين خلال خلية هادلي. فإن نصف قطر الدوران يقل. وتماثلًا مثلما تزداد سرعة متزلج الجليد من خلال سحب ذراعيه يتحرك الهواء نحو القطبين ويقل نصف قطر دورانه وبالتالي تزداد سرعته وتنتج تيارات نفاثة، وتأخذ اتجاهها



الشرقي من تأثير كوروليس. والطائرات التي تطير نحو الشرق تستفيد من التيارات النفاثة عن طريق استخدامها كريح مساندة قوية للتقليل من زمن الطيران ومن الوقود المستخدم.

الرياح التجارية



الرياح التجارية هي تيارات هوائية عند سطح الأرض نتيجة خلية هادلي وهو تيار حمل عملاق يحدث في الغلاف الجوي. ففي خلية هادلي يتحرك الهواء نحو خط الاستواء بمحاذاة سطح الأرض لكن تأثير كوروليس يسبب إنحراف هذا التدفق المستقيم مكوناً هواء يتجه نحو خط الاستواء من الشمال الشرقي في نصف الكرة الشمالية ونحو خط الاستواء من الجنوب

الشرقي في نصف الكرة الجنوبي، وهذه التيارات هي الرياح التجارية؛ والمكان الذي تتقارب فيه عند خط الاستواء يكون حزاماً من الهواء الساكن ويعرف باسم "الركود" (doldrums) حيث تجرف خلية هادلي الرياح إلى دوائر عرض أعلى.

و تحت خلية فيرل عند خطوط عرض بين 30° -/+ و 60° -/+ تؤدي الآلية نفسها إلى تكون رياح تعرف باسم الرياح الغربية والتي تهب من الجنوب الغربي في نصف الكرة الشمالي، ومن الشمال الغربي في نصف الكرة الجنوبي. أما الخلايا القطبية فتولد رياح مشابهة في الاتجاهات المضادة وتعرف باسم الشرقيات القطبية.

طبقة الأوزون

هناك قشرة من الغلاف الجوي تقع أعلى الأرض في طبقة الستراتوسفير تسمى طبقة

الأوزون، وهي طبقة غنية بالأوزون- الذي يعرف أيضًا باسم الأكسجين الثلاثي، وهو جزيء مكون من ثلاث ذرات أكسجين مرتبطة معًا. ويلعب الأوزون دورًا مهمًا في جعل الأرض كوكبًا صالحًا للحياة عن طريق امتصاص معظم الضوء فوق البنفسجي الضار القادم من الشمس، ولولا طبقة الأوزون لارتفعت معدلات سرطان الجلد وإعتام عدسة العين.

لقد نضبت طبقة الأوزون حول الأرض بسبب تلوث الهواء في شكل غازات تعرف باسم الكلوروفلوروكربونات (CFCs) التي تستخدم كمواد دافعة في الرش بالرذاذ وفي مبردات الثلاجات. الأشعة فوق البنفسجية تتفاعل مع هذه المواد الكيميائية مكونة شوارد أكسيد النيترو وحين الحرة (nitrogen oxide free radicals) التي تفكك طبقة الأوزون مما أدى إلى تقليل سمك طبقة الأوزون تقليلاً خطيراً فوق القارة القطبية الجنوبية- "ثقب الأوزون". وقد أصبح استخدام الكلوروفلوروكربون حالياً محظوراً عالمياً، ويبدو أن معدلات نضوب طبقة الأوزون أصبحت أبطأ نتيجة لهذا الحظر - على الرغم من أن محو هذه الملوثات من الغلاف الجوي تمامًا قد يستغرق 100 عام.

الأيونوسفير

الجزء العلوى من طبقة الميزوسفير، والجزء السفلي من طبقة الترموسفير هو مكان تواجد طبقة الأيونوسفير حيث تكون الذرات والجزيئات في الغلاف الجوي متأينة بسبب إشعاع الشمس. والأيونوسفير هو الطبقة التي يتكون فيها الشفق، حيث أن الجسيمات عالية الطاقة القادمة من الشمس تصطدم بذرات وجزيئات الغاز الموجود في الهواء الجوي لتشكل عروض الضوء المذهلة وطبقة الأيونوسفير مفيدة أيضًا في الاتصال العالمي. فالغاز في هذه الطبقة متأين وبالتالي يكون موصلًا للكهرباء ويسلك سلوك المعدن مما يعني أن في إمكانها جعل الإشعاع الكهرومغناطيسي يخضع للانعكاس وهو ما يمكن استخدامه في ارتداد إشارات الراديو بين طبقة الأيونوسفير والأرض مما يؤدي إلى بثها عبر الكوكب.

حزاما فان آلين

حزاما فان آلين هما حزامان على شكل تارة، مكونان من جسيمات عالية الطاقة من

الشمس يحتجزها المجال المغناطيسي للأرض. وهذان الحزامان يحتضنان بعضهما البعض، ويتكون الحزام الخارجي، الذي يمتد ما بين 15000 كم و25000 كم (9500 و15500 ميل) فوق خط الاستواء الأرضي، في الأساس من جسيمات من الإلكترونات، بينما الحزام الداخلي، الذي يقع ما بين 1000 كم و5000 كم (600 و3000 ميل) تغلب فيه البروتونات عالية الطاقة. وقد تكهن بها لأول مرة عالم الفيزياء الفلكية الأمريكي الطبيب جيمس فان آين، والذي كان أول من اكتشفها أيضًا في عام 1958- عن طريق التفسير الصحيح للبيانات التي عادت مع مركبة فضاء المستكشف 1 لناسا. وتحتاج الأقمار الصناعية المارة خلال الحزامين إلى تكوين الدروع لمنع الإشعاعات من إتلاف أجهزتها الإلكترونية الحساسة.

الغلاف المغناطيسي

لا يقف تأثير المجال المغناطيسي للأرض عند سطح الكوكب بل يمتد خلال الغلاف الجوي وفي الفضاء في فقاعة عملاقة من المغناطيسية تعرف باسم الغلاف المغناطيسي. على الارتفاعات القريبة من سطح الأرض يكون لطبقة الغلاف المغناطيسي (magnetosphere)⁽¹⁾ نصيبًا من اسمها فهي تقريبًا كروية في هذه المنطقة لكن فيما بعد ذلك أي على ارتفاع حوالي 60000 كم (37250 ميل) يتأثر شكل هذا الغلاف بتأثيرين من الشمس: الرياح الشمسية والمجال المغناطيسي للشمس. هذان التأثيران يتسببان في سحب الغلاف المغناطيسي خلف الكوكب مكونًا ذيلًا طويلًا يمتد حتى 1.25 مليون كم (776700 ميل) في الفضاء بين الكواكب. وقد كان لهذا الغلاف دورًا حاسمًا في ظهور الحياة على سطح الكوكب فقد عمل كدرع لحماية السطح من الجسيمات الإشعاعية المشحونة كهربيًا القادمة من الفضاء.

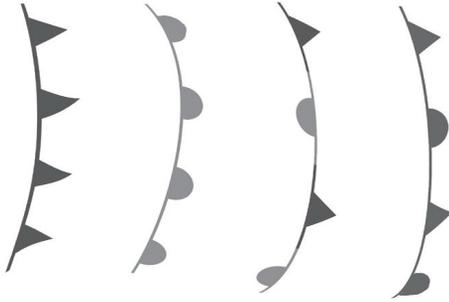
(1) كلمة sphere تعني في الإنجليزية كرة.

الأرصاد الجوية

الرياح

مصطلح "الرياح" هو المصطلح الذي يطلقه علماء الأرصاد- العلماء الذين يقومون بدراسة طقس الأرض- على حركة تكتلات كبيرة من الهواء عبر سطح الكوكب. وعلى الرغم من وجود أنماط مؤكدة وراسخة من الرياح مثل التيارات النفاثة، والرياح التجارية إلا أن معظم الرياح الجوية التي نواجهها يومًا بعد يوم تكون أقل توقعًا. تحدث الرياح بسبب الاختلافات في ضغط الغلاف الجوي- يتدفق هواء المناطق ذات الضغط المرتفع إلى المناطق التي يكون ضغطها أكثر انخفاضًا. والاختلافات في الضغط نفسها ترجع إلى تأثيرات حرارية-تحركات الهواء إلى أعلى تقلل من الضغط المؤثر على الأرض الدافئة مقارنة بالبحر البارد، بينما يؤدي سريان الهواء البارد إلى أسفل إلى تكون مناطق مرتفعة الضغط. وبهذه الطريقة تدار أنظمة الرياح الأرضية عن طريق الحرارة التي تتلقاها الأرض من الشمس- ولهذا السبب يكون توليد الكهرباء باستخدام الرياح شكل غير مباشر من أشكال الطاقة الشمسية. وتقاس سرعات الرياح طبقًا لمقياس بيفورت اعتمادًا على سرعتها في العقدة (1 عقدة=1.9 كم/س=1.2 ميل في الساعة).

جبهات الطقس



سبق وأن رأينا جميعًا تلك الخطوط من المثلثات الزرقاء، وأنصاف الدوائر الحمراء على خرائط الطقس على شاشة التلفاز، والتي تشير إلى جبهات باردة وجبهات دافئة. الجبهة الباردة هي تمامًا

بمعنى الكلمة حافة لحجم كبير من هواء بارد مقرب؛ وصوله سيؤدي إلى هطول أمطار لأن الهواء الرطب الدافئ سيتصاعد فوق كتلة الهواء البارد وستتكثف رطوبته لتكوين سحب، وأحيانًا قد تحدث عواصف رعدية، وبمجرد وصول جبهة باردة فإنها تجلب معها منطقة ضغط مرتفع. وبالمثل، الجبهة الدافئة هي حافة كتلة مندفعة من هواء درجة حرارته

ورطوبته أعلى نسبياً؛ وغالبًا ما تجلب سقوط أمطار قليلة، لكن ليس بنفس حدة مرورها بجبهة باردة. أحياناً تسبق جبهة دافئة جبهة باردة - ويعرف ذلك باسم "الجبهة المغلقة"، ومن ناحية أخرى، عند تلاقي جبهتين باردة ودافئة لهما نفس القوة - بحيث لا تصل أي منهما إلى الأرض - تسمى الجبهة الناتجة "جبهة مستقرة".

السحب

تعرف الكتل المتنفخة من قطرات الماء الصغيرة في سماوات كوكب الأرض باسم السحب. وهي أساسية لظواهر الطقس الأخرى مثل سقوط الأمطار والبرَد، والثلوج. المياه الموجودة في السحابة تشتت وتبعثر أشعة الشمس المارة خلالها، ويكون هذا التأثير طفيف في السحب الصغيرة المخلخلة، وتظهر السحب بيضاء ورقيقة لكن السحب الأكبر كثافة وسمكًا - محملة بالماء - تمتص نسبة أكبر من الضوء فتظهر رمادية أو حتى سوداء.



تنقسم السحب إلى أربعة عائلات (انظر الرسم). العائلة (أ) تضم السحب المرتفعة ما بين 3 كم إلى 18 كم (2 إلى 11 ميل) فوق المستوى الأرضي (AGL). اعتمادًا على دوائر العرض، وتضم هذه العائلة السحاب الرقيق المرتفع (القرع). (Cirrus)، والسحاب الطباقى المرتفع (Cirrostratus). أما السحب المتوسطة تُكون العائلة (ب) وتتوزع بين ارتفاعي 2 كم إلى 8 كم (1.25 ميل حتى 5 ميل) فوق المستوى الأرضي، وتضم سحبًا على شكل صفائح هي السحاب الطباقى المتوسط (Altostratus)، والسحاب الركامى المتوسط (Alto cumulus). أما السحب المنخفضة فتتواجد حتى ارتفاع 2 كم (1.25 ميل) مثل السحب البيضاء المتفخخة التي يطلق عليها السحاب الركامى المنخفض (Cumulus) والتي تشكل العائلة (ج)، وأخيرًا هناك سحب رأسية من العائلة (د) التي تتكون على ارتفاعات عديدة - غالبًا الركام المزنى (Cumulonimbus) الذي يكون على وشك الإمطار. ويطلق على الدراسة العلمية للسحب اسم "علم السحب".

هطول الأمطار

عندما تنخفض درجة حرارة الركام المزنى أو السحاب المزنى الطبقي بقدر يكفي لتكثف القطرات وتحولها إلى مياه في الحالة السائلة تكون النتيجة هطول الأمطار. ويشير علماء الأرصاد إلى هذه العملية باسم الهطول (precipitation) - يجب مراعاة عدم الخلط بينه وبين الترسيب الكيميائي (chemical precipitation). - الأمطار جزء من دورة المياه، وهي أوج العملية التي بواسطتها تبخر المياه من المحيطات لتكون السحب ثم تسقط مجددًا إلى الأرض على هيئة أمطار وبذلك تتكرر العملية.

يميل هطول الأمطار إلى الحدوث في المناطق منخفضة الضغط لأن الضغط الجوى المنخفض يرجع سببه إلى ارتفاع التيارات الحرارية التي تسحب الهواء من سطح الكوكب، وتحمل التيارات الهواء الرطب إلى ارتفاعات كبيرة حيث تكون درجة الحرارة منخفضة مما يسمح بتكثف الرطوبة وهطولها على هيئة أمطار، وعندما تكون هناك فترات طويلة من الضغط العالى تسود منطقة ما يمكنها التسبب في قلة هطول الأمطار أو حدوث جفاف.

الثلج والبرد

درجات الحرارة المنخفضة انخفاضاً شديداً تؤدي إلى تكثف الرطوبة الموجودة في السحب ليس إلى مياه في الحالة السائلة بل إلى جليد متجمد على هيئة برَد وثلج، وهذا يحدث عندما تحمل تيارات الهواء المتحركة إلى أعلى في المناطق منخفضة الضغط الماء في سحابة ما إلى المستويات التي تكون فيها درجة حرارة الهواء منخفضة بما يكفي لتجمد البخار والقطرات، وتساعد الظروف الباردة الشتوية هذه العملية فهي تقلل الارتفاع الذي يمكن أن يحدث عنده هذا التجمد. وعندما يكبر جسيم الثلج بمحاذاة النقطة التي يمكن لتيار الهواء المتصاعد دعمها فيها تسقط إلى الأرض تحت تأثير وزنها

يتكون الثلج والبرَد بطريقتين مختلفتين قليلاً، فالثلج يتكون أثناء نمو بلورة الجليد مباشرة من البخار والقطرات الصغيرة في السحابة لتكوين رقائق ثلجية رقيقة لكن عندما تتكثف قطرات الماء السائل الكبيرة أولاً ثم تتجمد ينتج البرَد. حبات البرَد يمكن أن تكون مميتة فأحياناً يكون عرضها 15 سم وتزن ما يزيد عن كيلو جرام.

الضباب

الضباب هو كتلة من قطرات الماء التي تتكون عند مستوى الأرض والتي تشبه السحابة، ويتكون بتبريد الهواء عدة درجات تحت "نقطة الندى" - درجة الحرارة التي تحتاجها الرطوبة للتكثف - وتختلف نقطة الندى باختلاف رطوبة الهواء، فالهواء عالي الرطوبة يكون له القدرة على تكوين الضباب عند درجات حرارة أعلى أكثر من قدرة الهواء الجاف على ذلك. وعندما يتكون الضباب تتجمع قطرات الرطوبة حول ما يسمى "نواة التكثف" - وهي عادة جسيمات من التراب والأقدار الموجودة في الهواء.

هناك مناخات في بعض المناطق حول العالم تجعل من هذه المناطق عرضة بشكل خاص إلى ظهور الضباب، وأحدها خليج سان فرانسيسكو حيث يعمل الهواء البارد الذي يهب من المحيط الهادئ على تبريد الهواء في الخليج إلى نقطة الندى مكوناً ضفاف من الضباب السميك الدوار.

البرق

البرق هو تفريغ مفاجئ للكهرباء من سحابة عاصفة إلى سطح الأرض - أو إلى سحابة عاصفة أخرى تحمل شحنة كهربية معاكسة. ضرب البرق عملية عنيفة للغاية، فهي تقوم بتسخين الهواء في المناطق المجاورة مباشرة إلى درجات حرارة تصل إلى أعلى من 30000 درجة مئوية (54000 فهرنهايت) بينما يمكن للتيارات الكهربية المرتبطة بذلك أن تصل إلى عشرات الآلاف من الأمبيرات. ويحدث البرق لأن الجوانب السفلية من السحب تكون حاملة لشحنة سالبة مما يدفع بالشحنات الموجبة إلى الأرض. ويحدث تفريغ البرق من خلال تكون قائد - وهو عبارة قناة من هواء متآين (موصل للكهرباء) تمتد من السحابة الرعدية وحتى سطح الأرض في مسار ثعباني ملتو، وكاستجابة لذلك، يبدأ القواد الأصغر في الزحف إلى أعلى من النقط الموجودة على سطح الأرض. عندما يلتقي قائد أرضي بقائد سحابي تتدفق الشحنة بسرعة من الأرض إلى السحابة - وتسمى "الضربة الرجعية" - وتبعث بوميض مبهر من الضوء مصحوبًا بتفريغ هائل من الطاقة الصوتية والذي نسمعه متمثلًا في قصف الرعد.

ظاهرة النينو

كل بضع سنوات تفيض مياه دافئة من المحيط الهادئ وتتدفق نحو الساحل الغربي لأمريكا، ويتسبب الضغط المنخفض الناتج عن التيارات الحرارية المتصاعدة من هذه المياه في زيادة هطول الأمطار في ظاهرة تعرف باسم ظاهرة "النينو".

في الظروف الطبيعية، تدفع الرياح التجارية الماء في اتجاهات غربية عبر المحيط الهادئ نحو أستراليا واندونيسيا - حيث تكون درجات حرارة البحر بطبيعتها مرتفعة، وهذا يجعل مستويات البحر هناك أعلى ببضع العشرات من السنتيمترات لكن خلال السنة التي تحدث فيها ظاهرة النينو، تخفف الرياح التجارية من سرعتها مما يتيح للماء الدافئ التدفق عكس الاتجاه مكونًا ضغط جوي منخفض على الأمريكتين - وضغط عال عند الحافة الغربية للمحيط. وفي السنوات الفاصلة بين حدوث هذه الظاهرة ينعكس الوضع، بمعنى أن الضغط المنخفض يحدث في الجانب الغربي من المحيط الهادئ والضغط العال يكون

عند الجوانب الشرقية- وهو ما يسمى أحياناً باسم " النينا". ويطلق على الدورة بأكملها اسم التردد الجنوبي. وهناك ظاهرة مناظرة لهذه الظاهرة تحدث في نصف الكرة الشمالي تسمى "التردد الأطلنطي الشمالي".

التنبؤ بالطقس

التنبؤ بالطقس هو العلم الذي يستخدم بيانات الأحوال الحالية للطقس بالإضافة إلى نماذج سلوك أنظمة الطقس بهدف محاولة التنبؤ بالأحوال الجوية خلال عدة أيام قادمة. وتقوم محطات الرصد والأقمار الصناعية للطقس بأخذ قراءات الكميات المختلفة مثل درجة الحرارة، وسرعة الرياح، والضغط الجوي، والرطوبة، وتُقدم هذه البيانات إلى أجهزة كمبيوتر فائقة- آلات حوسبة موازية تعالج البيانات من أجل الحصول على النواتج المستقبلية الأرجح حدوثاً إلا أن كفاءة هذه العملية محدودة بحقيقة أن الطقس يخضع لنظرية الفوضى مما يجعل الحصول على تنبؤات موثوقة لأكثر من أيام معدودة قادمة- أو ربما أقل من ذلك - أمراً صعباً للغاية. التنبؤ بالطقس يمثل أهمية حاسمة للزراعة، والطيران، والنقل البحري والجيش.

علم الجيولوجيا

الصخور الملتهبة

يصنف علماء الصخور- العلماء الذين يدرسون تكون الصخور- الصخور إلى ثلاثة أنواع: صخور نارية، وصخور رسوبية وصخور متحولة. أما الصخور النارية فهي في الأساس صهارة متصلبة-المادة المنصهرة التي تنبعث من الأجزاء الداخلية للأرض أثناء الانفجارات البركانية، وعند الصدوع المتباعدة في القشرة الأرضية. وهناك ثلاث فئات مختلفة من الصخور النارية: الصخور الجوفية أو المندسة وهي تلك الصخور التي تتكون من الصهارة التي تجمدت تحت الأرض ثم اندفعت إلى الأعلى من خلال القشرة على هيئة تنوء صخري- الجرانيت هو أحد الأمثلة على ذلك. والصخور البركانية أو الانبثاقية وهي تلك التي تتكون على السطح من الصهارة التي اندفعت إلى السطح في حالتها السائلة-

البازلت مثال على هذه الفئة. أما صخور تحت السطحية فتقع في منتصف المسافة بين الفتتين، فهي تتصلب عند أعماق ضحلة مكونة نتوءات صخرية أصغر عند السطح- صخر الأنديزيت الأسود من الصخور تحت السطحية.

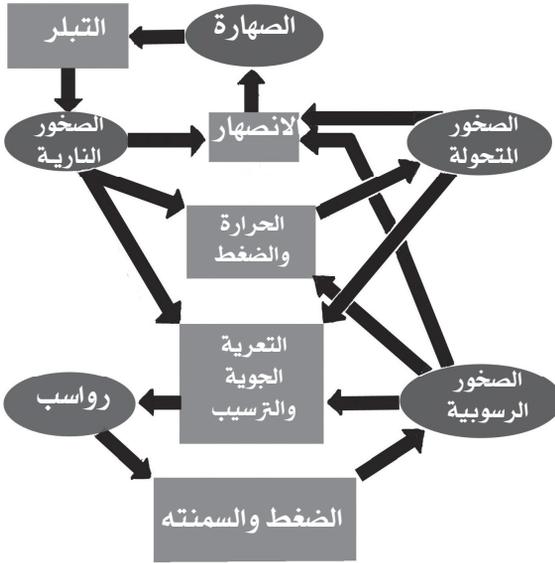
الصخور الرسوبية

تعرف المعادن التي تشكلت من طبقات الطمي التي ترسبت وضغطت لعشرات أو حتى مئات الملايين من السنين باسم الصخور الرسوبية، وشأنها شأن الصخور النارية تنقسم إلى فئات رئيسة ثلاثة: الصخور الفتاتية التي تتكون من جسيمات من صخور أخرى تعرضت للتآكل أو السحق ثم ترسبت مرة أخرى- الحجر الرملي هو أحد أمثلة ذلك، ومن ناحية أخرى هناك صخور رسوبية كيميائية مكونة الرواسب المتكونة في الماء نتيجة هطول الأمطار الكيميائية، فعلى سبيل المثال، يتكون صخر الجبس الرسوبي عندما تترك جسيمات من كبريتات الكالسيوم المحلول- ربما أثناء تبخر بعض الماء مما يؤدي إلى زيادة تركيز المحلول. أما الصخور الرسوبية العضوية فتتكون من بقايا النباتات والكائنات الحية، ومن أمثلة ذلك، الحجر الجيري (الذي تكون من بقايا الهياكل العظمية للشعاب المرجانية والمخلوقات البحرية الأخرى)، والفحم (المتكون من البقايا المضغوطة لنباتات ميتة منذ فترة طويلة).

الصخور المتحولة

"الصخور المتحولة" مصطلح يستخدم للإشارة إلى المعادن التي غيرت من خواصها أو بنيتها بفعل درجة الحرارة والضغط. وهناك ثلاث آليات لتكون هذه الصخور: تحول الملامسة، والتحول النطاقي، والتحول التهشمي. يحدث تحول الملامسة عندما تخترق قناة متصاعدة من الصهارة طبقة من الصخور الرسوبية في القشرة الأرضية، حيث تنتشر حرارة الصهارة في الصخور الرسوبية وتسبب إعادة تبلورها في شكل جديد؛ على سبيل المثال، عندما ترتفع الصهارة وتخرق الحجر الجيري ينتج الرخام، وبينما يكون تحول الملامسة محدودًا بنطاق معين، التحول النطاقي يؤثر على نطاق واسع، ومثال ذلك، عندما يتسبب وزن الطبقات العميقة من الرواسب في جعل المستويات الأقل تهبط إلى أعماق من

القشرة أكثر سخونة وتتلور من جديد، وتلك هي العملية التي يتحول فيها الصخر الطيني إلى صخر الإردواز. أما التحول التهشمي فيحدث عند خطوط الصدع ويحدث عند مواضع التقاء الصفائح التكتونية، ويتسبب ضغط السحق في جعل الصخر يغير من شكله.



دورة الصخور

تصف دورة الصخور العلاقة المتبادلة بين الصخور النارية والصخور الرسوبية والصخور المتحولة. تبدأ الدورة بالصهارة المائعة أو شبه المائعة، والتي تتصلب مكونة الصخور النارية والتي يمكنها بعد ذلك أما الانصهار متحولة إلى صهارة مرة أخرى أو التحول

بفعل درجة الحرارة والضغط إلى صخور متحولة، أو تتعرض للتعرية وتحلل إلى جسيمات يتم ترسيبها وضغطها لتكون صخوراً رسوبية. الصخور الرسوبية بدورها يمكن أن تتحلل وتعرض للتعرية مجدداً لتشكل صخوراً رسوبية جديدة، أو أن تنصهر مكونة صهارة تارة أخرى (على سبيل المثال، عن طريق الاندساس عند صدع متقارب)، أو أن تنضغط وتسخن مكونة صخوراً متحولة. أما الصخور المتحولة فيمكنها أن تسلك أحد مسارين - أما أن تتعرض للتعرية لتكون صخوراً رسوبية أو أن تنصهر مرة أخرى متحولة إلى صهارة.

كمية المياه الموجودة في مناخ الأرض حالياً دوراً هاماً في دورة الصخور، فالمياه هي التي تقوم بتعرية الصخور لتشكل جسيمات رسوبية جديدة، وتساعد في الترسيب التدريجي لهذه الجسيمات وضغطها لتكون صخوراً جديدة.

التربة

في معظم مناطق تكتلات اليابسة الطبيعية على سطح كوكب الأرض تكون الطبقة العليا مكونة ليس فقط من الصخور البحتة بل أيضًا من التربة- وهي خليط من صخور تعرضت للتعرية ومواد عضوية، وماء وهواء. ويعتمد التركيب الكيميائي للتربة على المنطقة المحيطة، كمية المعادن التي بها، ومناخها، وتنقسم التربة بشكل عام إلى ثلاثة أنواع: الطين والرمل والطيني. التربة الطينية حبيباتها دقيقة وثقيلة ومتماسكة، أما التربة الرملية فلها حبيبات أكبر وقابليتها للتماسك مع بعضها البعض قليلة، ولكنها أكثر عرضة لتعرية الرياح أما تربة الطمي فمكوناتها تقف على قدم المساواة بين الطينية والرملية.

يقسم علماء الجيولوجيا التربة إلى أربع طبقات رئيسة تعرف باسم " آفاق التربة"، وتختلف أعماقها اختلافات كبيرة. التربة السطحية (الأفق أ) يحتوي على المعادن بالإضافة إلى قدر كبير من المادة العضوية مثل جذور النباتات. والأفق المتوسط (ب) ذات مكونات عضوية مهملة. والأفق (ج) هو "الصخر الأم" الذي تكون منه المحتوى المعدني للتربة، وتحت الأفق (د) وهو الطبقة السفلى. وبعض التقسيمات تضم أيضًا أفق علوي (ع)⁽¹⁾ يصف طبقة المخلفات العضوية فوق التربة السطحية.

علم المعادن

هو دراسة بنية الصخور وكيميائها. وهذه الدراسة تستخدم مناحي علم البلورات، وكيمياء المواد لتقوم بتصنيف الصخور الموجودة تبعًا لمجموعة من المعايير مثل صلابتها، وقوتها وكثافتها ومكوناتها الكيميائية وترتيب ذراتها وجزيئاتها. تعرفت الجمعية الدولية للمعادن- المجلس المنظم لهذا المجال عالميًا- على أكثر من 4000 سلالة مختلفة من المعادن.

علم الطبقات

تشكل طبقات الصخور المترسبة والنارية المتكونة خلال دهور الزمن السحيق سجلًا

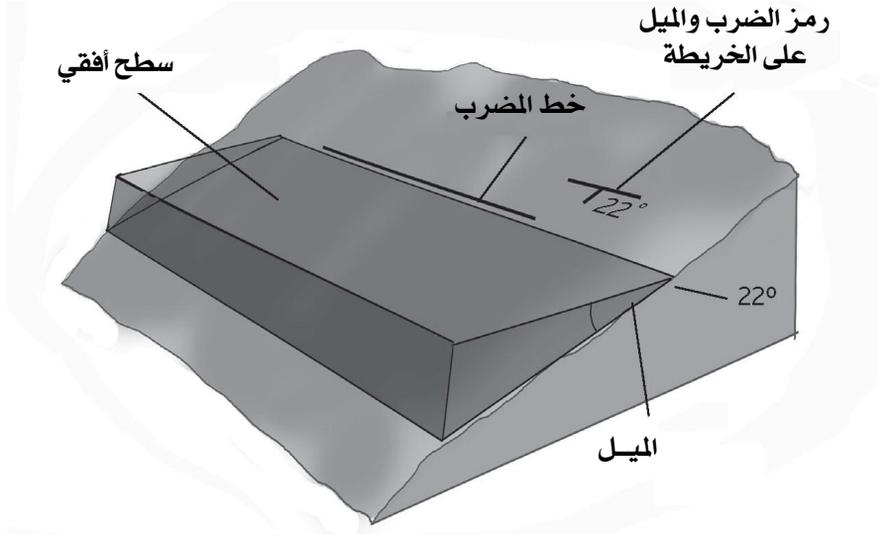
(1) (ع) نسبة إلى عضوية، ويقابلها في الإنجليزية (O) نسبة إلى (Organic)

للتاريخ الجيولوجي للأرض يكشف كل شيء من مناخ كوكبنا في الماضي وحتى الكائنات التي سبقت لها الحياة على سطح الأرض، فباستطاعة علماء الجيولوجيا فحص سجل طبقات الأرض في المواقع حول العالم التي أدت تحركات اليابسة فيها إلى كشف مساحة عرضية من الصخور المترامية - على سبيل المثال مقدمة جرف.

يكشف تحليل طبقات الصخور المختلفة عن المعادن الموجودة، وعمّا إذا كانت رواسبها تكونت في الماء أم الهواء، وعن المكونات الكيميائية للغلاف الجوي في هذا الوقت، وعن شكل تراص المجال المغناطيسي، وعن سلالات النبات والحيوانات التي سكنت عالمنا - ويتم الكشف عن ذلك من خلال استكشاف الحفريات، ويستطيع العلماء تحديد تواريخ الطبقات المختلفة وما يجده داخل هذه الطبقات عن طريق قياس وفرة العناصر المشعة المختلفة والتي تتحلل مع الوقت - تأريخ الكربون هو أحد أمثلة التحليل المسمى "تحليل النظائر". ويظهر في السجل الطبقي أيضًا اضطرابات تطور الحياة وانقطاعاته - على هيئة انخفاضات في أعداد الحفريات الموافقة لترسيبات الرماد المطابقة للانفجارات البركانية الرئيسة أو حتى ترسيبات عناصر غير أرضية (مثل الإيريديوم) والتي تشير إلى التأثير الكوني الكارثي.

الخرائط الجيولوجية

تمامًا كما يقوم المساحون برسم خرائط مجسمة (relief maps) تبين تضاريس الأرض يقوم علماء الجيولوجيا كذلك بإنشاء خرائط توضح معدل المعادن التي فيها الأراضي اليابسة للكوكب، وتستخدم خطوط الكانتور مجددًا لكن بدلًا من استخدامها في الإشارة إلى تشكل سطح الكوكب تستخدم هذه المرة في توضيح الاختلافات في المحتوى المعدني لطبقات الطبقة الجيولوجية بالإضافة إلى توضيح سمك الطبقات، ويمكن أيضًا بيان ميل طبقات الصخور المختلفة باستخدام شيء متفق عليه في رسم الخرائط ألا وهو "المضرب والميل". ويجدد الخط المستقيم على الخريطة الأماكن التي يتقاطع فيها مستوى طبقة الصخر مع المستوى الأفقي، أما الخط المستقيم الذي يصنع زاوية قائمة مع الخط الأول يشير إلى الاتجاه المائل إلى أسفل، والرقم يعطي الميل على الأفقي مقاسًا بالدرجات.



الحفريات

يمكن لبقايا الكائنات الحية التي تُحتجز خلال تكون الصخور الرسوبية القديمة أن يتم تحنيطها بتفاصيلها الدقيقة غالباً على هيئة حفريات. وفي أغلب الحفريات تتحول أجسام الكائنات إلى أحجار وذلك بعدة طرق تسمى إحداها باسم "التعدن" والذي فيه تتدفق المياه الغنية بالمعادن داخل تجاويف الكائن الحي وخبائاه وترسب معادنها تدريجياً لتحول المادة العضوية إلى صخر، وبدلاً من ذلك قد تتحلل تاركة بصمة دقيقة لجسمها، وأحياناً تتمكن المياه الغنية بالمعادن المتدفقة خلال هذه البصمات من تكوين حشوات من الكائن الحي.

من أقدم الحفريات التي تمت استعادتها تشكيلات الصخور الرسوبية المغطاة بالميكروبات والتي تعرف باسم "أشباه الأنسجة" والتي تنمو في مياه المحيط الضحلة، ويرجع أقدم حفرياتها إلى أكثر من 2.7 مليار سنة مضت - ترجع إلى الدهر الأركي. وليست كل الحفريات بالضرورة مكونة من صخور؛ فأجسام الحيوانات الضخمة مثل الماموث المتجمدة في جليد المنطقة القطبية الشمالية، والحشرات المحفوظة في العنبر القديم (وهو نفسه شجرة حفرية من الراتنج) تصنف على أنها أنواع من الحفريات.

علم المناخ

تلوث الهواء

من المشاكل المتزايدة في العصر الصناعي إطلاق المواد الضارة للبيئة إلى الغلاف الجوي. قد تكون ملوثات الهواء كيميائية (مثل غازات الكلوروفلوروكربونات التي تسببت في إتلاف طبقي الأوزون)، وقد تكون حيوية (مثل غاز الميثان الذي ينتج من تحلل الفضلات العضوية، والصرف الصحي)، وقد تكون جسيمية (مثل البقع الضئيلة من المواد التي يعتقد أنها سبب الإعتام العالمي). ربما يكون أسوأ مصدر من مصادر تلوث الهواء هو إحتراق الوقود الحفري مثل الفحم والبتروال الذي ينتج عنه غاز ثاني أكسيد الكربون المساهم في الاحتباس الحراري، وينتج عنه مواد جسيمية تزيد من الإعتام العالمي، وينتج عنه أكاسيد النيتروجين التي تدمر طبقة الأوزون وتسبب ضباباً كيميائياً، وينتج عنه كذلك مركبات الكبريت التي تسبب أمطاراً حمضية. هناك أنواع شتى أخرى من تلوث الهواء منها: المبيدات الزراعية، والانفجارات البركانية، وأبخرة المذيبات.

المطر الحمضي

تعرف الأمطار التي تقل عن الأس الهيدروجيني المعتاد للأمطار - حوالي 5.6- باسم الأمطار الحامضية، وهي نتيجة للمركبات الملوثة للهواء مثل ثاني أكسيد الكربون، والكبريت، وأكاسيد النيتروجين التي تتفاعل مع بخار الماء في الغلاف الجوي مما يؤدي إلى زيادة حمضية الماء. وهذا النوع من التلوث يحدث أما بفعل الإنسان أو بفعل الانفجارات البركانية. تتسبب الأمطار الحامضية في تعرية المباني، وإعاقة نمو الأشجار والنباتات الأخرى، وتسميم البحيرات - مما يؤدي إلى نفوق الأسماك الذي يؤثر بدوره على الطيور المائية والكائنات الأخرى التي تعلوها في سلسلة الغذاء. ويفضل الإجراءات مثل: إضافة المحولات الحفازة إلى السيارات لتقليل انبعاثات أكاسيد النيتروجين، ووضع القيود على الصناعة أصبح التحكم في المطر الحمضي حالياً على ما يبدو أحد نجاحات علم المناخ.

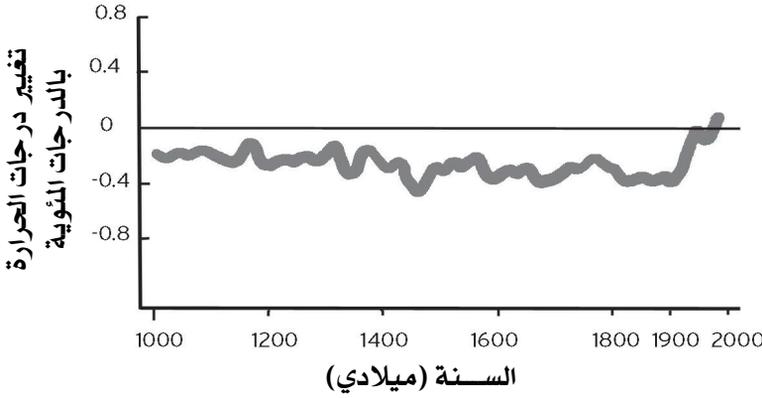
تأثير الصوبات الزراعية

تتمركز المخاوف الحالية من تغير المناخ حول تأثير الصوبات الزراعية- الذي يسبب الاحتباس الحراري الذي يجعل كوكبنا أكثر دفئًا عامًا بعد عام، وهو يحدث بسبب وجود غازات في الغلاف الجوي تحتجز جزءًا من الإشعاعات الحرارية تحت الحمراء وتمنعها من الإشعاع خارج سطح الأرض لتبريد الكوكب. إذا وصل الإشعاع من الشمس ببساطة بالأطوال الموجية للأشعة تحت الحمراء لما ظهرت مشكلة- لأنها سوف تمنع من الدخول إلى الغلاف الجوي بنفس مقدار منعها من الخروج منه، لكن ضوء الشمس له مدى من الأطوال الموجية يمر بعضها مباشرة من خلال الغلاف الجوي وتمتصه الأرض مباشرة مما يؤدي إلى ارتفاع درجة حرارتها ويؤدي ذلك بدوره إلى انبعاث الإشعاع مجددًا على شكل أشعة تحت حمراء إضافية والتي تحتبس وتزيد من درجة حرارة الكوكب. غاز ثاني أكسيد الكربون هو الغاز من صنع الإنسان الرئيسي الحابس للحرارة وتنتج منه أحجام كبيرة يوميًا نتيجة احتراق الوقود الحفري مثل الفحم والبترو.

التغير المناخي

تشير تقديرات 2009 التي قام بها علماء في معهد التكنولوجيا بماساتشوستس إلى أن ما بين الوقت الحالي وعام 2095 سوف يرتفع متوسط درجات الحرارة عالميًا بما يزيد عن 5 درجات مئوية (9 فهرنهايت)- نتيجة تأثير الصوبات الزراعية الذي تدفع انبعاثات ثاني أكسيد الكربون (CO₂) التي يسببها البشر. وإذا أتيح لتلك الاحتباسات الحرارية المساوية الحدوث فسوف تؤدي إلى ارتفاع كارثي في مستوى سطح البحر، والجفاف، والمجاعات، وسوف تتسبب في تكرار حدوث العواصف الشديدة والأعاصير. التأثيرات السابقة مضافًا إليها ارتفاع الحرارة المسبب لها تعرف مجتمعة باسم التغير المناخي.

يتلخص الدليل على التغير المناخي في الرسم البياني المسمى "عصا الهوكي"- وهو رسم بياني يوضح كيف تغيرت درجات حرارة العالم خلال مئات وآلاف السنين الماضية، وقد رُسم من مصادر متعددة، وهناك ارتفاع ملحوظ عند بداية العصر الصناعي- عندما بدأت أولى انبعاثات ثاني أكسيد الكربون (CO₂) في الظهور.



ارتفاع مستوى سطح البحر

من المتوقع أن يكون ارتفاع مستوى سطح البحر واحدًا من أكثر الآثار المدمرة لتغير المناخ، وتشير الحسابات الأخيرة أن مقدار الارتفاع الأرجح هو الارتفاع ما بين 1 متر و2 متر (3 إلى 7 قدم) بحلول نهاية هذا القرن، ومن شأن ارتفاع متر واحد أن يكفي لإغراق أراض يقطنها 45 مليون فرد، وأن يؤثر على وجود المزيد من المليارات بسبب التلوث الذي تسببه مياه البحر للأراضي الزراعية ومصادر المياه العذبة. يحدث ارتفاع مستوى سطح البحر أساسًا نتيجة ذوبان الجليد القطبي نتيجة ارتفاع درجات الحرارة عالميًا؛ أما التمدد الحراري للماء نفسه فيلعب دورًا أقل. وهناك ما يكفي من الجليد في العالم لرفع مستوى سطح البحر بمقدار 70 متر (77 ياردة) - إلا أن مستويات ارتفاع درجات الحرارة المتنبأ بها حاليًا على الأرجح لن تتمكن من إذابته جميعًا. ليس العالم النامي فقط هو الذي يعاني من خطر ارتفاع مستويات سطح البحر - فالفيضان يهدد أيضًا مدن عظمى في الغرب بها فيها لندن ونيويورك. وقد تحدث أزمة لاجئين بسبب تدافع النجاة المشردين نحو أراض أعلى بل من المتوقع أن الأمم قد تدخل في حروب للحصول على الطعام والمأوى.

الإعتماد العالمي

في حين أن معظم العالم يشعر بالحنق تجاه ازدياد درجة حرارة الكوكب من خلال تأثير الاحتباس الحراري الذي يسببه تأثير الصوبات الزراعية يشعر فريق آخر من العلماء بالقلق حيال شيء يبدو وكأنه العكس تمامًا ألا وهو الإعتماد العالمي. بينما يتعامل الاحتباس

الحراري مع تأثيرات التلوث على هيئة غازات الصوبات الزراعية التي تحتجز الإشعاعات تحت الحمراء وتزيد من درجة حرارة الكوكب يهتم الإعتام العالمي بالجسيمات الصلبة- مثل الرماد والسنج- التي تقلل من كمية الإشعاعات التي تصل إلى سطح الكوكب. قد يبدو الإعتام العالمي حلاً للاحتباس الحراري لكنه يأتي بمجموعة كبيرة من المشاكل للكوكب، فعلماء المناخ يعتقدون أن للإعتام العالمي تأثير مبرد على نصف الكرة الأرضية الشمالي- يقلل من درجات حرارة اليابسة والمحيط وبالتالي يقلل من هطول الأمطار، ويقول الخبراء أن لهذا تأثيراً كبيراً على أفريقيا، فهو يساهم في الجفاف الذي اجتاحت القارة أثناء فترة الثمانينيات.

العصور الجليدية

تمر الأرض بشكل متقطع بعصور تقل فيها درجات الحرارة كثيراً مسببة انغماس العالم فيما يسمى "عصر جليدي" والذي خلاله يتجمد معظم السطح. هناك أربعة عصور جليدية خلال تاريخ الأرض الجيولوجي، وقد حدثت في الفترات: 2.1-2.4 مليار سنة مضت، و850-630 مليون سنة مضت، و460-430 مليون سنة مضت، و2.53 مليون وحتى 10000 سنة مضت، وكان أفسى تلك الفترات هي الفترة الثانية التي امتدت خلالها صفائح الجليد من القطبين وقد تكون تلاققت بالفعل عند خط الاستواء- سيناريو بارد يسمى "الأرض كرة ثلجية". وغالباً ما يتخلل العصور الجليدية فترات دفء وجيزة تعرف باسم "الفترات بين الجليدية"، وليس واضحاً لدينا وضوحاً كاملاً ما إذا كان أحدث العصور الجليدية قد انقضى بالفعل أم أننا فقط نتمتع بفترة بين جليدية معتدلة نسبياً. وتأتي أدلة العصور الجليدية من خلال السجل الحفري لنباتات الأرض ومناخها المحفوظين في طبقات طبقات الصخور القديمة ومن خلال العلامات التي خلفتها الأنهار الجليدية المارة عبر الأراضي القديمة. وهناك عوامل بيئية عديدة يمكن أن تتسبب في حدوث عصور جليدية أو إنهاؤها أو استمرارها ومنها دورات ميلانكوفيتش.

دورة ميلانكوفيتش

أحد العوامل الدافعة وراء تطور العصر الجليدي هو ما يسمى دورات ميلانكوفيتش - التذبذب في مدار الأرض والذي يؤثر على كمية ضوء الشمس التي تصل إلى سطح الكوكب. أثناء دوران الأرض حول الشمس يخضع مدارها باستمرار إلى تغيرات دورية طفيفة في الميل والانحراف وفي الوقت نفسه يختلف ميل الكوكب نفسه (يعرف أيضًا باسم الانحراف) ومبادرته أيضًا. وبالطريقة نفسها التي تختلف بها درجات الحرارة خلال الفصول تقوم دورة ميلانكوفيتش بتحفيز تغيرات في درجات الحرارة على نطاق زمني أوسع كثيرًا يمتد آلاف وملايين السنين.

ربما لا تكون دورات ميلانكوفيتش هي المسؤولة عن غمس العالم في عصر جليدي - أو إخراجه منه - لكن يعتقد أنها تلعب دورًا في ظهور وتراجع الفترات البين جليدية. أما العوامل الرئيسية المسؤولة عن حدوث العصور الجليدية الشاملة أو زوالها فيعتقد أنها التغيرات الجوهرية في سطوع الشمس، والإعتماد العالمي الناجم عن الانفجارات البركانية بل وتخطيط القارات - الذي يمكن أن يمنع تدفق مياه البحر الدافئة من خط الاستواء.

العصر الجليدي الصغير

العصر الجليدي الصغير هو فترة امتدت تقريبًا من القرن السادس عشر وحتى القرن التاسع عشر عندما انخفضت درجات الحرارة بمقدار درجة أو نحو ذلك، وعلى الرغم من أن الغطاء الجليدي العالمي لم يزدد ازديادًا كبيرًا إلا أن هناك تأثيرات ملحوظة - أصبحت فصول الشتاء أطول وأقسى وفصول الزراعة أقصر، مما أثر على الزراعة وسبب حدوث مجاعات، فخلال شتاء 1683-4 عانت بريطانيا من أسوأ موجات الصقيع في التاريخ - وتجمد نهر التايمز بلندن لمدة تزيد عن شهرين، وأخر مرة تجمد فيها نهر التايمز كله كان في عام 1814.

من المعتقد أن العصر الجليدي الصغير قد حدث نتيجة تأثير مزدوج من الشمس التي كانت تعاني من نقص طبيعي طويل الأمد في نشاطها - المعروف باسم الحد الأدنى للبقع الشمسية لفترات طويلة - وفي الوقت نفسه حدث عدد من الانفجارات البركانية الرئيسية

والتي قللت من معدل الضوء الذي يصل إلى سطح الأرض. وهناك عصور وجيزة من البرد والدفيء معًا اكتشفت من البيانات التاريخية؛ على سبيل المثال، العصر الجليدي الصغير نفسه سبقه الفترة الوسطى الدافئة ما بين 800 و1300م وخلالها ارتفعت درجات الحرارة قليلًا.

التغذية المرتدة للمناخ

يمكن أن يكون هناك شك حول حقيقة تغير المناخ أو وحول وجوب اتخاذ إجراءات لمنعه لكن لا تزال هناك شكوك حول تنبؤات توابعه المستقبلية، فعلى سبيل المثال، الدور الذي يؤديه بخار الماء في السحب لا يزال بالكاد مفهومًا، فبخار الماء في حد ذاته من غازات الصوبات الزراعية لكن السحب البيضاء تساعد على تلطيف جو الكوكب عن طريق عكس الحرارة إلى الفضاء، وهذا هو أحد أمثلة التغذية المرجعية للمناخ- التي ترد فيها نتيجة تغير المناخ أما لتعزيز أو منع الاحتباس الحراري. وتسمى التأثيرات التي تمنع تغير المناخ باسم "التغذية المرتدة السلبية" بينما تلك التي تعززه فتسمى "التغذية المرتدة الإيجابية"، فذوبان الجليد ظاهرة تغذية مرتدة إيجابية- فهو يعكس أشعة الشمس إلى الفضاء مما يساعد على إبقاء الكوكب رطبًا، وذوبان بعض الجليد يجعل هذه العملية أقل كفاءة، أي يتسبب في تدفئة الكوكب أكثر مما يؤدي إلى ذوبان جليد أكثر وهكذا. بالنسبة لتأثيرات التغذية المرتدة الأخرى مثل تأثير السحب، يكون الفرق أقل وضوحًا، وإلى أن تتمكن من فهمها لا يمكننا معرفة مدى سوء عواقب تغير المناخ.

نمذجة المناخ

أننا نقيس الآثار المستقبلية لتغير المناخ من خلال بناء نماذج من النظم البيئية للأرض داخل أجهزة الكمبيوتر، وهذا هو فن وعلم نمذجة المناخ. تعمل النماذج من خلال تقسيم الغلاف الجوي والمحيطات وتكتلات اليابسة إلى شبكة ثلاثية الأبعاد من الصناديق، ويقوم الكمبيوتر خلال كل صندوق بتطبيق قوانين الموائع، والحرارة، والكيمياء وفيزياء إشعاع الشمس لحساب الخواص مثل درجة الحرارة، والضغط ومستوى البحر وكمية غاز ثاني أكسيد الكربون في الهواء، ثم تدمج الخواص المحسوبة لكل صندوق بسلسلة مع الصناديق المجاورة لبناء نموذج حي لمناخ الكوكب.

يتم اختبار نماذج المناخ عن طريق تشغيلها في الاتجاه العكسي في محاولة للتنبؤ بالتغيرات المعروفة في المناخ التي قد حدثت من قبل خلال بضع مئات السنين الماضية، ومع ذلك فإن التأثيرات مثل التغذية المرتدة للمناخ تجعل من هذه المهمة مهمة صعبة للغاية.

علم المناخ القديم

في حين تتعامل نمذجة المناخ مع استقرار حالة نظام مناخ الأرض في المستقبل يعني علم المناخ القديم بتعقبها في الماضي حيث يستخدم العلماء سمك حلقات الأشجار القديمة التي تكشف عن مدة مواسم النمو الماضية، ومحتوى طبقات الصخور الرسوبية والتركيب الكيميائي للجليد القديم - المستخرج من حفر النوى من عمق سحيق للأنهار الجليدية والصفائح الجليدية عن الغطاءين القطبين، وترجع أقدم نواة جليدية (مأخوذة من أنتاركتيكا إلى 800000 سنة.

مكنت هذه الملاحظات العلماء من استنتاج تركيب الغلاف الجوي وحرارته في الماضي بالإضافة إلى تركيز المواد الجزيئية مثل الرماد- الذي يعتبر علامة على الاضطرابات المناخية مثل الانفجارات البركانية.

أسرار الأرض

المفاعل الطبيعي

اذكر المفاعلات النووية، وسيرد إلى خاطر معظم الناس محطات الكهرباء النووية التي تولد الطاقة لمنازلنا، لكن في منطقة أوكلو في الجابون بأفريقيا تخضع مستودعات اليورانيوم الخام الطبيعية إلى تفاعلات نووية تلقائية في الأرض لتشكل مفاعلاً نووياً طبيعياً. تفاعلات الانشطار النووي لا تحدث في أوكلو حالياً لكن من المعتقد أنها كانت تحدث منذ 2 مليار سنة مضت. ويعتقد أن قمة خرج الطاقة من الموقع قد يصل إلى 100000 وات، وقد تنبه العلماء إلى وجود المفاعل النووي عندما لاحظ المنقبون عن اليورانيوم أن بعض اليورانيوم في أوكلو قد تحول إلى نظائر أخرى - وهي عملية ممكنة فقط في التفاعلات الكيميائية.

من المعتقد أن تفاعلات الانشطار في أوكلو كانت ممكنة عن طريق المياه الجوفية التي

تدفقت خلال مستودعات اليورانيوم، وتتطلب تفاعلات الانشطار المتسلسلة أن تقل سرعة النيوترونات حتى يمكن لنواة يورانيوم أخرى امتصاصها ويبدو أن الماء قد خدم هذا الغرض.

السراب

أيام القدماء، كان الحكيم الشعبي مليئاً بحكايات عن أضواء شبحية تؤدي بالمسافرين التعمساء إلى المستنقعات الوعرة والترع، أما الآن فالعلماء على علم بأن هذه الأضواء- المعروفة باسم السراب (will o' the wisp) (من الكلمة "wisp" التي تعني الشعلة المضيئة (burning torch)) تظهر بسبب الغازات التي تطلقها المادة العضوية المتحللة المنبعثة من الأرض في مناطق الأرض الرطبة.

تنتج كميات قليلة من غاز الفوسفين من المستنقعات التي تخضع لعملية إحتراق تلقائي عند اتصالها بالهواء، وبمجرد حدوث الاشتعال يشعل هذا الغاز غاز الميثان الأكثر غزارة القابل للاشتعال الناتج من المستنقعات أيضاً. وفي التجارب العملية يتم توضيح إضافة غازات مستنقع أخرى لتقلل من حرارة الإحتراق بشكل كبير بحيث تصبح منخفضة لدرجة لا تمكنها من إشعال أي وقود مجاور آخر- وهي إحدى خواص السراب المثيرة للفضول التي استعصت على التفسير لسنوات.

ضوء الزلازل

أضواء الزلازل مثلها مثل السراب هي مصادر ضوء متوهج ترى وكأنها معلقة في الهواء لكن سبب حدوثها يبدو إلى حد ما مستقل- كما يوحي الاسم، فهي تثار عن طريق النشاط التكتوني. وتظهر هذه الأضواء باللون الأبيض والأحمر والأزرق وتضيء أماكن الصدوع- حيث تلتقي الصفائح التكتونية- وتأخذ سلسلة من الأشكال المختلفة من الكرات الدائرية وحتى الصفائح والأشعة التي تضيء مساحات كبيرة من السماء. وقد أشار بعض الباحثين أن هذا الضوء قد يكون إشعاعات كهرومغناطيسية ينتجها ما يسمى بالكهرباء الانضغاطية، والتي فيها تنتج بعض المعادن- مثل الكوارتز- تياراً كهربياً عندما

تتعرض للضغط، وهو نفس المبدأ الذي يقوم عليه شرارة ولاعات موقد الغاز. في عام 2007 طرح فريق ناسا نظرية تقول أن الشحنات الكهربائية المتكونة على سطح الأرض بفعل الضغط الواقع على الصخور خلال النشاط التكتوني يمكنه أن يصنع أضواءً وأشكالاً أخرى من الإشعاعات خلال التداخل مع طبقة الأيونوسفير للأرض. وهذه النظرية لم تثبت بعد لكن إذا كانت صحيحة فإن الإشارات الكهربائية المصاحبة للضوء يمكن أن تعمل كنظام تحذير يشير إلى وقت ومكان حدوث زلزال وشيك.

ضوء الأرض



ضوء الأرض هو وهج الشمس المنعكس من الأرض لإضاءة السطح المظلم من المحاق أو الهلال الرقيق. عندما تكون مواضع الأرض والشمس والقمر متعامدة على بعضها البعض

ينعكس ضوء الشمس الساقط على الأرض على الجانب المظلم من القمر - الجزء المعاكس للشمس، ومنه ينعكس على الكوكب مرة أخرى حيث يمكن لعلماء الفلك الذين يتمتعوا ببصر حاد أن يشاهدوه. ويستخدم العلماء شدة السطوع المقاسة لضوء الأرض في حساب النسبة الكلية للضوء الساقط على الأرض الذي ينعكس إلى الفضاء مجددًا - والمعروف باسم "الوضاءة" وهو أحد العوامل المهمة في نمذجة المناخ.

أنظمة الكواكب - الأقمار الأخرى تتعرض لظاهرة مناظرة لظاهرة ضوء الأرض، وقد تمكن المسبار الفضائي "كاسيني" من التقاط صورة لقمر كوكب زحل وهو مضاء بالضوء المنعكس من كوكبه الأم تمامًا.

السحب البراققة

السحب هي عادة لعنة علماء الفلك، فهي تحجب الأجسام الموجودة في السماء، لكن هناك

نوعاً واحداً من السحب يظهر ليلاً في منظر خلاب خاص به، ويسمى هذا النوع باسم "السحب البراقة"، وهي تتشكل بواسطة بلورات الجليد الموجودة في طبقة "الميزوسفير" على ارتفاع حوالي 80 كيلومتر (50 ميل). لمدة وجيزة مباشرة بعد غروب الشمس تسقط السحب الموجودة عند ارتفاعات منخفضة إلى ظل الأرض تاركة الأجزاء التحتية للسحب البراقة الموجودة على ارتفاعات عالية مضاءة إضاءة جميلة نضيء السماء بضوء لؤلؤي أزرق رائع.

ترى السحب البراقة عادة عند دوائر عرض ما بين $+50$ - -65 درجة في أشهر الصيف غالباً- بين شهري مايو وأغسطس في نصف الكرة الشمالي، وبين شهري نوفمبر وفبراير في نصف الكرة الجنوبي. وقد أصبحت السحب البراقة في السنوات الأخيرة مشهراً شائع الظهور مما حدا ببعض العلماء إلى التساؤل عما إذا كان تكونها ناتجاً عن عمليات مصحوبة بتغير المناخ.

عفاريت البرق

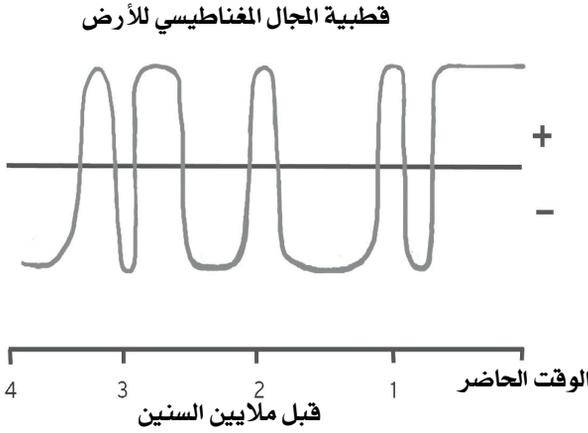
تحدث صواعق البرق العادية نتيجة التدفق المفاجئ للشحنات الكهربائية بين السحب الرعدية والأرض، لكن ظاهرة البرق تحدث أيضاً فوق السحب- وتعرف باسم ظاهرة عفاريت البرق والتي تسبب قوساً كهربياً بين قمم السحب، وطبقة الأيونوسفير المشحونة كهربياً في أعالي السماء. وتظهر هذه العفاريت على هيئة هالة حمراء متوهجة لها فروع متدللية من الضوء، ومثلها كمثل البرق العادي في كونها ظاهرة عابرة تستمر فقط لمدة كسور من الثانية، ولم يتم تأكيد وجودها سوى عام 1994 عندما صورتها طائرة على ارتفاع عالٍ. عفاريت البرق ليست ظاهرة البرق الوحيدة الموجودة عند هذا الارتفاع؛ فهناك مجموعة أخرى تعرف باسم "النفاثات الزرقاء" والتي ترتفع من قمم السحب حتى ارتفاعات تصل إلى حوالي 50 كم (30 ميل)، ويستمر كل نفث لمدة حوالي ثانية واحدة مما يجعله مرئياً بوضوح للعين المجردة أثناء صعوده أعلى السحب.

كرة البرق

لا زال السبب وراء كرة البرق محلًا للجدل بين العلماء، فهي تظهر أثناء العواصف الرعدية على هيئة كرة ذات أصوات عند التحرك من الطاقة الكهرومغناطيسية - تتراوح ما بين نصف متر إلى عدة أمتار - تتحرك ببطء وثبات قبل أن تتبدد. تم التشكيك ذات مرة في وجود كرة البرق لكن مشاهدات العديد من الشهود وتسجيلات الإضطرابات الكهرومغناطيسية التي سجلت باستخدام أجهزة علمية حدت بالعلماء إلى البحث بشكل جدي عن تفسير لها.

تنسب النظريات الحالية هذه الظاهرة بطرق مختلفة إلى سحب أبخرة السليكون المتوهجة، وإلى البطاريات الضئيلة التي تكونت طبيعيًا أثناء شحن الجسيمات التي في حجم النانو أثناء العاصفة بل وإلى فعل الثقوب السوداء الصغيرة المتجولة في الفضاء إلا أن في الوقت الحالي ليست هناك أدلة دامغة تذكر تؤيد أيًا من هذه النظريات.

انعكاس المجال المغناطيسي



من حين إلى آخر يغير المجال المغناطيسي الأرضي قطبته لسبب غير مفهوم - القطبان المغنطيسيان الشمالي والجنوبي يغيران مكانيهما حرفياً. وهذه الظاهرة لا تحدث بين عشية وضحاها بل على فترات زمنية من عشرات الآلاف من السنين، ويعرف العلماء ذلك من

خلال فحص القطبية المغناطيسية للصخور النارية القديمة، فأثناء تصلب الصهارة المنصهرة ترتب ذراتها وجزيئاتها محاورها المغناطيسية مع المجال المغناطيسي السائد الذي يحمل بصمة المجال المغناطيسي الأرضي في ذلك الوقت.

سبب هذا الإنعكاس مجهول إلا أن هناك نظرية تستند على نظرية الفوضى في تيارات المعدن المنصهر في لب الأرض - حيث ينشأ المجال. وهناك قلق حول احتمالية أن يُضعف إنعكاس المجال المغناطيسي شدة المجال المغناطيسي الأرضي مما يؤدي بدوره إلى نقص مصاحب لذلك في الحماية التي يوفرها من الأشعة الكونية الضارة لكن يبدو أن الحياة على الأرض قد نجت من العديد من إنعكاسات كهذه في الماضي. يعتقد العلماء أيضًا أن الإنعكاس التالي سيبدأ في خلال بضع آلاف سنة قادمة.

فرضية جايا

جايا هو الاسم الذي أطلق على الإلهة اليونانية للأرض، وفرضية جايا هي النظرية التي طرحها عالم البيئة البريطاني البارز (چمس لافلوك) والتي تقول أن كوكب الأرض: بيئة وعناصر حية وغير حية يتصرف مع بعضه البعض ككائن حي واحد عملاق.

مفتاح فرضية جايا هو فكرة لافلوك التي تقول أن الظروف على كوكب الأرض تنظم نفسها لتعزيز تطور الحياة، على سبيل المثال: تمامًا مثلما ينظم الحيوان الحي درجة حرارته من خلال التعرق كذلك بقيت درجة الحرارة تقريبًا ثابتة خلال فترة حياتها على الرغم من ازدياد سطوع الشمس بنسبة 25٪. وعلى الرغم من تنامي تأييد دعاة حماية البيئة لهذه النظرية إلا أن كثيرًا من العلماء ما زالوا يعتبرونها مثيرة للجدل. وقد حذر لافلوك في كتابه "انتقام جايا" (the revenge of Gaia) عام 2006 من أن تغير المناخ قد ينظم نفسه بنفسه أيضًا في النهاية - عن طريق تدمير الحضارة الإنسانية التي سببته.

الفضاء

من علم فلك الهواة المؤلف 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 نهائياً 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 ليلاً 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 للسموات 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؛ تحديداً القرن الثاني عشر ق.م والحضارة السومارية التي كان مقرها العراق حالياً. 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).

المجمعات

هناك تجميعات غير رسمية للنجوم مرتبطة ارتباطاً وثيقاً بالكوكبات وتعرف باسم المجمعات. 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 والمجمعات ليست مجمعة معاً إلا في القبة السماوية ثنائية الأبعاد- أما بعدهم عن الأرض في الفضاء ثلاثي الأبعاد فيختلف اختلافاً شاسعاً.

المسافات الكونية

هنا؛ على كوكب الأرض نشعر إلى حد ما بالرضا حيال استخدام وحدات الستيمتر، 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، والمشتري على بعد 5.2 وحدة فلكية، لكن عند تتبع مسافات النجوم نجد أن هذه الوحدة لازالت صغيرة جداً فيستخدم علماء الفلك بدلاً 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 تقريباً 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 استناداً على الزمن الرجعي، كان ذلك سيكون صحيحاً لو كان الكون مسطحاً، لكن على نطاقات أوسع نجد أن الفضاء

منحني - طبقاً لنظرية النسبية العامة لأينشتاين مما يؤدي إلى تشوه المسافة ويعني ذلك أن

أبعد الأشياء التي يمكننا رؤيتها تبعد عنا فعلياً 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- السمات 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 لا بد من تصحيح هذه الإحداثيات عن طريق توقيت اليوم لتعطي الموقع المطلق على القبة السماوية، ولهذا السبب يستخدم معظم علماء الفلك بدلاً 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 تقريباً نصف درجة، بينما تمتد المغرفة الكبرى في كوكبة الدب الأكبر حوالي 26 درجة. ويمكن باستخدام تليسكوب مزود بحامل متدرج قراءة الإحداثيات 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 تحديداً 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)، ولتصك فكرة هذه التقنية ضع فنجاناً من القهوة على منضدة أمامك، واجث على ركبتك بحيث تنظر إلى الفنجان من مستوى يكون فيه خط عينيك موازياً 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 بدلاً من تحريك رؤوسهم من ناحية إلى أخرى.

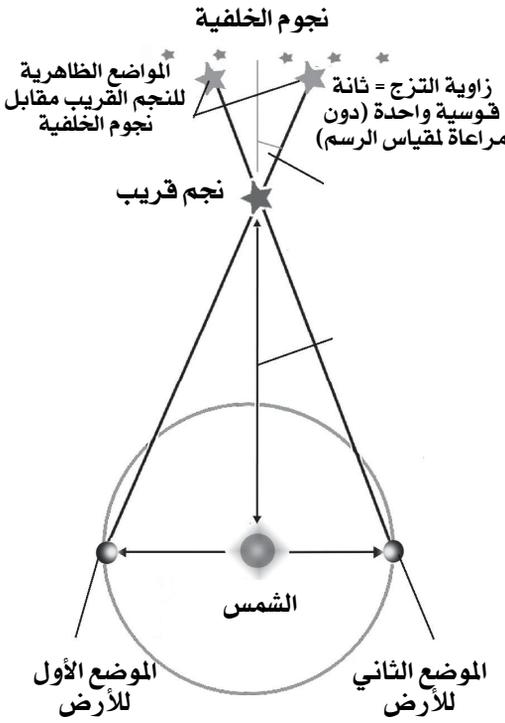
يستخدم الإذاعة النجمي لتعريف وحدة قياس طبيعية للمسافة الفلكية وهي: الفرسخ النجمي حيث يظهر أن النجم الذي يقع على بعد فرسخ نجمي واحد يغير موضعه بمقدار ثانية قوسية واحدة (تساوي 1/3600 من الدرجة الزاوية) أثناء تحرك الأرض مقدار وحدة فلكية واحدة، ويساوي الفرسخ النجمي 3.26 سنة ضوئية.

المقدار

يقاس سطوع النجوم والأجرام الفلكية الأخرى بما يسمى مقياس المقدار، والمقدار هو رقم قد يكون موجباً أو سالباً؛ وكلما كان المقدار أقل ظهر الجرم في السماء أكثر سطوعاً، فعلى سبيل المثال: مقدار القمر بدرًا يساوي -12.6، ومقدار كوكب المشتري 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 السطوع، وهذا ليس جنونًا كما يبدو عليه ففي الوقت الذي وضع فيه مقياس المقدار (في منتصف القرن التاسع عشر) كانت هذه هي طريقة استجابة العين البشرية لتغيرات السطوع - كما



كان معتقد-، وفي الواقع يتعامل الفلكيون مع نوعين من المقدار - المقدار الظاهري والمقدار المطلق. المقدار المطلق لجرم ما هو شدة سطوعه عند رؤيته من بعد 10 فراسخ نجمية؛ أما المقدار الظاهري من ناحية أخرى فهو السطوع الملاحظ عند رؤية الجرم من الأرض (أو أينما كان عالم الفلك). أن معرفة كلا المقدارين: المطلق والظاهري لنجم ما أو مجرة ما تقدم طريقة أخرى لحساب مسافتها الكونية، لأن الأجرام السماوية تصبح أكثر خفوتًا كلما كانت أبعد.

القياسات الفلكية

يطلق على فرع علم الفلك الذي يتعامل مع فهرسة المواقع 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

المقرب (التليسكوب)

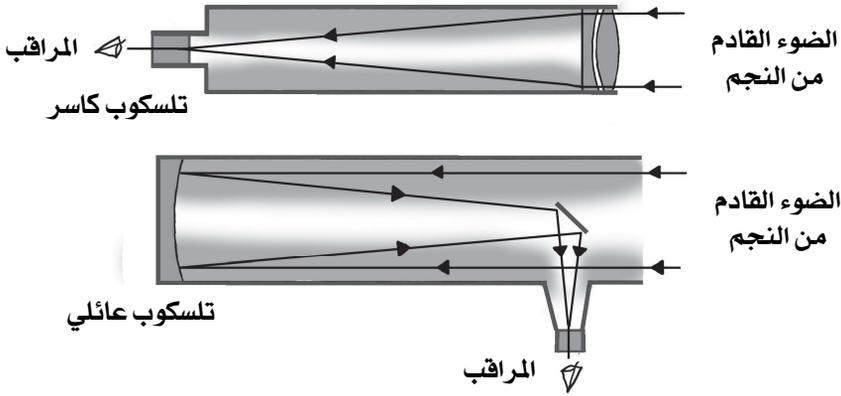
الأداة الرئيسة التي يستخدمها الفلكيون هي التلسكوب البصري، وهو جهاز يستخدم مجموعة من العدسات أو المرايا، أو كليهما معًا لتركيز الضوء المنبعث من الأجرام السماوية عند عين المراقب. وأهم مواصفات التلسكوب هي "فتحة العدسة": قطر عدسته أو مرآته الأساسية المجمعة للضوء، فكلما كانت أكبر زادت قدرة التلسكوب على تجميع 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 ينذر أن يضع الفلكيون المحترفون أعينهم فعليًا على التلسكوب، فقد أصبحت أبحاث الفلك بصفة عامة تجرى باستخدام معدات ملحقه 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 الصور التي يحصلون عليها تسجيلًا إلكترونيًا باستخدام إما 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) بدلاً 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، ببساطة تختفي النجوم الخافتة والسحب الكونية التي كانت تبدو جميلة عند رؤيتها من الريف، وهذا الاختفاء بسبب الأضواء. تقام معظم المراقبات الفلكية المحترفة بعيداً عن المراكز الآهلة بالسكان من أجل التغلب على التلوث الضوئي.

الرؤية

لم يُبتل علماء الفلك بمشكلة التلوث الضوئي فقط بل ابتلوا أيضاً 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 سبيتزر 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 لا بد 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 أرسيبو، في بورتوريكو - 305 متر (1000 قدم)، ما يقرب من ثلث كيلومتر.

قياس التداخل

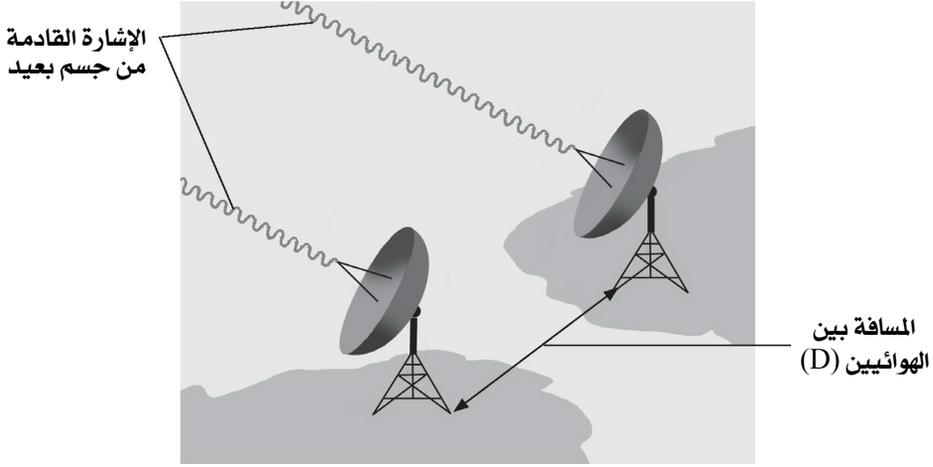
التلسكوبات ذات فتحات العدسة الكبيرة لا تقوم فقط بتجميع ضوء أكثر من إخوانها ذوي الجوف الصغير بل إنه أيضًا كلما زادت فتحة العدسة كانت "دقة" التلسكوب أفضل - أي قدرته على عرض التفاصيل الدقيقة مثل الفوهات الموجودة على سطح القمر، أو الفجوات الموجودة في حلقات زحل. لكن هناك طريقة للتحايل والحصول على صور عالية 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).

استُخدم 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 التلسكوب الأوربي الجنوبي الكبير جدًا (european southern observatory's very large telescope) بتشيلي.

علم فلك الأشعة تحت الحمراء

أطلقت وكالة ناسا عام 2003 التلسكوب الفضائي سبيتزر - نسبة إلى عالم الفلك الأمريكي ليما سبيتزر. بينما حقق تلسكوب هابل الفضائي استفادة من وضوح المنظر المذهل أظهر تلسكوب سبيتزر 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 سبيتزر. 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 كهربومغناطيسية بطبيعتها، فالجسيمات المعروفة بالأشعة الكونية - ربما على عكس ما هو متوقع - والتي تتكون أساسًا من بروتونات وأيونات 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 بـ "مراصد الواابل الهوائي" وهي شبكات من متتبعات الجسيمات تغطي مساحات كبيرة من الأرض، ويمكنها تحديد سلسلة الشظايا وإخبار العلماء بطاقة الشعاع الكوني والمسار الذي سبب الشظايا

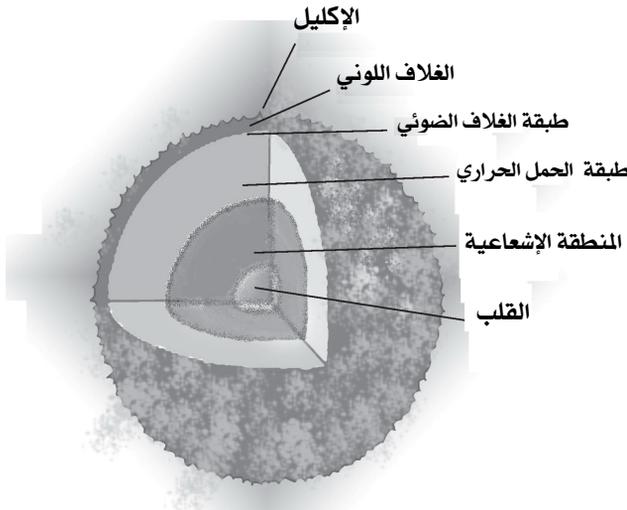
التلسكوبات الكبيرة للغاية

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 الرئيسية 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 للسموات 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

الشمس هي مصدر القوة الذي يقع في منتصف المجموعة الشمسية، حجمها يتعدى مائة ضعف حجم الأرض، ووزنها يساوي 300000 مرة وزن الأرض، وتضخ طاقة بمعدل 4×10^{26} وات (بالتدوين العلمي) - وهو ما يكفي لإضاءة 4 مليون مليار



مصباح كهربى، وتستمد طاقتها من تفاعلات الاندماج النووي التي تحدث في لبها؛ و تصل حرارة لب الشمس إلى درجة مدهلة 15 وهي مليون درجة مئوية (27 مليون درجة فهرنهايت)، وهي مرتفعة بدرجة كافية لدمج ذرات الهيدروجين معاً 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 أخرى 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 صعباً للغاية، ومجال الزلازل الشمسية هو دراسة موجات الصوت المنتشرة على سطح الشمس. تماماً 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 ارتباطاً وثيقاً 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 نسبياً 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 مؤقتاً. يظهر الكلف الشمسي غالباً 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 أيضاً توهجات وأنواع أخرى من الأنشطة الشمسية المركزة. وخلال فترة سبعين عاماً 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 شيوعاً هي التوهجات الشمسية، والانبعاثات الكتلية الإكليلية (CMEs). والتوهجات الشمسية هي إضاءة 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 مميّتًا 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

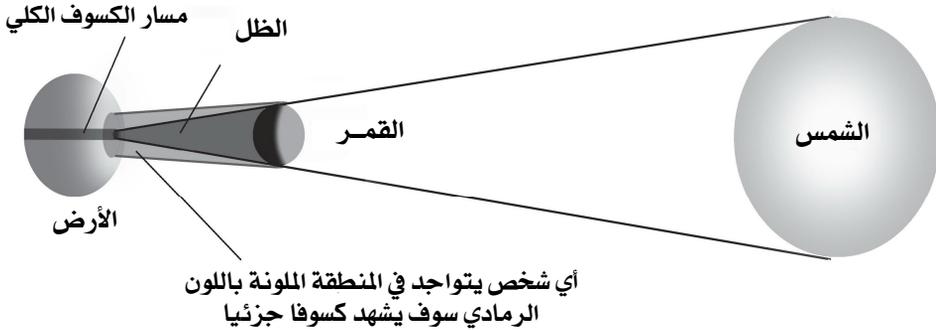
تنتج جسيمات الرياح الشمسية التي تضرب الغلاف الجوي العلوي بعنف عروصًا ضوئية أخاذة تعرف باسم الأضواء الشمالية والجنوبية - الشفق. وتحمل الرياح الشمسية مع هذا الشفق بعض المجال الكهرومغناطيسي للشمس، وعندما تكون الظروف مواتية يمكن لهذا المجال أن يتفاعل مع المجال المغناطيسي للأرض مطلقًا جسيمات رياح شمسية عالية 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 مغناطيسية على شكل ضوء له ألوان مميزة تعتمد على نوع الغاز الموجود، على سبيل المثال، ينبعث من ذرات الأكسجين اللونان الأحمر والأخضر الفاتح بينما ينبعث من النيتروجين اللون الأزرق والبنفسجي. لا يحدث الشفق على الأرض فقط فقد رصد علماء الفلك وجود الشفق في العالمين الضخمين للغازات: المشتري 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. ويرى أي شخص في مسار الظل وجه الشمس متآكلًا تدريجيًا بسبب قرص القمر المظلم الذي لا يترك إلا طبقة الإكليل التي تصدر وهجًا شبيحًا، 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 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 لا بد أن تمر بين المراقب والشمس، لكن عالم الفلك الذي سيصل مستقبلاً 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 للمشتري 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 بالمشتري لأن مداره سيأخذه خلف الكوكب.

قانون تاييتيس- بود

قانون تاييتيس- 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 تاييس)، و(يوهان إيرت بود)- لأول مرة عام 1768 قبل ثلاث عشر عامًا من اكتشاف كوكب أورانوس الذي نجح القانون في تنبؤ مداره بشكل صحيح.

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

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 لحلها 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 بقوتها تجذبانها 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 المشتري-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 والمشتري، لكن هناك مجموعات منها أيضًا تشغل مناطق أخرى، فمثلًا كويكبات طروادة تتجمع عند نقطتي لانجرانج الرابعة والخامسة لكوكب المشتري 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

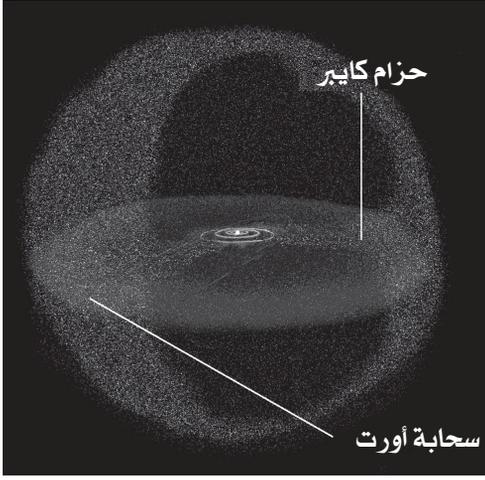
ولتكملة الكويكبات الصخرية، نجد النظام الشمسي موطنًا أيضًا لجسيمات جليدية جائلة تعرف باسم المذنبات ويتراوح حجمها بين مئات الأمتار وحتى بضع عشرات من الكيلومترات، وتنقسم إلى مذنبات قصيرة الأمد تكمل دورتها حول الشمس مرة كل 200 سنة أو أقل، ومذنبات طويلة الأمد والتي تظهر على فترات أكثر من ذلك، وهناك المذنبات 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. أحياناً تتسبب جاذبية الكواكب العملاقة وخاصة تلك التي تقع على مقربة



من نبتون في نزع أجرام الحزام خارجه ودفعتها إلى مدارات قوسية في أعلى المستوى النصف 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 بالنظام الشمسي على بعد 50000 وحدة فلكية.

الشهب Meteors

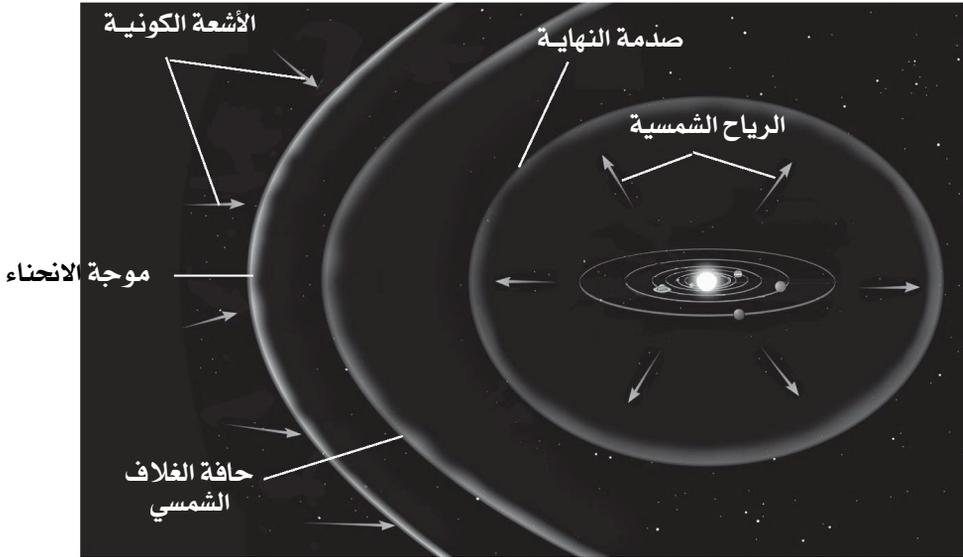
تعرف الأجزاء الصغيرة من المادة في الفضاء والتي يقع حجمها بين حجم ذرة الغبار وحجم الصخرة الصغيرة باسم "الشهب". الأمر المثير للدهشة أن ملايين من هذه الشهب يسقط في الغلاف الجوي للأرض ويحترق كل يوم مكوناً شرائط لامعة قصيرة الأمد في سماء الليل - تسمى شهب أو نيازك. أحياناً يكون الشهاب كبير جداً لدرجة تجعله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

تأتي الشهب في نوعين: الشهب الفرادي، وهي تلك التي تحدث عشوائياً، وابل الشهب الذي يحدث عندما يحمله مدار الأرض خلال تدفقات معروفة من بقايا الغبار الذي خلفته المذنبات. على سبيل المثال وابل شهب الوارشات 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.



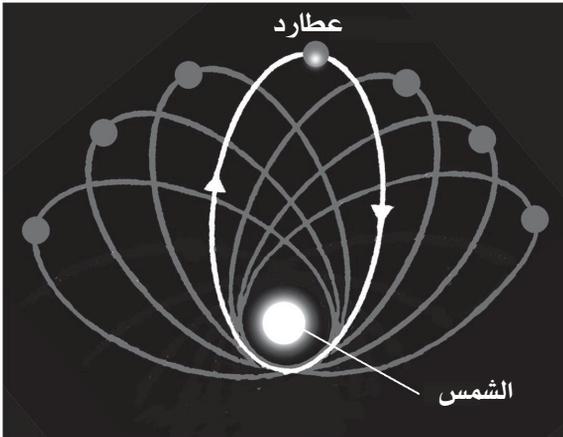
الكواكب

تكون الكوكب

يعتقد أن الشمس والنظام الشمسي منذ 4.6 مليار سنة مضت تكثفا من سحابة جزيئية ضخمة، هي سحابة شاسعة من جزيئات الهيدروجين 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 دائراً مسطح. وأثناء نمو الشمس الجينية 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 قليلاً 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 نهاراً 430 درجة مئوية (806 فهرنهايت)، لكن لأن كوكب عطارد ليس له غلاف جوي يحيط

به فليس في استطاعته الاحتفاظ بهذه الحرارة مما يعني أن درجات الحرارة ليلاً تكون قارسة البرودة حيث تهوي إلى -170 درجة مئوية (-274 فهرنهايت). أما سطح كوكب عطارد فيشبهه سطح القمر- سطح بارد ملئ 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 لأينشتاين. 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 أينشتاين 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 يمتد إلى 460 درجة القادمة من الشمس مما يرفع درجة حرارة الكوكب إلى درجة مستعرة تساوي 860 فهرنهايت)، 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 جيداً فقد أصبح كل من حرارة سطحه، وضغطه وقطره (12700 كم/ 7890 ميل) وكتلته (2410*6 كجم)، 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 قمراً تابعاً يجعل دورانه مستقرًا مما يؤدي بدوره إلى استقرار البيئة، ولكوكبنا أيضاً مجال مغناطيسي يصد الإشعاعات المضرة القادمة من الفضاء.

القمر

يدور القمر حول الأرض على بعد حوالي 610000 كم (380000 ميل)، ويساوي قطره ما يزيد قليلاً عن ربع قطر الأرض، وجاذبيته حوالي سدس الجاذبية التي تشعر بها أنت أثناء قراءتك لهذا الكلام. وتنقسم التضاريس السطحية ما بين الهضاب الساطعة الوعرة، والسهول القمرية المظلمة والمنبسطة-بحار القمر؛ وهي مساحات واسعة من حمم متجمدة. ويعتقد أن قمرنا قد تكون أثناء تأثير حدث هائل يسمى 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 حديثاً كان يدور بسرعة كبيرة؛ فكبحت جاذبية الأرض من هذه السرعة، ومنحتنا قمراً مُقيّداً مدياً- 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.

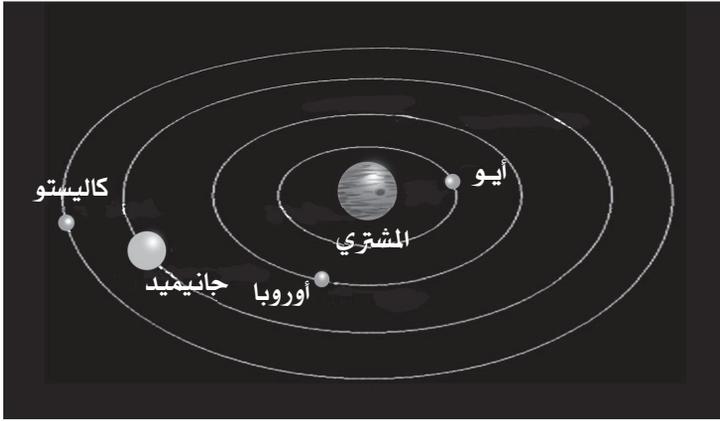
وقد وجد مسبار الفضاء فينيكس ماءً متجمدًا على سطح المريخ عندما هبطت عليه عام 2008، فحرارة الكوكب المنخفضة، وضغطه يجعل من وجود الماء في صورة سائلة غير محتمل على الرغم من أن العلامات الكيميائية وعلامات تآكل السطح تشير إلى أن الكوكب كان مكانًا رطبًا في الماضي مما يؤجج الجدل حول وجود حياة في الماضي أو حتى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

المشتري

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

يشتهر كوكب المشتري 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،

وكاليسستو، وجانيميد- وتعرف باسم أقمار جاليليو؛ لأن العالم الإيطالي جاليليو 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 ثقب 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 المشتري 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 بعداً عن الشمس-وثاني أكبر كوكب، بعد المشتري- هو العالم الغازي العملاق "زحل" الذي يدور حول الشمس على بعد 10 وحدات فلكية، ويتكون أساساً من غازي الهيدروجين والهيليوم.

يظهر نظام حلقات زحل الرائع الذي يتكون من حلقات قطرها 360000 كم (223994 ميل)، وسماك 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 قمراً معروفاً، أكبرها تيتان وحجمه أقل قليلاً من نصف حجم الأرض ومحاط بجو كثيف من النيتروجين، 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 هويچينز على سطحه عام 2004 لم يجد لا هذا ولا ذلك. إلا إنه رأى دليلاً 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 المشتري وزحل- كوكب غازي عملاق إلا أن غلافه الجوي المكون من الهيدروجين والهيليوم مزود بنسبة من الميثان - على عكس المشتري وزحل - ويمتص الميثان اللون الأحمر من ضوء الشمس مما يضيفي على الكوكب لونه الأزرق الباهت.

كوكب أورانوس يقع على بعد كبير للغاية - 20 وحدة فلكية، ودرجة حرارته - 224 درجة مئوية (-371 فهرنهايت)، وهو أكثر الكواكب برودة في النظام الشمسي - حتى من جاره الخارجي نبتون- والسبب وراء ذلك غير مفهوم جيداً. وانخفاض الحرارة يعني أن الطاقة في الغلاف الجوي للكوكب غير كافية لدعم أي شكل من أنظمة الطقس الدوامية أو الزمر اللونية التي تحيط بأوجه المشتري 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 الاضطرابات 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 المشتري 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 نرح للخارج حيث يوجد الآن.

الكواكب القزمة

علم 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، وميكيمك 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 والمشتري. 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 ونهاكا بينما ميكيمك، وسيريس ليس لهما أقمار.

الكواكب الخارجية

أنها حقيقة 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 بـ "الكواكب الخارجية"، وقد اكتشف كل من مايكل مايبور، وديدير كيلوز بجامعة جنيف بسويسرا عام 1995 أول كوكب خارجي؛ حيث اكتشفا رفيقاً بحجم كوكب يدور حول النجم بيغاسي 51 "Pegasi 51" 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 ذهاباً وإياباً قليلاً، وقد مكنتهم المعدات الحساسة من قياس هذا التمايل. كوكب بيغاسي 51 "Peg 51" هو كوكب غازي ضخم مثل المشتري، لكن صائدي الكواكب اكتشفوا مؤخراً عوالم أرضية - أي لها كتل أكبر من عوالمنا بضع 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 لا بد أن يكون قد انبثقت عن أنظمة نجومها المضيفة عند اصطدام المواد معاً أثناء عملية تشكل الكواكب العنيفة، لكن على الرغم من أن علماء الفلك هم من اكتشفوا هذه الكواكب، لكن لا زال هناك احتياج إلى رصد مؤكد.

الأستاذ دايفيد ستيفنسون بمعهد كاليفورنيا للتكنولوجيا 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 الهيدروجين مما يعطيها غلافاً جويًا سميكًا يمكنه الاحتفاظ الحرارة مما يجعله دافئاً بدرجة كافية للحفاظ على مياه المحيطات في الحالة السائلة 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 الهيدروجين هي المكون الرئيسي للفضاء البين نجمي، وهي تأتي في ثلاثة أشكال: سحب الهيدروجين المتعادلة المكونة من ذرات الهيدروجين البسيطة؛ والسحب الجزيئية التي تتكون من جزيئات كل منها عبارة عن ذرتين هيدروجين مرتبطتين معاً؛ أما المناطق المسماة H II فتنشأ حيث ينتزع الإشعاع القادم من نجم قريب إلكترونات من ذرات الهيدروجين ليترك سحابة موجبة الشحنة مشحونة بأيونات الهيدروجين، وبالإضافة إلى ذلك، يأتي كل ما سبق مصحوباً بالقليل من الغبار الكوني، ويعتقد أن هذه السحب تشكل حوالي 15٪ من كتل المجرات مثل مجرة درب التبانة.

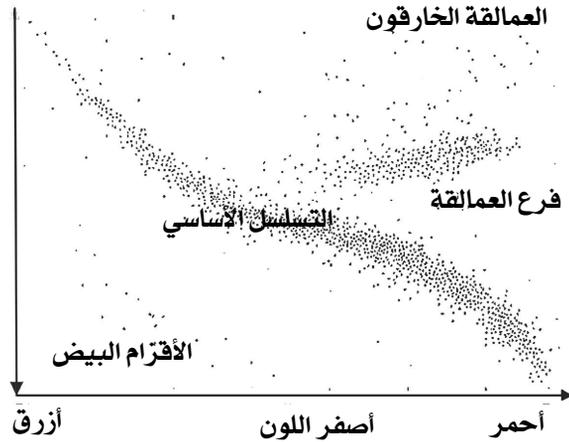
السدُم

تعرف سحب الغازات الكونية التي تُرى من كوكب الأرض عند علماء الفلك باسم "السدُم"، وعمومًا هناك ثلاثة أنواع: "السدُم الانبعائية" وهي سحب غازية تطلق الضوء غالبًا بسبب فقد ذرات الغاز في السديم لإلكترون أو أكثر متحوّلة إلى أيونات وتنطلق الطاقة أثناء اتحاد الإلكترونات بالأيونات مرة أخرى، ومن أمثلتها مناطق H II التي ترى في الفضاء البين نجمي؛ و"السدُم العاكسة" في الوقت نفسه هي سحابة من الغبار لا تنتج ضوء بنفسها لكنها بدلاً من ذلك تعكس أضواء النجوم القريبة، وأخيرًا هناك "السدُم 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.

تكوينات النجوم

تتكون النجوم داخل السحب الجزيئية الباردة الموجودة في الفضاء البين نجمي، والكثافة الابتدائية للسحابة تكون في حدود من بضعة إلى مائة جسيم لكل سنتيمتر مكعب (قارن ذلك بالغلاف الجوي للأرض الذي يحتوي 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. الانحراف الضئيل في كثافة السحب يعمل بمثابة بذرة تتسبب في انهيار المناطق بسبب جاذبيتها الخاصة، ولأن قوة جذب هذه المناطق 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 فهرنهايت)،



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 رسماً أول شكل عام 1910. وهو أساساً 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؛ فمثلاً أصبحت شمسنا أكثر احمراراً وسطوعاً 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 هرتزسبرنج-راسل. تقوم نجوم التسلسل الأساسي بحرق الهيدروجين داخلياً في قلبها من خلال تفاعلات الاندماج النووي لتوليد طاقة، وينتج الهيليوم أيضاً الذي يعتبر رماد الاحتراق 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 فهرنيت) وحتى 3000 درجة مئوية (54300 فهرنيت). وتنتمي الشمس إلى النوع (G) عند درجة حرارة 5500 درجة مئوية (9930 فهرنيت)، وتستمر مرحلة التسلسل الأساسي في دورة حياة النجم حتى ينفذ وقوده من الهيدروجين ويبدأ في حرق الهيليوم بدلاً منه؛ عندئذ يصبح عملاقاً 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 تقريباً 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.

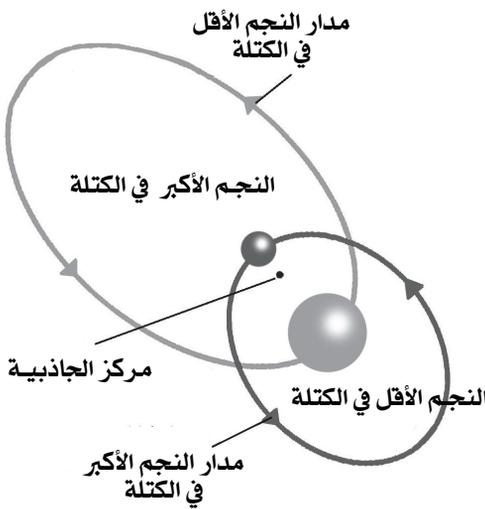
النجوم المتغيرة

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 تدرج تحت هذه الفئة نجمي الغول والشلياق.

هناك نجوم متغيرة أخرى تتضخم وتنكمش دوريًا، ويتسبب الانكماش في جعل النجم أكثر كثافة وإعتمادًا 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 حركتهما إلى الدوران حول مركز ثقل مشترك، وهناك أنواع عدة اعتمادًا على كيفية اكتشاف طبيعتها الثنائية؛ فمثلًا "الثنائيات المرئية" يمكن رؤيتها من خلال التلسكوب على شكل نجمين، أما "الثنائيات الطيفية" فتظهر بسبب تأثير دوبلر الذي يقوم بإزاحة طيفها الضوئي

أثناء تحركها 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 تفتت ليخرج منها النجوم الصغيرة، لكن هذه النجوم بإمكانها شغل مجموعات أكبر تسمى العناقيد النجمية، ولمجرتنا درب التبانة نوعان: العناقيد المفتوحة، والعناقيد 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 رخوًا وبالتالي سميت بـ "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 الحمراء

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

السديم الكوكبي

ماذا يحدث عند وصول نجم ما إلى نهاية فترة حياته؟ النجوم المتوسطة والمنخفضة الكتلة نسبياً 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 العملاقة الحمراء 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 بدلاً 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. ويبقى 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 أنهى فترة حياته؛ وهو في حقيقة الأمر قلب نجم أحمر عملاق قد طرح أغلفته الغازية الخارجية متحولاً إلى سديم كوكبي. ويكون القلب مرتفع درجة الحرارة للغاية، أحياناً يفوق 100000 درجة مئوية (18000 فهرنهايت) - مما يجعله يظهر باللون الأبيض إلا أن حجمه الصغير يعني إنه يشع الحرارة ببطء، وبالتالي فهو باهت نسبياً، ولما كانت هذه الأقزام البيضاء لا تحتوي على مصدر داخلي للطاقة فهي تخفت بمرور الوقت - تبرد متحوّلة إلى ما يسمى "قزم أسود".

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

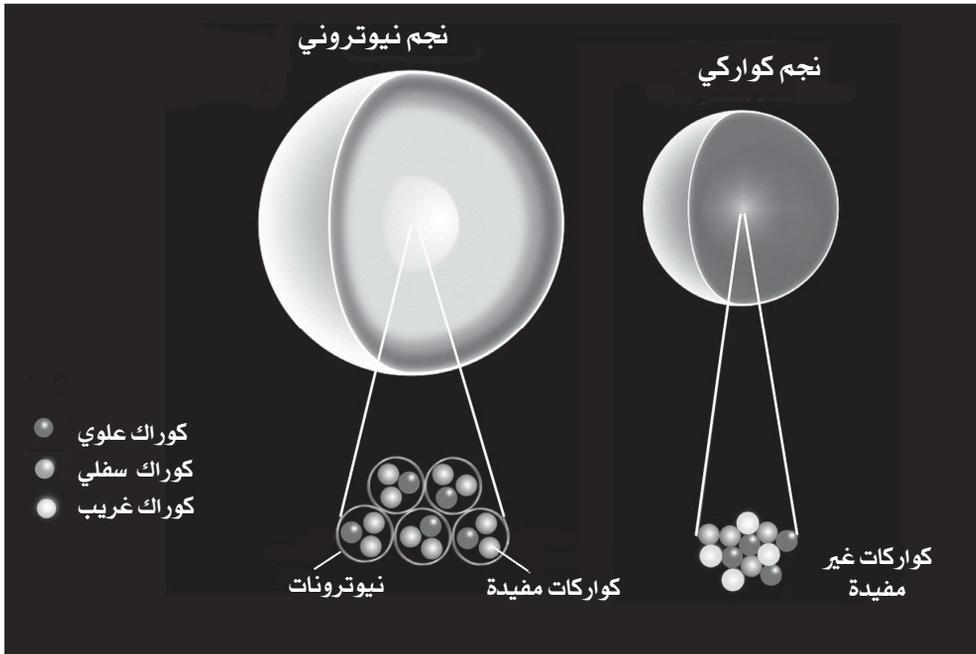
المستعر الأعظم

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 مشابهاً لفتح بوابة تحتجز فيلاً وراءها، وبزوال مصدر دعم النجم تخضع طبقاته الخارجية للسقوط الحر وينهار النجم مما يتسبب في ضغط قلبه محولاً إياه إلى نجم نيوتروني ويتوقف الانهيار، وهذا بدوره يؤدي إلى ارتداد مفاجئ يطرح بالطبقات المنهارة إلى الخارج مما يوجب انفجار المستعر الأعظم.

النجوم النيوترونية

يبقى قلب النجم الذي أنهى 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 محوياً 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)، فتندفق بلايين وراء بلايين من النيوترينوات خارج النجم الميت وتنتشر في الفضاء - والتي يمكن أن تنذر علماء الفلك بوجود مستعر أعظم وشيك قبل أن يصبح مرئياً 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 بدلاً من الإلكترونات.



النجوم الكواركية

إذا كان النجم النيوتروني ثقيلاً بما فيه الكفاية فإن جاذبيته تستطيع تفكيكه إلى ما هو أكثر من ذلك - إذابة نيوتروناته محولة إليها إلى مكوناته من الكواركات. في عام 2002 أعلن علماء الفلك بمركز هارفارد سميثونيان للفيزياء الفلكية، في كامبريدج، ماساشوستس تحت قيادة جيرمي دراك أنهم قد اكتشفوا نجم كواركي محتمل في كوكبة الإكليل الجنوبي وقد أطلق عليه (RXJ1856) وظهر صغيراً لدرجة تمنع تصنيفه كنجم نيوتروني لكن أيضاً كبيراً 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، يتلع القلب نفسه متحولاً إلى ثقب أسود مطلقاً 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 يومياً تقريباً إلا أن أصلها ظل لغزاً حتى عام 1997.

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

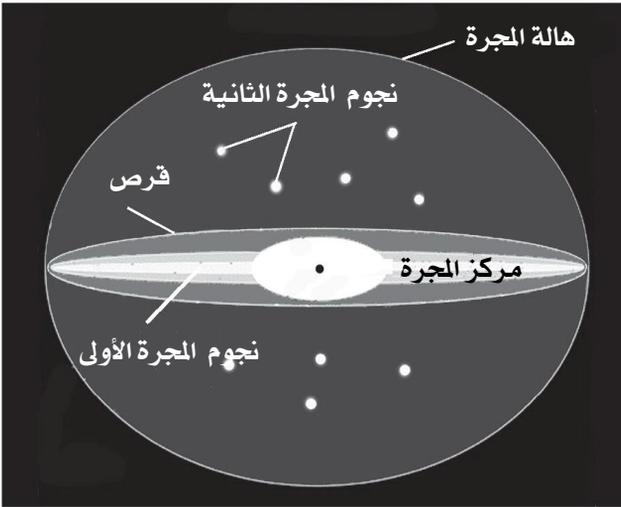
المجرات

الفضاء بين المجرات

إذا اعتقدت أن الفضاء البين نجمي ممل إذاً، فأنت لست جاهزاً 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 هيدروجين واحدة لكل متر مكعب. المكونات الرئيسة للفضاء بين المجرات هي المجرات نفسها- تلك التجمعات العملاقة من النجوم تشبه جزراً 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-غالباً 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 شيوعاً 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 المجري 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. وبدلاً 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، وتقريباً ثلث المجرات الحلزونية المعروفة ينتمي إلى نوع المجرات الحلزونية الضلعية بما فيهم مجرة درب التبانة.

درب التبانة

تسمى مجرتنا بـ "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 طولاً 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 حلزونيتين معًا، وفي الواقع قد تصبح درب التبانة إهليلجية يومًا ما؛ فهي على مسار تصادمي مع مجرة أندوميدا المجاورة - المجرتان على وشك الاصطدام معًا خلال 3 مليار سنة.

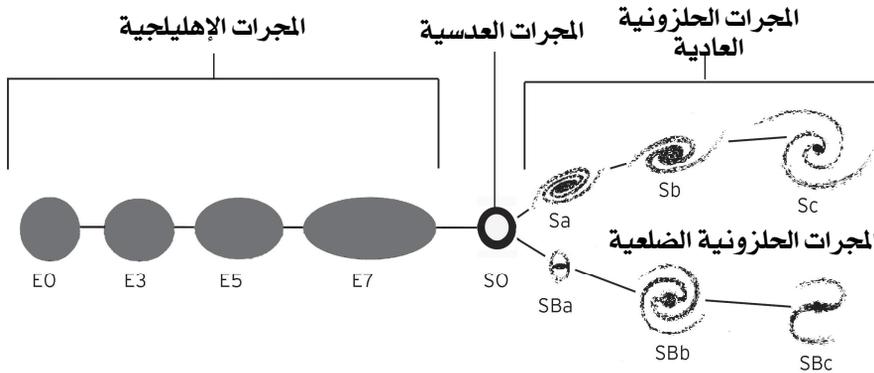
عدم الملاءمة المجرية

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 تحطمت 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 (SBc) 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 ذرعاً من اعتبار المجرات المعروفة اكتشافات جديدة لمذنبات عن طريق الخطأ- لذلك قرر أن يعد قائمة بهذه المجرات.

بدأت قائمة مسييه في الأصل بـ 103 جرماً 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 أيضاً 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

تماماً مثل الكواكب والنجوم الثنائية، هناك بعض المجرات التي يدور حولها مجرات شقيقة مصغرة، وربما يكون المثلان القياسيان هما سحابتي ماجلان الكبرى والصغرى اللتان تدوران حول محيط درب التبانة، وسحابة ماجلان الكبرى مثلاً تمثل موطناً 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 جداً من درب التبانة التي تسببت جاذبيتها في حدوث تشوه للأولى مكونة ما هي عليه مثل شكل غير منتظم.

بدرج 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 - سحباً من المادة تتقلص بفعل جاذبيتها الخاصة. وللسحب الكونية بشكل عام درجة من الدوران وقوة الطرد المركزية

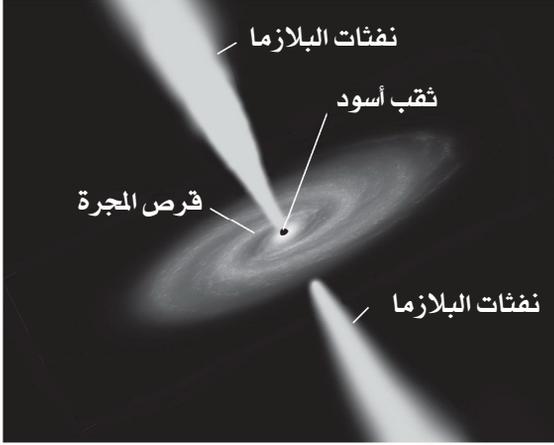
التي تتولد نتيجة هذا الدوران تدعم انهيار المجرات في بعدين بينما تسمح باستمرارها في البعد الثالث - مكونة المجرة الناتجة سواء أكانت مسطحة أم على شكل قرص. ويعتقد أن المجرات الكبيرة قد تكونت بعد ذلك من خلال ما يسمى بالعملية التصاعدية (bottom-up process) حيث تندمج الوحدات الصغرى -تحديدًا المجرات القزمة- بفعل 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 يترك لها الحبل على الغارب فتغير من تركيبها الكيميائي عبر فترة حياتها كما تفعل النجوم التي تحول غاز الهيدروجين إلى هيليوم وعناصر أثقل خلال التفاعلات النووية، ثم تعيد المادة المخصبة إلى الفضاء بين نجمي خلال انفجارات المستعر الأعظم وطرده 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، محوًا 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 تصادم 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 ثقب سوداء ضخمة كامنة في قلبها، وفي المجرات النشطة تصبح الثقوب السوداء مصادر قوية للإشعاع تحول المجرة إلى منارات كونية ساطعة. وتكون الثقوب السوداء الملتهمة للنجوم والغاز والغبار هي مصدر الطاقة لأنوية المجرات النشطة-قلب المجرات

النشطة.، وتعمل جاذبية الثقب الأسود على سحب المادة داخله وتقوم بتسريعها إلى سرعة عالية إلا أنها عند اقترابها من أفق حدث الثقب الأسود تجمع نفسها في حزم وتصطدم بمادة ساقطة أخرى مما يسبب ارتفاع درجة الحرارة وانبعث إشعاع كهرومغناطيسي. وهناك نوعان رئيسيان من المجرات النشطة: مجرات نشطة ذات إشعاع راديوي مرتفع، ومجرات نشطة ذات إشعاع راديوي منخفض؛ اعتماداً على كمية الإشعاع التي تنبعث منها في النطاق الراديوي للطيف الكهرومغناطيسي. تنتج المجرات النشطة ذات الإشعاع الراديوي المرتفع نفث من البلازما يمكنه التدفق في الفضاء مئات السنين الضوئية عمودياً على قرص المجرة مثل الأذرع الكونية، وتتحرك المادة في هذه النفثات بسرعة تقترب جداً من سرعة الضوء - حيث تصطدم بشدة بالغاز الذي يسود الفضاء بين المجرات- وتكون موجات صادمة تنتفخ مكونة فصوص كبيرة باعثة للإشعاعات الراديوية، ولا أحد يعرف على وجه اليقين مصدر طاقة النفثات الصادرة من المجرات النشطة، إلا أن ما يسمى "بطء المسار القياسي" يعتبر أحد التفسيرات الممكنة. أما في المجرات ذات الإشعاع الراديوي المنخفض فيتعد أن المجرة تكون موجهة بحيث. تحجز المادة المتخللة-مثل 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 أشباه 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 جنينية، 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 لـ (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

الكون

ما الكون تحديدًا؟ هل كل ما هو موجود؟ أم فقط كل ما يمكنك رؤيته؟ أم أن هناك تعريفًا روحياً 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 يتساءل - وله الحق في ذلك - عن كيفية معرفتنا لهذا كله. تركز 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، وتنبأ الحسابات المبنية على نظرية الانفجار العظيم بأن الكون لا بد 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 مذهلاً آخر، حيث تنبأ النظرية إنه يجب أن يكون هناك صدى قابل للاكتشاف

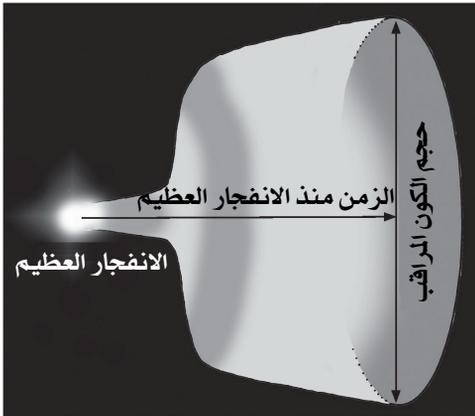
للانفجار العظيم ينتقل في الفضاء حتى الآن، وهو ليس صدى صوتياً بل صدى مكون من إشعاعات كهرومغناطيسية لها أطوال موجية معينة - موجات ميكروية تبلغ حرارة إشعاع الجسم الأسود لها 2.7 درجة مئوية (4.85 فهرنهايت) فوق الصفر المطلق.

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 أنها حاولا في البداية التخلص من هذه "الضوضاء" غير المرغوب فيها التي عانت منها الأداة المستكشفة إلا أن هذه الضوضاء أكدت أن كوننا قد تكون فعلاً نتيجة انفجار عظيم مرتفع درجة الحرارة.

التضخم

تقول نظرية التضخم أن بعد زمن قدره 1 من مليار مليار مليار 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 مجدداً تحت تأثير جاذبيته، ونظرية التضخم أيضاً تحل بدقة لغزين كونيين مستعصين آخرين هما- مشكلة التسطح ومشكلة الأفق.

تقدم نظرية التضخم-علاوة على ما سبق- طريقة لتفسير كيفية نشأة الأولى للبنى



المختلفة مثل المجرات فهي تقول أن التمدد السريع أدى 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 رصدها الأقمار الصناعية تبدو متوافقة توافقاً جيداً مع تنبؤات نظرية التضخم.

مشكلة التسطح

عندما وضع عالم الفيزياء بمعهد ماساتشوستس للتكنولوجيا (MIT) الآن جوث عام 1980 التضخم في الاعتبار ظهرت مشكلتان في نظرية الانفجار العظيم أرقنا 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 نظريتنا 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 تجربنا 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 الآخر، 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 لجانبى السماء فيه أن يتلامسا، وقد التفت نظرية التضخم حول ذلك عن طريق جعل حجم الكون صغير جدًا 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 أندري 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 ثائر 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".

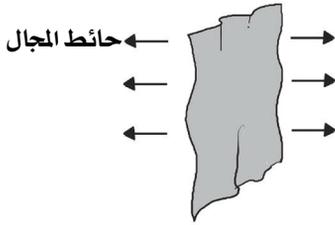
حياة الكون

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

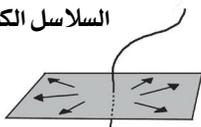
العيوب الكونية

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

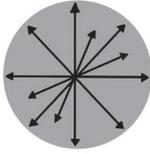
عليها العلماء اسم "العيوب الكونية"، وقد اقترح توم كيبل من كلية لندن الإمبراطورية هذه العيوب للمرة الأولى في السبعينيات: حيث أوضح أنها توابع للكسر التلقائي المتناظر في



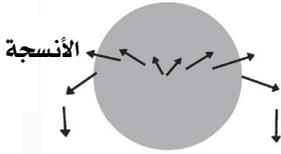
السلاسل الكونية



أحاديث القطب



الأنسجة



الكون وهي توابع لا يمكن تجنبها، فيمكن تخيل الكون الموحد المتناظر على إنه بلورة من الإبر تستوي جميعاً 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 المناطق بينما في مناطق أخرى ستسقط مشيرة إلى اتجاهات مختلفة تماماً.

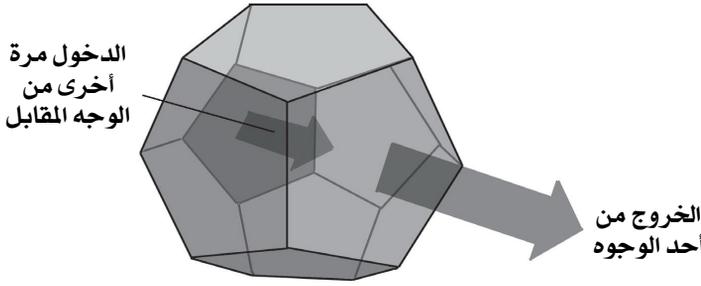
أبسط نوع من العيوب الكونية يتكون حيث تتلاقى منطقتان سقطت إبرهما بطريقة مختلفة- هو مستوى ثنائي الأبعاد يعرف باسم حائط المجال- أما العيب المعروف باسم "السلسلة الكونية" فينشأ من تلاقي ثلاث مناطق أو أكثر بحيث تشير الإبر إلى الخارج من خط مركزي يكون بمثابة قلب. أما إذا كانت الإبر تشير إلى الخارج في أبعاد ثلاثية تحدد نقطة على شائكة الشكل يطلق على العيب الكوني اسم "أحادي القطب، أما أكثر العيوب الكونية

تعقيداً فهو العنصر المجرد المعروف بـ "النسيج" والذي يتكون عندما تشير جميع الإبر إلى الخارج في أربعة اتجاهات.

الأكوان متعددة الاتصال

تخيل أن بإمكانك السفر في الفضاء بعيداً جداً لدرجة أنك عدت إلى المكان الذي بدأت منه. أبلت نظرية النسبية العامة لأينشتاين بلاءً حسناً في تفسير سلوك ما يجاور كوننا ولكنها لا تقول شيئاً بخصوص الشكل الكلي أو طوبولوجيا 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 الاتصال". عام 2003 أجرى مجموعة علماء تحت قيادة جون بيري لومنيه في مرصد بايريس - ميدون في فرنسا دراسة لإشعاع الخلفية الكونية الميكروي، وقد وجدوا أنماطاً للإشعاع تشير إلى أن الفضاء قد تكون له بنية ملتفة معقدة مبنية على مضلع ذي إثني عشر ضلعاً يسمى "اثنا عشري سطوح"، فإذا غادرته منه من أحد جوانبه فستدخل مجدداً خلال الوجه المقابل. لازال علماء الفلك في انتظار مجسات



فضائية لوضع خرائط جديدة وأكثر دقة للخلفية الميكروية لاختبار هذه الفكرة بمزيد من التمحيص.

علم الكون الكمي

استناداً إلى نظرية النسبية العامة، فإن الانفجار العظيم الذي ولد كوننا من خلاله لا بد 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 تفسيراً مقبولاً للحظات الكون الأولى - وأنا 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 نظاماً كمياً موجوداً (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 لأنواع المختلفة من الأكوان التي تنبثق إلى الوجود من العدم ممكناً، لكن إخضاع النظرية إلى اختبارات علمية صارمة سيتطلب معلومات فيزيائية فلكية على مستوى أفضل من تلك البيانات المتاحة حالياً.

متعدد الأكوان

لطالما كانت الأكوان المتوازية موضوعاً رئيسياً 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 صحيحاً 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 موجوداً فيها، أو أكوان تكون فيها قد ألفت هذا الكتاب أو حتى أكوان كنت فيها إمبراطوراً لبولندا.

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

الكون الهولوجرامي

ماذا لو كان الكون كله مجرد هولوجرام، أي إسقاط ثلاثي الأبعاد لأحداث تحدث على سطح ثنائي الأبعاد تماماً 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 أفضقه فإن هذا لا بد أن يكون صحيحًا للكون أيضًا وهو محدود بأفضقه 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 الجاذبية لجهاز جيو 600 (the GEO600 gravitational wave experiment) في ألمانيا علامات مترددة لتلك البنية الخشنة لكن لازالوا في حاجة إلى المزيد من البيانات.

الكون 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. وتكرر هذه الدورة كل 30 مليار سنة وبالتالي هناك تتابع لا نهائي من الانفجارات العظيمة تمتد 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 الكونيات

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 لا بد 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. أولاً، 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 التفافاً جديداً، فالتمدد ينشر الضوء للخارج أثناء محاولته اجتياز المسافات الكونية مما يؤدي إلى تقليل طاقته ويجعل النجوم والمجرات البعيدة أكثر خفوتاً 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 مكافئ للقطعة 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 توزيعاً متساوياً. متجانس يعني إنه له نفس الخواص في جميع نقاط الفضاء، أما (موزع توزيعاً متساوياً) فتعني إنه له نفس الشكل في جميع الاتجاهات. ويرتبط المبدأ الكوني ارتباطاً وثيقاً بمبدأ كوبرنيكوس الذي ينص على أن الأرض لا تشغل موقعاً مميزاً في الفضاء - نظرنا للكون تقليدية.

قانون هابل

نظرية النسبية العامة لاينشتاين تنبأت تنبؤاً مذهلاً: الفضاء يتمدد، ووجد آينشتاين ذلك غير مستساغ وبدلاً 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 ومساعدته ميلتون هامسون دليلاً على أن الفضاء حقاً يتمدد، وقد جمعا ملاحظات عديدة من طيف المجرات البعيدة - أي كيفية تغير سطوع ضوء المجرة مع تغير طول 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 - ضوءها 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 دليلاً دامغاً على التمدد الكوني الذي تنبأ به أينشتاين، ولكنه أهمله.

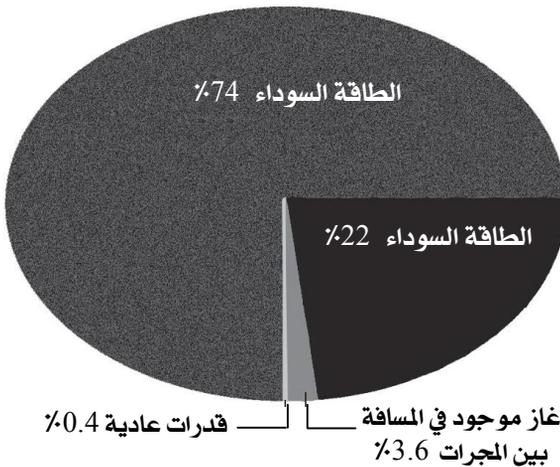
التمدد الكوني

على الرغم من أن عالم الفلك إيدوين هابل كان على المسار الصحيح عندما حسب سرعات انحسار المجرات استناداً على تأثير 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 نقاطاً 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 تمديدًا 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 ما يسمى تأثير الإزاحة الحمراء إلا أن ذلك يختلف قليلاً 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 يُرى منها - إنه جوهر المادة السوداء. وتقول النظرية أن هناك مجالاً من مادة غير مرئية يتخلل الفضاء، والأدهي من ذلك أن هذه "المادة المظلمة" تزن خمسة أضعاف المادة المرئية للكون كله مجتمعة. لقد



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 تدريجياً حتى تصل إلى الصفر كلما تحركت مبتعداً عن المركز، لكن علماء الفلك وجدوا أن بمجرد الابتعاد عن انتفاخ مركز المجرة فإن السرعة المدارية تثبت تقريباً. 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 تجريبياً

الطاقة السوداء

عندما اكتشف المسكين ألبرت آينشتاين أن لنظرية النسبية العامة تنبأ بأن الكون لا بد أن تمدد، أضاف ما يسمى "الثابت الكوني" للصبغ الرياضية للنظرية لإلغاء تأثير التمدد، لكن عندما اكتشف إيدوين هابل التمدد الكوني، أزال آينشتاين على الفور الثابت الكوني من معادلاته مشيراً إليه على أنه 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 بدلاً 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٪، وأخيراً أن الذرات العادية تمثل 4٪

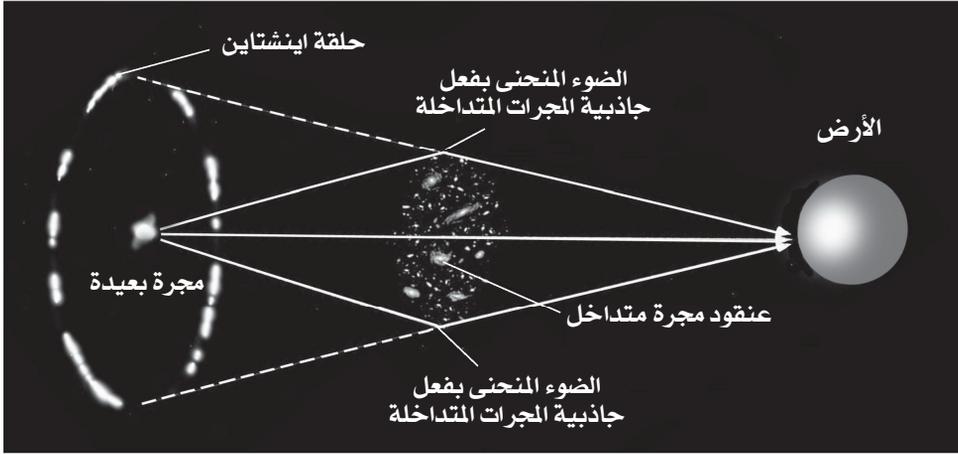
عناقيد المجرات

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 بدلاً 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 أولها عام 1998. للتعدس الجاذب مثل أصغر منه يعرف 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 سينتهي 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 اسمها 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 أحيانًا اسم "سيناريو الموت الحراري"؛ فطبقًا لقوانين انتقال الحرارة يكون الكون بذلك قد وصل إلى حالة من الاتزان الحراري وبالتالي لا يمكن بذل شغل مفيد-بها في ذلك تحول الكتلة إلى طاقة داخل النجوم. يبدو سيناريو الموت الحراري محتملاً 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 لا بد أن تحمل معها "كتلة رد الفعل" التي ستدفعها وتسمى دافع الصاروخ، وهو ينقسم إلى جزأين - الوقود بالإضافة إلى المادة المؤكسدة، وهي مادة تحتوي على الأكسجين المطلوب لحدوث الاحتراق، فعلى سطح الأرض، هناك وفرة من الأكسجين في الغلاف الجوي، أما في الفضاء عليك أن تعتمد على نفسك وتأخذ ما تحتاجه من الأكسجين.

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 الأرض. وقام الآن شيبارد عام 1961 بأول رحلة فضاء بشرية في أمريكا وكانت عبارة عن رحلة في مدار شبه دائري استغرقت 15 دقيقة وهبطت بالآن على بعد 480 كم (300 ميل) من موقع انطلاقه.

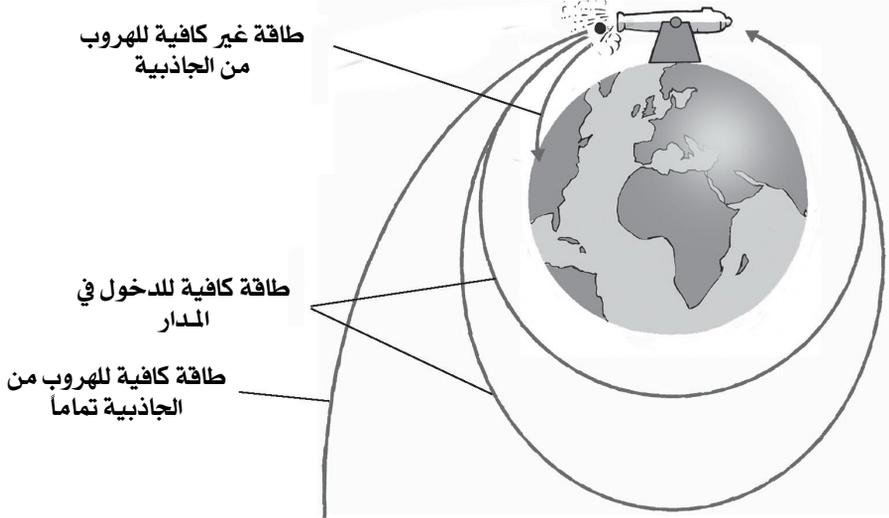
يتطلب وضع صاروخ في مدار حول الأرض طاقة أكبر بكثير من تلك التي يحتاجها الصعود والهبوط السريع لرحلة في مسار شبه دائري، فالمدار هو سمة خاصة للجاذبية يقوم فيها السحب الجاذب للكوكب بتوفير القوة الطاردة المركزية اللازمة لإبقاء دوران مركبة الفضاء حوله. وتحتاج الصواريخ إلى الوصول إلى سرعة عالية جدًا للوصول إلى

مدار الأرض، عادة حوالي 28000 كم/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

أحياناً تحتاج البعثات الفضائية إلى إرسال مركبة فضائية إلى ما هو أبعد من الرحلات شبه المدارية أو الدوران حول الأرض - تجاوز جاذبية كوكبنا تماماً، 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 أيضاً. جاذبية الشمس عند مسافة مدار الأرض -حمداً 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 سبوتنيك 1 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 عددٌ 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 قدماً)، 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 ليحرب

تشويق الفضاء الخارجي. الشركة الرائدة في السياحة الفضائية هي شركة فيرجن 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 أجراً من ذلك - لم تقنع بمجرد الدوران حول الأجرام الأخرى بل هبطت على سطحها أيضاً. كانت مركبة (لونا 3) الروسية أول مركبة تهبط على سطح القمر عام 1959 على الرغم من أن ذلك كان اصطداماً أكثر من كونه هبوطاً، أما (لونا 9) فقد قامت بأول هبوط هادئ على سطح القمر عام 1966 - نفس العام الذي تحطمت فيه المركبة الروسية (فينيرا3) على سطح كوكب الزهرة، وقد دارت مركبات فضائية في مدارات حول كوكبي المشتري وزحل وحلقت فوق أورانوس ونبتون وفي الوقت نفسه تم القيام بهبوط مخطط على المريخ والزهرة وأحد أقمار زحل وهو تيتان.

المحركات الأيونية

أحد بدائل الصواريخ الذي قفز مؤخراً من حيز التجارب إلى حيز التكنولوجيا المثبتة هو الدفع الأيوني. تعمل المحركات الأيونية بنفس المبدأ الأساسي للدفع الصاروخي - فهي تحمل الوقود وتولد الحركة عن طريق قذفه خلفها بأقصى سرعة، لكن في الوقت الذي تقوم فيه الصواريخ بذلك عن طريق إحتراق الوقود تقوم به المحركات الأيونية عن طريق إعطاء الوقود شحنة كهربية ثم تسريعه باستخدام مجال كهربى. يبدو إخراج الوقود ذرة بذرة بهذه الطريقة عملية بطيئة جداً - وهي فعلاً بطيئة. فالمحركات الأيونية تحقق دفعاً ضئيلاً مما يعني أنها تستغرق أياماً وأسابيع من التشغيل المستمر للوصول إلى سرعة قصوى إلا أن ميزتها أنها تتمتع بكفاءة عالية جداً؛ فكل جرام من الوقود في المحرك الأيوني يعطي دفعاً مساوياً 20 مرة الدفع الذي تعطيه نفس الكتلة من الوقود الكيميائي القابل للإحتراق في النهاية.

الأشعة الشمسية

الأشعة الشمسية تمثل تكنولوجيا دفع مختلفة تمامًا عن الصواريخ. أنها صفائح مايلر فضية كبيرة والتي تقوم حرفياً بالتطفل على الضوء القادم من الشمس. وكما أوضح أينشتاين عندما عمل على التأثير الكهروضوئي عام 1905، فالضوء ليس فقط موجة- يمكن أيضًا اعتباره جسيمات تعرف باسم الفوتونات، وضوء الشمس ملآن بفوتونات عالية الطاقة وتماثلًا كما تصطدم جسيمات الهواء بأشعة 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. حلقتنا أولاً خارج الغلاف الجوي، ثم قمنا بالدوران حول الأرض وأخيرًا عندما شارف العقد على الانتهاء ذهبنا إلى القمر، لكن منذ ذلك الحين لم يقيم 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 آبلتون (Rutherford Appleton Laboratory) في إنجلترا إلى حل. معظم الإشعاعات الضارة في الفضاء تتكون من جسيمات مشحونة كهربياً 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.

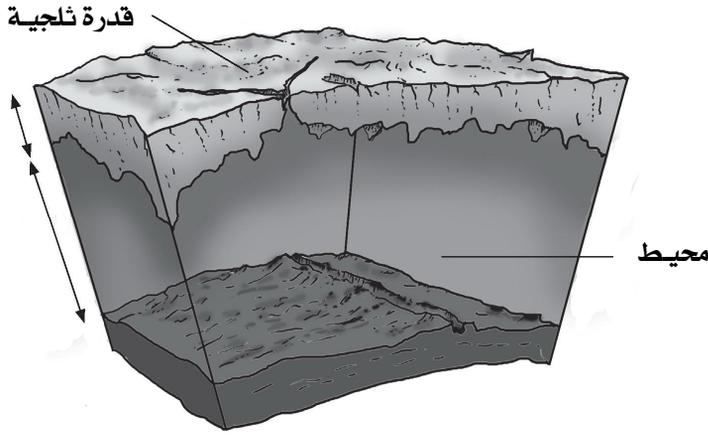
الحياة في الفضاء

ك.ه.أ.ن (C.H.O.N)

الكربون، والهيدروجين، والأكسجين والنيتروجين هي العناصر التي تقوم عليها الحياة على الأرض واختصارها ك.ه.أ.ن (C.H.O.N). ظهر الهيدروجين 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 المشتري. هناك عدد من الاكتشافات الحديثة على كوكب المريخ حدت بالعلماء إلى الاعتقاد بوجود حياة محتملة 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 بركانيًا على الرغم من أن عدم وجود براكين نشطة في الكوكب يجعل ذلك غير قابل للتصديق؛ وجود مصدر حيوي يبدو احتمالية أكبر في وجهة نظر الكثيرين، وفي الوقت نفسه اعتقد بعض علماء الكواكب أن القمر أوروبا يحتوي على محيط من المياه السائلة مطمورة بعيدًا تحت السطح. والحرارة المتولدة نتيجة سحق وضغط جاذبية المشتري المجاور تحفظ المياه من التجمد ويمكنها حفظ درجة حرارتها بحيث تكون دافئة بشكل يلاءم وجود حياة.



الانتشار الشامل

الانتقال المحتمل للميكروبات بين كواكب المجموعة الشمسية يعرف باسم الانتشار 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 الأشعة 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 سيرفيور 3 والتي اكتشف بعد عودتها إلى الأرض أنها نجت أثناء مكوثها في الفضاء، وقد دعم هذا الاكتشاف نظرية الانتشار الشامل دعمًا كبيرًا.

الكواكب 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 تكنولوجيا الكشف، ظهرت العوالم ذات الكتل الأصغر في المشهد. أشبه الكواكب بالأرض المعروفة حالياً 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 جداً لدرجة الحرارة على سطح الأرض.

عام 2009 أطلقت ناسا بعثتها الفضائية كيبلر- 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 أكسجين) معاً 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- أولاً لظهور حياة ثم لتطور هذه الحياة وتصبح ذكية، وتشمل هذه العوامل حدوداً 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 طبقاً للعلم الحديث تعطي إلى حد ما إجابة أكثر تحفظاً 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 الهيدروجين الذري في مجرة درب التبانة. من المحتمل أن تبث حضارة غريبة أطواراً موجية قريبة من ذلك؛ أملاً في أن يلتقط علماء الفلك الراديوي الذين يقومون بدراسة الهيدروجين إشارات بالصدفة لازل العلماء يقومون بأبحاث (SETI) منذ عام 1960 مستخدمين أكبر التلسكوبات الراديوية المتاحة- ومنها طبق إيريسيو ذو الـ 300 متر، ومصنوفة تلسكوبات آلن الجديدة (the new Allen Telescope Array) وهي عبارة عن شبكة من الأطباق الراديوية لقياس التداخل موهها (بول آلن) الشريك المؤسس لشركة ميكروسوفت، وحتى الآن لم تكتشف أبداً أي إشارة غريبة.

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

مفارقة فيرمي

طرح عالم الفيزياء الإيطالي الأمريكي إنريكو فيرمي عام 1950 سؤالاً 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 بسيطاً، فبمعرفة العدد الهائل من النجوم في الكون - ما يزيد عن 100000 مليار مليار - حتى أصغر فرصة لظهور حضارة ذكية لا بد 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، افترض أن الغرباء قد يكونون فضلوا عدم التفاعل مع كوكب الأرض بسبب نوع ما من سياسات عدم التدخل، أما العلماء ذوي النظرة الأكثر ارتياباً يأخذون ذلك كدليل على أن الحياة في الكون غير مرجحة بدرجة كبيرة جداً جداً - مدرسة فكرية أصبحت معروفة باسم "فرضية الأرض النادرة"

مقياس كارداشيف

يقاس مدى تقدم الحضارات خارج كوكب الأرض باستخدام ما يسمى 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 ما هو 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 الأبراج من ذلك، أن تضم سرباً 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 آخرون عما إذا كانت البنى التي بينها الغرباء وتدور حول نجم ما - ربما أجزاء من كرة دايسون في بدايتها - يمكن اكتشافها بصرياً 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 اصطلياد أجرام كهذه اسم (SSET) "البحث عن تكنولوجيا خارج الأرض" وقد أشير إلى أن تلسكوب كيبلر 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 بالتأكد خاطئة. واستخدم عالم الفلك البريطاني الشهير فريد هويل المبدأ الإنساني للتنبؤ بأن تفاعلاً معيناً 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 تقريباً - بالتالي من الوارد أن تكون قوانين الفيزياء منسجمة مع الحياة. ويستخدم آخرون فكرة العوالم المتعددة في نظرية الكم ليجادل في أن ذلك ليس مدهشاً على الإطلاق - فإذا كانت فكرة العوالم المتعددة صحيحة فهم يقولون أن كل كون محتمل موجود في مكان ما، وأنها - بفضل وجودنا - لا بد أن نجد أنفسنا في أحد العوالم القليلة التي تكون الحياة فيها متاحة.

المعرفة والمعلومات والحوسبة

كانت مكتبة الإسكندرية العظيمة التي تأسست في القرن الثالث قبل الميلاد في المدينة التي كانت في ذلك الوقت عاصمة لمصر، مستودعًا للكتب والمخطوطات التي تناولت كل شيء من الفلك والرياضيات، وحتى التقنيات المتقدمة مثل قوة البخار. ويقدر أنها حوت ما يتراوح بين 600.000 مستند إلى مليون، لكن المكتبة احترقت تمامًا في العصور القديمة، واحترق معها المقدار الكبير للمعرفة المتراكمة التي حوتها. وربما يكون هذا الحدث المنفرد قد أدى إلى إعاقة تقدم العلوم الإنسانية والتكنولوجيا بما يزيد عن 1500 سنة.

في العالم الحديث، أشار الفيلسوف الإنجليزي (فرانسيس باكون) عام 1597 إلى أن المعرفة قوة لم يسبق لها مثيل قبل ذلك، أن كان ما نعرفه عن

العالم خلال العلوم بهذه الأهمية، وسيصبح أكثر أهمية كذلك في المستقبل. المعلومات هي اللغة التي نستخدمها في كتابة معرفتنا، ومن خلال تكنولوجيا المعلومات - الكمبيوتر والإنترنت - أصبح المعدل الذي يمكننا به الوصول إلى الإنترنت، والمعالجة واكتشاف معرفة جديدة متسارعًا تسارعًا كبيرًا.

من المناسب إذن أن توجد مكتبة عظيمة جديدة في مكان المكتبة القديمة تقريبًا في ميناء الإسكندرية - مكتبة الإسكندرية الجديدة التي ستشهد بعض الإنجازات الحديثة للمعرفة الإنسانية التي أعيدت بسبب تدمير مكتبة الإسكندرية - التي سميت مكتبة الإسكندرية الآن على اسمها منذ قرون مضت

الطريقة العلمية

النظريات العلمية

العلم وسيلة لاكتشاف الطريقة التي تعمل بها الطبيعة بدءاً من الذرات المكونة للجسيمات، حتى صور الحياة البيولوجية في الكون الفسيح، وذلك من خلال فرض النظريات ثم مقارنتها بما تم استنتاجه من خلال التجربة العملية والمشاهدة. والنظريات العلمية ليست مجرد شكوك أو تخمينات مفضلة، بل هي تفاسير منطقية مدروسة تخضع لقوانين الرياضيات الدقيقة توجت مجهود سنوات عديدة من البحث العلمي، وعندما تتنبأ نظرية ما بحلول كثيرة تتجاوز أهداف الذي وضعت من أجله في الأساس، فإنه يمكن وصفها حينئذ بالنظرية الناجحة.

دحض النظريات

أي نظرية علمية تقوم بعرض أفضل ما توصلنا إليه من خلال معرفتنا الحالية ويمكن دحض أي نظرية علمية بطريقة واحدة فقط وهي إثبات أن هذه النظرية خاطئة، فبمرور الوقت يبتكر العلماء آلات حديثة من شأنها أن تقدم لنا وصفاً أكثر دقة عن العالم والكون، وبالتالي يمكننا استخدام هذه البيانات الجديدة التي تولدت من التجربة العلمية في اختبار النظريات الموجودة مراراً وتكراراً.

عندما تصمد نظرية ما أمام أي اختبار، فإن ذلك لا يعني بالضرورة صحتها، ولكن يمكن اعتبارها قائمة إلى حين ظهور بيانات جديدة، ولكن إذا فشلت النظرية في الاختبار فإنه يمكن الجزم بالتأكيد بطلانها، ومثال جيد لذلك فكرتنا عن المجموعة الشمسية.

الإغريق القدماء اعتقدوا أن الأرض محور المجموعة الشمسية وأن الشمس والكواكب الأخرى تدور حولها. لكن ملاحظة الفلكي الإيطالي جاليليو في القرن السابع عشر الميلادي أوضحت خطأ هذه النظرية، مما مهد الطريق لصورة الشمس - مركز المجموعة الشمسية المتداولة حالياً. كان الفيلسوف كارل بوبر هو أول من اعتبر دحض النظريات أساساً للعلم.

الاكتشاف بالصدفة

في بعض الأحيان يظهر تقدم مفاجئ في المعرفة وذلك عن طريق الصدفة البحتة، ربما الحالة الأشهر اكتشاف البنسلين - المضاد الحيوي العجيب الذي أنقذ حياة ملايين من الناس، بما فيهم ما يصل إلى 15٪ من عدد الجنود الجرحى من جيش الحلفاء في الحرب العالمية الثانية، وإلا كانوا ماتوا متأثرين بأنواع العدوى مثل الغرغرينا. في عام 1928 لاحظ عالم الأحياء الأسكتلندي ألكسندر فليمنج ضعف نمو البكتريا في طبق مخبري ملوث بالصدفة بعفن البنسلين. حدثت اكتشافات أخرى عن طريق الصدفة - تشمل الأشعة السينية، وتحت دواء الوارفارين، والمطاط البركاني المستخدم في صنع إطارات السيارات، وكوكب أورانوس.

موس أوكام

عند بناء أي نظرية علمية، فهل نبنيها على أساس صعب أم أساس سهل ونأتي بأقل الافتراضات دعماً؟ قد يدفعنا التفكير السليم إلى خيار الثاني، ولكن في القرن الرابع عشر الميلادي صعد عالم المنطق الإنجليزي وليام أوكام هذا المفهوم لكي ينطبق على كافة العلوم، فيما أصبح يعرف بـ (موس أوكام) وهو ما تصوره البعض كتعبير مجازي يعني التخفيض التدريجي للنظريات المرشحة؛ حتى تصل إلى أبسط صورة وتصبح مباشرة قدر الإمكان، فقط إذا فشلت نظرية ما في الاختبار ننظر في أمر جعلها أكثر تعقيداً إلا إنه الآن أغلب العلماء يفضلون تجنب استخدام مبدأ (Occam's razor) مفضلين اعتباره كأداة للاستدلال فقط.

الاستدلال

يعرف الاستدلال بأنه القوانين غير الصارمة أو القواعد المسلم بها (الاختبار والتجربة) التي يستخدمها الجميع - وليس العلماء فقط - لتوجيه قراراتهم، على سبيل المثال عند تحويل درجة الحرارة من درجة مئوية إلى فهرنهايت فإننا نضاعف القيمة ثم نضيف عليها 32 وينتج قيمة تقريبية، لذا فإن استخدام نهج التجربة والخطأ يعتبر الأكثر شيوعاً في الاستخدام من قبل من العلماء عند حل المشاكل الرياضية أو الهندسية من خلال تجريب

مجموعة من أفضل الحلول الممكنة، حتى الوصول إلى أفضل حل يحقق الدقة المطلوبة، بعض طرق الاستدلال العلمي تشمل مبدأ موس أوكام والملقب بـ (طريقة الفراسة)، حيث أن مشاهدة الكرة المقذوفة في الهواء يعطيك فرصة اتخاذ أفضل قرار للطريقة التي ستلتقطها بها بدلا من محاولة حل المعادلات المعقدة.

الاختزال

طبقاً لمفهوم الاختزال فكل المفاهيم في العلوم يمكن النظر إليها على أنها عبارة عن جزء كبير مكون من المجموع النهائي لأجزاء أصغر حجماً، على سبيل المثال في نظرية الحركة فإن درجة الحرارة تنخفض بسبب التأثير الناتج من تصادم ذرات وجزيئات الغاز مع بعضها البعض، ونظرية الكم يمكن لها أن توضح سلوك الذرات والجزيئات، وفي النهاية نظرية الأوتار ونظرية الاختزال إم يمكنها شرح التأثيرات الكمية.

فكرة الاختزال طرحها الفيلسوف الفرنسي رينيه ديكارت في القرن السابع عشر، والذي كان يعتقد أن الكون مثل الآلة التي يمكن تفكيكها إلى أفعال المكونات العديدة لها. من الملاحظ عند تحقق أكثر استفادة منطقية من مفهوم الاختزال يتحقق ما يعرف بنظريات التوحيد الكبرى، والتي تقوم عليها النظريات الموجودة اليوم.

عكس مفهوم الاختزال هو مفهوم النظرة الكلية الذي يقول بأن أي نظام هو أكبر من مجرد المجموع النهائي للعناصر الداخلة في تكوينه.

الفلسفة الوضعية

ظهرت الفلسفة الوضعية القائمة على اليقين الذي لا يقبل الجدل من خلال الاعتقاد بأن أي قيمة هي فقط ما يمكن إدراكه بالحواس. والصورة الحديثة من هذه الفلسفة تؤمن بأن العلم هو الطريق الوحيد للمعرفة. بعض المشككين يعارضون هذه الفكرة وحثتهم أن هناك مناطق معينة في العلم مثل علم الكون وبعض أفرع نظرية الكم مثل تفسير العوالم المتعددة تعارض فلسفة اليقين، لأنها مختلف عليها حيث أن هذه الأفكار لا يمكن أن تخضع لاختبار التجريب والملاحظة.

عكس الفلسفة الوضعية (الميتافيزيقيا) والتي تعني بدراسة ما وراء العالم أو ما هو خارج إطار الفيزياء التقليدية، والمصطلح يشرح أن هذا العلم يتعامل مع الظواهر التي لا يجد العلماء تفسيراً علمياً لها، وبالتالي يعتبر الكثيرون أن هذا العلم هو محض هراء.

الاستدلال الاستقرائي

المطر يسبب البلل وبالتالي فإن المطر هو البلل، هذا مثال من الاستدلال الاستقرائي - هو محاولة لإيجاد تعميم من خلال ملاحظة معينة، مثلاً عند عمل استطلاع رأي أثناء فترة انتخابات وكانت النتيجة أن نسبة معينة من الناس ستصوت للديمقراطيين وبالتالي فإن ما يناظر هذه النسبة من المجموع الكلي للسكان سيصوت للديمقراطيين كذلك. يستخدم العلماء الاستدلال الاستقرائي في بناء النظريات؛ على سبيل المثال التفاحة تسقط لأسفل، إذن الجاذبية هي قوة جاذبة تجذب الأجسام لأسفل في كل مكان. ولكن إذا تحققنا بنفس الطريقة أن نفس هذا القانون يتحقق في كواكب المجموعة الشمسية فإن ذلك معناه أننا بصدد فقرة نوعية في العلم، حتى الآن المشاهدات الفلكية بينت أن ذلك صحيحاً، في المقابل الاستدلال الاستنتاجي هو استنتاج قائم على المنطق وبالتالي كل ما ينتج عنه سيكون منطقياً بالضرورة (مثال: أ = ب، ب = ج، من هنا نستنتج أن أ حتماً = ج). والاستدلال الاستقرائي قد ينتج عنه بعض المفاهيم المتناقضة التي تحتاج للاختبار العملي لها.

الحوسبة العلمية

صياغة نظرية علمية-إنشاء مجموعة من المعادلات الرياضية التي تصف عملية فيزيائية تحاول وضع نموذج لها هي عملية معقدة للغاية، لكن حل هذه المعادلات المعقدة والحصول على حلول رقمية هو تقريبا مستحيل، مما أدى إلى لجوء أكثر العلماء إلى أجهزة الكمبيوتر لتأدية هذه المهمة الشاقة بالنيابة عنهم، فإعطاء الحاسب مجموعة من الشروط الأولية وترك مهمة فهم هذه الشروط وتحقيقها ثم تحويل الناتج لأرقام له أسهل كثيرا من القيام بهذه العملية على الورق، وكان علماء الفلك من بين الأوائل الذين استخدموا الحوسبة العلمية في تصميم نماذج لعمليات معقدة مثل تكون المجرات وتطور الكون. في

الوقت الحاضر معظم مجالات الدراسة متقدمة بما فيه الكفاية للاستفادة من هذا النهج. حتى أن هناك برامج للحاسبات الآن من شأنها محاولة حل المعادلات الرياضية لك جبريا - بدلا من محاولات الحل المضمنة على الورق من أجل الحصول على أرقام. في عام 1977 أصبح إثبات نظرية الألوان الأربعة أول مسألة رياضية غير عددية كبرى يتم حلها بهذه الطريقة.

التنقيب عن البيانات

من الأسواق الكبيرة التي تقوم بجمع البيانات عن عاداتك الشرائية وحتى صناع الموسيقى المستفيدين من اتجاهات التحميل عبر الإنترنت نجد أن التنقيب عن البيانات - تمشيط قواعد البيانات بحثاً عن معلومات إحصائية - أمر ذو شأن كبير. في الوقت الحاضر يواكب العلماء التطور وأدركوا أن التنقيب عن البيانات يمكن أن يؤدي إلى مزيد من الاكتشافات، قم بوضع خوارزمية تنقيب عن بيانات فضفاضة على معلومات مؤرشفة، ومن يدري ما الصلات الخفية التي يمكن أن تكشفها هذه الخوارزمية والتي يمكن أن تكون الملاحظة البشرية قد أغفلتها؟

على سبيل المثال ربما ينكشف ارتباط ما بين زخات النيازك والثورات البركانية، أو بين كسوف الشمس ونوع الهواء، أو أي شيء غريب آخر قد يعتبر إهماله خيانة للعلم، وكذلك سيقدم الدعم للباحثين من أجل أن يصلوا لآفاق أوسع. بالفعل في مركز رصد أوبسالا بالسويد يستعمل العلماء التنقيب عن البيانات كنظام إنذار مبكر في كشف الآثار الجانبية للعقاقير الطبية. المركز الطبي الذي يحتوي على قواعد بيانات طبية لتعرف ردود الفعل السلبية الناتجة عن أي تأثير دوائي يسمى مركز سلامة الدواء.

الأخلاقيات

مما لاشك فيه أن مع التقدم العلمي الذي نشهده أصبحت أخلاقيات العلم ضرورة ملحة، خصوصا في مجالات مثل الطب والأحياء والصحة، هل من الصواب، على سبيل المثال، تنفيذ بعض التجارب على الحيوانات، أو استنساخ البشر من الخلايا الجذعية، أو إنشاء

أشكال جديدة من الحياة لتنفيذ بعض المهام - مثل ما هو الحال في مجال الأحياء الصناعية الجديد؟ هذه كلها أسئلة يجب على علماء أخلاقيات علم الأحياء تقديم إجابة لها، عن طريق إضافة بعد أخلاق للبحث العلمي حيث أن في السابق لم يكن هناك أكثر من الدافع للاكتشاف.

في المستقبل قد تكون الأخلاقيات أكثر أهمية في تخصصات العلم الأخرى مثل تطوير الذكاء الاصطناعي حتى يقترب من معدل ذكاء الإنسان، وربما تحقيق اتصال مع كائنات فضائية، وتصنيع روبوتات النانو عن طريق الهندسة الجزيئية من شأنها أن تجعلنا نحكم السيطرة على العالم المجهرى، وربما حتى اكتشاف وسيلة لتغيير الماضي من خلال السفر عبر الزمن.

العلم الزائف

العلم الزائف هو أي نشاط يصور بشكل علمي، في حين إنه في الواقع بعيد كل البعد عن العلم في نهجه، الإدعاء بأن هناك أشياء خارقة للطبيعة، مثل مشاهدة أجسام طائرة غير معروفة أو العرافة - مثل قراءة الكف والتنجيم - غالبا ما يكون موسوما بالزيف والدجل.

ربما تخضع بعض هذه المواضيع في بعض الحالات للتحقيق العلمي، فأغلب من يعملون في هذه المجالات يعرضون إدعاءاتهم بصورة غامضة بحيث لا يمكن اختبارها بطريقة موضوعية. على سبيل المثال، مستبصرة ادعت بأن لديها رسالة من شخص ما يدعي جون وسط حضور من 400 شخص (بطريقة إحصائية سيكون على الأقل بينهم 13 شخصا يسمى جون)، الكثير من علماء يعارضون العلم الزائف مؤكدين على إنه يضر بالممارسات العلمية للناس ويدمر قدرتهم على اتخاذ القرار الصحيح الضروري للحياة في المجتمعات الديمقراطية.

الرياضيات البحتة

التدوين العلمي

التجربة الحياتية اليومية تعلمنا طريقة التعامل مع الأرقام اليومية مثل 2، 37، 87. لكن أحيانا الأرقام المستخدمة في العلوم قد تكون خارجة عن النطاق المعتاد، على سبيل المثال، يتناول علم الفلك مقاييس طول غير اعتيادية تمتد لمليارات ومليارات الكيلومترات. في الطرف الآخر من المقياس، الجسيمات الفيزيائية ونظرية الكم ترسم سلوك المادة بمقاييس متناهية في الصغر - الكسور لجزء من المليار من المتر. تعامل العلماء مع هذه الأعداد الكبيرة باستخدام أحد فروع الرياضيات يسمى التدوين العلمي، والذي يعمل من خلال كتابة أرقام أسية من 10 . على سبيل المثال،

100 هي مربع الرقم 10 (10×10) أو 10^2 ، وبالمثل $100,000$ يمكن أن تكتب 10^5 و $500,000,000$ (500 مليون) يمكن كتابتها 5×10^8

الأعداد الصغيرة يمكن التعامل معها بنفس المنوال. واحد من مائة ($1/100$ أو 0.01) يكتب 10^{-2} وكذلك واحد من المليون ($1/1,000,000$ أو 0.000001) يمكن كتابته 10^{-6} وخمسة من العشرة المليار ($5/1,000,000,000$) تكتب 5×10^{-10} وهي طريقة أسهل في التعامل.

البادئات القياسية

التدوين العلمي هو طريقة كتابة علمية أنيقة تختصر الأعداد ذات السلاسل الطويلة من الأصفار، وأن كانت ما زالت تبدو صعبة النظر إليها أحيانا، وبالتالي تكتب الأسس العشرية شائعة الاستخدام على شكل بادئة لفظية، ربما الأقرب إلينا أن نكتب (الكيلو) للتعبير عن $1,000$ - الكيلو متر يساوي 1000 متر، والكيلو جرام يساوي 1000 جرام.

هناك بادئات قياسية أخرى للأعداد الطويلة مثل (الميغا) لكتابة 10^6 والجيغا لكتابة المليار 10^9 ، و(تيرا) لكتابة 10^{12} أو ما يعرف بالتريليون. مثال، محرك القرص الصلب يمكنه تخزين تريليون بايت من البيانات، وفي خلال سنوات قليلة من الآن يمكننا شراء محركات

أقراص صلبة يمكن لها أن تحمل مقداراً كوادريليون 10^{15} من البيانات. توجد بادئات قياسية للأعداد الصغيرة كذلك مثل (المللي) لكتابة 10^{-3} و(المايكرو) لكتابة واحد من المليون أو 10^{-6} و (النانو) لكتابة 10^{-9} أو واحد من المليار وبالتالي فإن تكنولوجيا النانو هي هندسة تعتمد على مقياس في جزء من المليار من المتر وهناك وحدات أصغر مثل (البيكو) أو واحد من تريليون لكتابة 10^{-12} و(الفيمتو) لكتابة واحد من كدريليون 10^{-15} .

الأعداد الأولية

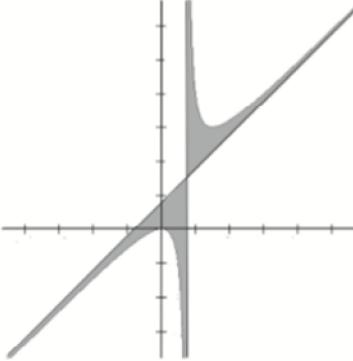
العدد الأولي هو الذي لا يقبل القسمة إلا على نفسه أو الواحد الصحيح مثل 2، 3، 5، 7، 11... إلخ، في الوقت الحاضر لا توجد صيغة رياضية دقيقة يمكن من خلالها معرفة الأعداد الأولية والأعداد المعروفة حالياً تم اكتشافها عن طريق الكمبيوتر بالقوة العاشمة؛ فإيجاد أعداد أولية جديدة ليس بهذه السهولة التي قد يتصورها البعض، حتى الآن عدد خانات أطول عدد أولي معروف هو 13 مليون خانة. وكل عدد صحيح غير أولي ينتج من خلال حاصل ضرب عددين أوليين جديدة تقسيم عدد كبير جداً إلى عناصره الأولية عملية صعبة جداً فهي لا تقل صعوبة عن إيجاد أعداد أولية جديدة، وأصبحت هذه الحقيقة فيما بعد الأساس الذي تقوم عليه عملية الترميز والتشفير. ويأمل علماء الرياضيات في فهم الأعداد الأولية بشكل أعمق من خلال فرضية ريمان.

النسبة الذهبية

اقسم أي خط مستقيم بحيث تكون النسبة بين قيمة الجزء الصغير وقيمة الجزء الأكبر مساوية للنسبة بين قيمة الجزء الأكبر وقيمة الخط المستقيم كله، ستجد أن ذلك يساوي عددياً 1.618 وهو ما يُعرف بالنسبة الذهبية، والتناسب فيها يسر العين حيث تظهر في أعمال الهندسة المعمارية والعديد من الأعمال الفنية الرائعة، بما في ذلك لوحة الموناليزا، وقد بدأ الفنانون في دمج النسبة الذهبية في أعمالهم منذ القرن الخامس قبل الميلاد، بينما درس الفيلسوف إقليدس هذه النسبة رياضياً في العام 300 قبل الميلاد، وتنتج هذه النسبة من متسلسلة فيبوناتشي للأعداد التي تبدأ بالعددين 1، 0 ثم جمعها وجمع الناتج مع آخر رقم

فتصبح 0، 1، 1، 2، 3، 5، 8.. وبالتالي كلما كبرت قيمة هذه الأعداد المتتالية، فإنها تؤدي إلى تحقيق النسبة الذهبية. وتستعمل متسلسلة فيبوناتشي كذلك في علم الأحياء لوصف قيمة عدد البتلات في بعض النباتات المزهرة.

مالانهاية



التحليل المقارب للرسم البياني $y = x^2 / (x-3)$
 السماح لـ x بأن تؤول إلى مالانهاية يجعل كل
 من القمة والقاع عددًا منتهيًا، لكن بتقريب
 الصيغة الرياضية لقيم كبيرة لـ x يظهرها تتجه
 نحو الخط المستقيم $y = x + 3$

عندما يكون عدد ما كبيرًا لدرجة إنه أصبح بلا حدود يشير إليه علماء الرياضيات على إنه غير منته. عند ضرب أي رقم في ما لا نهاية يكون الناتج ما لا نهاية، وأي رقم يقسم على ما لا نهاية- تقطيعه إلى مكونات صغيرة جدًا- يساوي صفرًا. ويرمز إلى ما لا نهاية برمز يشبه شكل الرقم 8 في اللغة الإنجليزية (8) مقلوبًا على أحد جانبيه: ∞ . من الناحية العلمية، ما لا نهاية ليست عددًا وتأثيرها القوي على الأعداد المنتهية، يعني أن إدخالها في معادلة ليس له

معنى. ينبغي على علماء الرياضيات المضي بحذر شديد عند محاولة تحديد سلوك معادلة عندما تصبح متغيراتها كبيرة جدًا. والاتجاه المعتاد الذي يتخذه هو عمل بعض التقريبات التي تبسط المعادلة عندما تصبح المتغيرات كبيرة جدًا. - ويعرف ذلك باسم "التحليل المقارب".

مبرهنة فيرما الأخيرة

الأمر غاية في البساطة، اختر ثلاثة أعداد صحيحة موجبة- ارمز لهم بـ a ، b ، و c - واختر الآن عددًا صحيحًا أكبر من 2- ارمز له بـ n . تقول مبرهنة فيرما الأخيرة إنه ليس هناك مجموعة من a و b و c و n تحقق المعادلة $a^n = b^n = c^n$

وضع هذه المبرهنة عالم الرياضيات بيير دي فيرما عام 1637، وعلى الرغم من إنه يمكن

التحقق من صحتها بوضوح لعدد من الأعداد الصغيرة إلا أن البرهان العام لهذه النظرية والذي يصلح لجميع قيم a و b و c و n لم يظهر حتى عام 1994 عندما دونه أخيراً عالم الرياضيات البريطاني (آندرو ويز).

مبرهنة الألوان الأربعة



طبقاً لمبرهنة الألوان الأربعة فإن أربعة ألوان فقط كافية للتمييز بين جميع الولايات المختلفة على خريطة غرب الولايات المتحدة

لم تكن مبرهنة فيرما الأخيرة هي اللغز الوحيد الذي يبدو سهلاً واحتل تفكير العلماء لسنوات، فهناك لغز آخر هو حدسية الألوان الأربعة التي تقول أن لأي خريطة هناك أربعة ألوان فقط مطلوبة لتظليل كل الأمم المختلفة على الخريطة تظليلاً مختلفاً بحيث لا يكون لأمتين

متجاورتين نفس اللون، وهذه المبرهنة لا تنطبق على الخرائط فحسب بل على أي مستوى ثنائي الأبعاد مقسم إلى مجموعة من المناطق المتداخلة. وقد ظهرت هذه المبرهنة لأول مرة في أدب الرياضيات عام 1853 لكنها لم تثبت إلا عام 1977 من قبل عالمي الرياضيات فولفجانج هاكن وكينيث أبيل. وحتى الآن لازالت الشكوك تحوم حول مدي صحة هذا الإثبات كونه اعتمد على الكمبيوتر. وأحدث دراسة تمت لها عام 2004، ومع هذا تشير إلى أن فولفجانج هاكن وكينيث أبيل أبليا بلاءً حسناً في هذا الصدد.

حدسية بوانكاريه

إذا شددت شريط مطاطي حول السطح الخارجي لكرة تنس. فإنه من السهل أن يقوم الشريط باستمرار بتقليص سطح الكرة لأسفل من دائرة إلى أي نقطة عن طريق سحبه على سطح الكرة. قارن ما فعلته بإعادة نفس التجربة ولكن حول مقبض فنجان قهوة، ثم عقد الرباط على شكل عقدة ستجد أن المقبض لا يمكنه الانكماش عند شد وتحريك الشريط حوله. تكنولوجيا الرياضيات تبين أن سطح كرة التنس وأي سطح كروي آخر ثلاثي الأبعاد اتصال نقاطه ببعضها البعض اتصال بسيط بعكس ما هو الحال مع مقبض فنجان

القهوة حيث أن اتصال النقاط يكون بشكل أكثر تعقيدا. اعتقد عالم الرياضيات هنري بوانكاريه أن الأشكال الكروية رباعية الأبعاد اتصالها أيضا بسيط ولكنه لم يستطع إثبات ذلك. وهذه هي فرضية بوانكاريه التي عرضها على عالم مجتمع الرياضيات عام 1904 ومؤخراً استطاع حل هذه الفرضية عالم الرياضيات الروسي جورجوي بيرلمان في سلسلة من الأبحاث نشرت عامي 2002 & 2003.

فرضية ريمان

طرح عالم الرياضيات الألماني بيرنهارد ريمان فرضيته عام 1859 وهي تشرح بوضوح طبيعة الأعداد الأولية وذلك من خلال إحدي الصيغ الرياضية المعقدة تُعرف بـ دالة ريمان زيتا، لنفرض أي عدد ولنرمز له بـ (s)، يمكن الحصول على ناتج لدالته الزيتا من خلال مجموع كل الأعداد الموجبة والتي نرمز لها بالرمز (n) لـ $(1/n)^s$

افترض ريمان أن كل الأصفار في دالته تقع على خط معرف والذي عرف فيما بعد بفرضية زيتا، وعلى الرغم من أن هذه الفرضية يمكن تحقيقها من خلال الأعداد الصغيرة، فإن زيتا نفسه لم يكن قادرا علي التوصل إلى إثبات عام لصحة فرضيته، وفي حالة تم ذلك، فإن ذلك يعني أننا حققنا تقدماً كبيراً في معرفة خصائص أكثر للأعداد الأولية/ وهذا هو السبب في أن يعرض معهد كلاي للرياضيات في كامبريدج، ماساشوستس جائزة \$ 1000000 إلى أي شخص يمكن أن يأتي ببرهان قاطع.

نظرية عدم الاكتمال لجوديل

أنشأ هذه النظرية عالم الرياضيات الاسترالي كورت جودل عام 1931، وهي توضح كيف أن هناك مسائل في علم الرياضيات لم يستطع علم الرياضيات نفسه إجابتها، أثبت جودل نظريته من خلال تطوير مفارقة (إمبيندس) والتي سميت على اسم الفيلسوف اليوناني (إمبيندس) في القرن الخامس قبل الميلاد، هذه المفارقة جل رأس مالها عبارة (هذا الكلام خطأ) وإذا كان الكلام خطأ فعلا من الأساس فعليه أن يقول هذا (هذا صحيح أن هذا الكلام خطأ) بينما إذا كان الكلام صحيحا وقال هو خطأ فعليه تقديم البرهان على خطأه.

وبالتالي المتناقضة لا وجود لحل لها.

وضع جودل صيغة رياضية ذاتية المرجع توضح أن الصيغة نفسها غير قابلة للإثبات. إذا كانت الصيغة قابلة للإثبات فإن الصيغة نفسها خاطئة بالتأكيد؛ لكن إذا كان الأمر كذلك، إذن تكون قوانين الرياضيات قد أثبتت صحة شيء هو في الواقع خطأً. بفرض أن قوانين الرياضيات المتسقة ذاتياً من المستحيل أن تسمح بذلك، بالتالي لا بد من وجود حقائق رياضية غير قابلة للإثبات باستخدام علم الرياضيات. ولا تزال المبرهنة نتيجة أساسية في نظرية المنطق وفلسفة علم الرياضيات.

علم الرياضيات التطبيقية

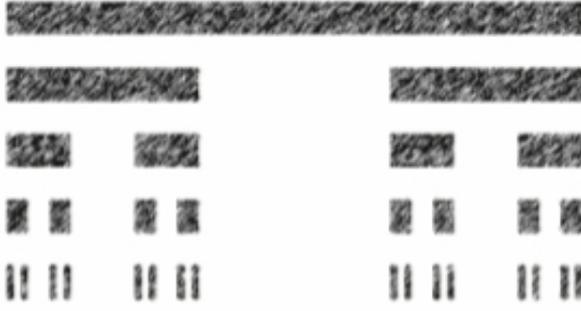
نظرية الفوضى

الفوضى هي الظهور العنيف لسلوك غير متوقع من قوانين فيزيائية راسخة وبسيطة فيما يبدو، والفوضى هي إحدى السمات المباشرة للعالم حولنا تظهر فجأة بشكل جديد مثل: نظرية الكم، والفضاء، والاقتصاد بالإضافة إلى الطقس، بل وحتى توقيت الصنبور الذي يسرب قطرات الماء.

على الرغم من العشوائية الظاهرية للفوضى إلا أنها ظاهرة مرتبة جداً، وتتسبب فيها الحساسية المفرطة لنظام فيزيائي ما لحالته الابتدائية، بمعنى أن الاختلافات الطفيفة في الحالة الابتدائية يتم تكبيرها أثناء تطور النظام، وتظهر بشكل غير متوقع لأنه ليس في استطاعتنا قياس الحالة الابتدائية للنظام بدقة كافية، وهذا يفسر جزئياً سبب الصعوبة البالغة للتنبؤ بالطقس.

الكسيريات

يفصل علماء الرياضيات الفوضى عن العشوائية باستخدام ما يسمى "صورة فضاء الطور" - وهو رسم يوضح كيفية تطور النظام مع الزمن بدءاً من حالته الابتدائية. يبحث العلماء عن المناطق الموجودة في صورة فضاء الطور والتي تتقارب فيها مسارات تطويرية من عدة حالات ابتدائية، وهي مناطق تُعرف باسم "الجواذب".



في البندول البسيط، فضاء الطور هو مجرد رسم لموضع البندول مع سرعته، ويكون الجاذب عبارة عن دائرة، لكن بزيادة تعقيد النظام يصبح شكل الجواذب أكثر تعقيداً.

للأنظمة الفوضوية جواذب كسيرية، والكسيريات هي أشكال غير متصلة ببعضها البعض والتي لها نفس المظهر حتى عند رؤيتها على أكثر من مقياس طول مختلف؛ بنيتها المعقدة تضيي وهم عشوائية النظام. ونحصل على أبسط الكسيريات عن طريق إزالة الثلث الأوسط من خط مستقيم ثم تكرار العملية لا نهائياً على كل قطعة متبقية. تصنف الجواذب الكسيرية باستخدام عدد يسمى "بعد الكسير"، والذي يكشف عن مستوى الفوضى الموجود في النظام.

نظرية الكارثة

ترتبط نظرية الكارثة ارتباطاً وثيقاً بنظرية الفوضى التي تنشأ عن طريق تغيرات عشوائية غير منتظمة الحدوث ناتجة عن أسباب صغيرة ومختلفة وناعمة، وأبسط مثال لوصف ذلك هو زيادة تدريجية لوزن معلق على طرف حبل، ستجد أن الحبل باستمرار يشد لأسفل في استجابة لزيادة الوزن الواقعة على طرفه، وأخيراً تأتي إلى القشة التي قصمت ظهر البعير - زيادة صغيرة في الوزن والحبل ينقطع فجأة. أحداث مفاجئة صارت بسبب أسباب صغيرة ومستمرة. نقطة اللاعودة عندما يصبح ذلك السبب قادراً على إحداث الكارثة وهي ما تعرف بـ (نقطة التحول)

طور عالم الرياضيات الفرنسي رينيه ثوم نظرية الكارثة في الستينات من القرن الماضي، وتطبق هذه النظرية على عدة ظواهر طبيعية حدثت بالفعل في العالم مثل الإنهيارات الصخرية، وانتشار الأمراض، وتغير المناخ.

نظرية القيمة العظمى

هي أحداث في الصورة القصوى لها من شأنها تغيير أي سلوك جديد إلى اضطراب، سواء كان ذلك فيضانا من موجات مد وجزر غير مسبوقه أدت إلى غرق منشآت مائية دفاعية أو مصيبة تحدث في بنك بسبب سقوط مدوي في سوق الأسهم.

نظرية القيمة العظمى (ن.ق.ع) هي فرع من الرياضيات يتعامل مع المرجح من الأسباب التي أدت إلى وقوع الحدث في أقصى صورة له، في وسط نظرية القيمة العظمى يوجد ما يسمى توزيع القيمة؛ التوزيع يعطي الاحتمال الأكثر ترجيحاً لأكثر وأقل قيمة في أي سلسلة من الأعداد المتتالية، بعبارة أخرى، في هذه السلسلة، الاستناد يكون على أساس أدلة سابقة، لذا فعلى سبيل المثال، أي بيانات سابقة موجودة عن ارتفاعات المد ستعطي القدرة على التنبؤ بأقصى ارتفاع وصل إليه المد في المنطقة، مما سيجعل المخططين قادرين على إنشاء منشآت مائية دفاعية بتكلفة معقولة ومرتفعة بما فيه الكفاية بحيث تتحمل أقوى الأعاصير التي من الممكن أن تحدث، وليست مرتفعة زيادة عن الحد المطلوب وإلا سيُعتبر ذلك إهداراً للمال.

أنشأ عالم الرياضيات الألماني إميل يوليوس جامبل منظمة (ن.ق.م) عام 1958 واستخدمت بياناتها مؤخرًا في التنبؤ بأقصى سرعة يمكن أن يصل إليها إنسان في سباق 100 متر وكانت الإجابة في زمن مقداره 9.51 ثانية.

نظرية العالم الصغير

ربما لعبت يوماً ما لعبة كيفن بيكون - حيث تُعطى اسماً ما لممثل، ثم يتوجب عليك ربطه بكيفن بيكون عن طريق التوصل إلى الأعمال التي شاركها معاً، وعمل ذلك في أقل عدد من الخطوات، على سبيل المثال، ميشيل فايفر على بعد خطوتين: فهي شاركت جاك نيكلسون العمل في وولف، والذي بدوره كان في "عدد قليل من الرجال جيد" مع كيفن بيكون هذا الترابط هو وجه من وجوه ما أصبح يعرف باسم نظرية العالم الصغير. علماء الرياضيات يعتقدون أن هناك شبكة صغيرة في كل أنحاء العالم من ستة خطوات تشمل كل الناس على الأرض والمقدر عددهم بـ 6.8 مليار نسمة - للشرح بعبارة أخرى، كل

فرد على الأرض يمكن له أن يتصل بشخص آخر من خلال قوائم الاتصال الخاصة بهم، فقط في ستة خطوات. هذا هو أصل عبارة "ستة خطوات فاصلة"

الشبكات العالمية الصغرى تقوم على أساس أن عدد صغير القيمة يساوي عدد الروابط طويلة بين الأشخاص، لذا، مثالا، لو كنت تعيش وسط دائرة من الأصدقاء المحليين، وكان لديك صديق واحد يعيش في كاتماندو، فهذا الرابط طويل المسافة سيربط بينك وبينه وبين جميع أصدقائه النيباليين، وكذلك معارفك المحليين.

مسألة البائع المتجول



أقصر مسار حول أكبر خمسة عشرة مدينة في ألمانيا

إليك لغزًا. هناك بائع عليه الانتقال من موطنه إلى عدد من المدن، وفي كل مدينة سيتوقف لبيع منتجات قبل أن ينتقل إلى المدينة التالية، وبعد زيارة كل المدن سيصبح له حرية العودة إلى وطنه مجددًا، ما هو أقصر مسار يتجول فيه بين المدن جميعًا (دون ترتيب محدد) ثم يعود إلى وطنه؟

بالنسبة لعدد صغير من المدن تكون المسألة سهلة نسبيًا، في الواقع، إذا لزم الأمر، يمكن حلها باستخدام القوة العاشمة، ببساطة بجمع المسافة

المقطوعة على طول كل الطرق الممكنة، ثم اختيار أقصرها، لكن مع ازدياد عدد المدن تصبح المسألة أصعب بشكل غير متكافئ. وبصفة عامة، لعدد (N) من المدن بالإضافة إلى موطن البائع يعطى عدد المسارات الممكنة بالعلاقة: $N \times (N - 1) \times (N - 2)$ حتى نصل إلى 1. وبالتالي إذا كانت $N = 10$ فسيكون هناك 3.6 مليون مسار مختلف نختار من بينهم.

ليس هناك حل عام لمسألة البائع المتجول بعد- الحلول الموجودة هي عند قيم صغيرة لـ (N) لكنها تفشل جميعًا عندما تصبح (N) كبيرة. مسألة البائع المتجول ليست حكرًا على النقل فقط ؛ فهي تظهر في مجالات أخرى متنوعة مثل تصميم الرقائق الدقيقة، وتتابعلوغاريتيمات الجينات. (gene sequencing)

نظرية الألعاب

من ألعاب الورق وحتى الحملات العسكرية أو أي سعي تنافسي مصحوب بمنفعة واضحة للفائز يمكن تحليله باستخدام أحد فروع الرياضيات والذي يُعرف باسم نظرية الألعاب. تعمل هذه النظرية عن طريق مقارنة كل الاستراتيجيات المتاحة لأحد اللاعبين ضد كل الاستراتيجيات الممكنة التي قد يتبناها خصمه (أو خصمها) ثم تحديد قيمة عددية تعرف باسم المكاسب (pay-off) لكل منهم، ثم بعد ذلك يرشد اللاعب الأذكي رياضياً إلى اتباع الاستراتيجية ذات المكسب الأعلى.

ظهرت نظرية الألعاب لأول مرة في العشرينيات، وكانت محصورة في تناول ما يعرف باسم "ألعاب المجموع الصفري" - التي فيها تتحقق مصلحة الربح على حساب الخاسر، وفيما بعد امتدت النظرية لتشمل "ألعاب المجموع غير الصفري" التي تعكس مواقف الحياة الحقيقية بشكل أكثر دقة. ويستخدم هذه النظرية حالياً علماء الاقتصاد، والاستراتيجيون السياسيون وحتى علماء الأحياء في دراستهم للتطور - لتفسير سلوك الكائنات الحية المتنافسة.

معياري كيللي

معياري كيللي هو صيغة يستخدمها لاعبو القمار لحساب النسبة المثلى من المال الذي يقامرون به عندما يكونون ملتزمين بحد معين، لنفرض أن المقامر قد عرض عليه احتمالات مالية بمقدار $1/2$ في المقامرة الواحدة - يعني أن لكل دولار يقامر به يحصل على 2 دولار في حاله فوزه.، ولنفرض أيضاً أن المقامر يعلم أن لديه بالفعل فرصة ربح مقدارها 50% بالتالي سيخسر دولارًا واحدًا في نصف الوقت لكن في النصف الآخر سيربح 2 دولار، وهو مقيد بحد، لكن ما مقدار المال الذي يجب أن يقامر به؟

من الواضح أن المقامرة بهاله كله هو ضرب من الحماقة لأن هناك احتمال 50% للخسارة، وفي هذه الحالة سيفلس، والمقامرة بمبلغ ضئيل أيضاً ليس بالشيء الصحيح عندما تكون الاحتمالات في صالحه. ويقول معياري كيللي الذي صاغه عالم الرياضيات الأمريكي چون كيللي عام 1956 إنه إذا كانت الاحتمالات المالية في المقامرة الواحدة تساوي $b/1$ واحتمال

الفوز بالمقامرة هو p فإن المقامر يجب أن يخاطر بجزء من أمواله مساوياً $(b \times p) = p - 1$ مقسوماً على b . بالنسبة للمثال الذي أوردناه $p = 0.5$ و $b = 2$ وبالتالي يجب على المقامر أن يقامر بربع نقوده.

المعلومات

البيانات الثنائية

يتم تخزين البيانات على القرص الصلب لجهاز الكمبيوتر الخاص بك في شكل تيار من الأحاد والأصفار الثنائية، وهي الطريقة التي تستخدمها الأنظمة الإلكترونية في ترميز المعلومات - باستخدام مفاتيح ميكروسكوبية في أحد وضعين، وضع الإيقاف (0)، ووضع التشغيل (1).، وكل مفتاح داخل الكمبيوتر يستطيع تسجيل خانة ثنائية مثل ذلك أو "بت" (bit) من المعلومات؛ ويمكن دمج عدة بتات معاً لتكوين بايت (byte) لها القدرة على تخزين أكثر من 1، على سبيل المثال 2 بت تمثل بايت يمكنها تخزين أي عدد من 0 إلى 3، وهنا يمثل العدد 3 عن طريق جعل الـ 2 بت في وضع التشغيل، والعدد 2 تكون فيه البت الأولى في وضع التشغيل والأخرى في وضع الإيقاف، والعدد 1 تكون البت الثانية له في وضع التشغيل والأولى في وضع الإيقاف، أما العدد صفر ففيه الـ 2 بت في وضع الإيقاف.

في أجهزة الكمبيوتر نظام الـ 8 بت تتكون كل بايت من 8 بت مستقلين ويمكنها تخزين أي عدد من صفر إلى 255. وقد ورد ذكر نظام الأعداد الثنائي لأول مرة في كتابات العالم الهندي (بينجالا) في القرن الخامس قبل الميلاد، ولم يظهر في الغرب حتى ظهور أعمال عالم الرياضيات الألماني جوتفريد ليبنيز في القرن السابع عشر.

نظرية المعلومات

نعتمد جميعاً على المعلومات، سواء كان ذلك في تيار البيانات التي تصل إلى جهاز التلفزيون الخاص بك، وتدقق البيانات الثنائية على جهاز الكمبيوتر الخاص بك أو الإشارة الموجهة إلى الهاتف المحمول الخاص بك.

يطلق على الدراسة الرياضياتية لكيفية تخزين المعلومات وبثها ومعالجتها اسم نظرية المعلومات، وهي نظام رائده هو مهندس الإلكترونيات الأمريكي كلود شانون في أواخر الأربعينيات، ويشمل الأنظمة الحساسة مثل تصحيح الخطأ، وإتاحة تحليص الإشارات من وسط التشويش والتداخل، وضغط البيانات الذي يمكننا من ضغط الملفات ذات البيانات الضخمة من أجل الحصول على تخزين وإرسال عالي كفاءة. نظرية المعلومات نظرية رئيسة في تطوير مجالات مثل الحوسبة، والتشفير، وعلم بيولوجيا الأعصاب بل وفيزياء الثقوب السوداء- التي تؤدي إلى فكرة الكون الهولوجرامي.

ضغط البيانات

ضغط البيانات هو وسيلة لإرسال وتخزين كميات كبيرة من المعلومات بكفاءة، ومن الأمثلة البسيطة: ملف صورة على جهاز كمبيوتر؛ وإذا كان لمساحة كبيرة من الصورة نفس اللون فبالتالي ستأخذ مساحة تخزينية أقل كثيرًا لتحديد أبعاد المساحة والألوان من المساحة التي ستؤخذ لتحديد لون كل بكسل منفردًا.

لضغط البيانات نوعان- تام، ومنقوص. ضغط البيانات غير المنقوص لا يسمح بتسويات في دقة البيانات المضغوطة- إذا قمت بإنشاء ملف مضغوط لمستند لترسله عبر البريد الإلكتروني، فسيصل للمستلم ما وضعته في الملف تمامًا، وهذا يسمى ضغط تام. على صعيد آخر، يعمل الضغط المنقوص بحذف بعض أجزاء ملف البيانات. فملفات الموسيقى (MP3) تستخدم ضغط البيانات المنقوص؛ فهي عادة تستغل 1/11 من المساحة التي يشغلها مقطع صوتي عالي الدقة وتعمل عن طريق إهمال الأصوات التي تكون الأذن البشرية أقل حساسية لها.

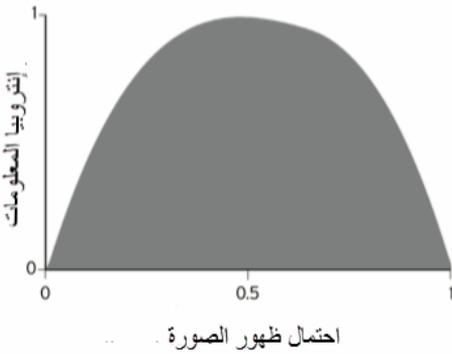
إنتروبيا المعلومات

ترتبط الإنتروبيا في نظرية المعلومات بفكرة الإنتروبيا في الديناميكا الحرارية، لكن في الوقت الذي تحدد فيه الكمية الديناميكية الحرارية درجة الفوضى في النظام تشير إنتروبيا المعلومات إلى الشك في المتغير العشوائي، وكلما زاد الشك زادت الإنتروبيا، فعلى سبيل

المثال، العملة التي ضببت بحيث تظهر صورة في كل رمية لها إنتروبي يساوي الصفر بينما العملة العشوائية تمامًا فلها إنتروبيا تساوي 1 بت- يمكن أن تظهر أما صورة أو كتابة، وهو ما يناظر صفر أو 1 في البيانات الثنائية.

طرح المبدأ للمرة الأولى أبو نظرية المعلومات (كلود شانون) الذي لاحظ ظهور كمية في نظريته بدت من الناحية الرياضياتية مشابهة جدًا لتعريف إنتروبيا الديناميكا الحرارية في الميكانيكا الإحصائية. في الواقع يمكن التفكير في إنتروبيا الديناميكا الحرارية على أنها كمية المعلومات المطلوبة لتحديد حالة كل جسيم من جسيمات المادة في النظام تحديدًا كاملا، وتسخين النظام يمكنه من شغل حالات طاقة أعلى مما يزيد من عدد الحالات الممكنة التي يمكن للجسيم أن يكون فيها- وهو سبب ارتفاع الإنتروبيا مع درجة الحرارة. أن إنتروبيا المعلومات تضع حدودًا على ضغط البيانات غير المنقوص.

تصحيح الخطأ



هل نسيت ذات مرة أن تعيد قرصًا مضغوطًا ما إلى حافظته بعد استخدامه فأصبح مخدوشًا بشدة نتيجة لذلك؟ هناك فرص لأن يعمل القرص جيدًا على الرغم من وجود الخدوش وهذا كله يرجع إلى أكواد تصحيح الخطأ، وهي في الأساس خوارزميات لبرمجيات لها القدرة على التحقق من وجود

تشويش أو تداخل في تيار من البيانات، ثم تقوم بتصحيحه، ويمكنها أن تعمل بعدد من الطرق، إحداها لصق سلسلة من المعلومات المعروفة وجعلها تيار بيانات؛ وقياس الأخطاء الموجودة في هذه السلسلة يخبر المتلقي كيف يمكنه تصحيح البتات الأخرى الموجودة في التيار. يستخدم تصحيح الخطأ أيضًا في قارئات باركود الأسواق الكبرى، فهو يمكن هذه القارئات من قراءة الباركود- حتى وأن كان على أكياس مقطعة لرقائق البطاطس (الشييس).

علم الميميات

مقاطع اليوتيوب الشهيرة، والنكات المضحكة، وصور المشاهير في مواقف محرجة تشارك في شيء ما- أنها أمثلة "للميميات"، و(الميم) هي قصاصات المعلومات التي نشعر بالحماس تجاه نقلها ومشاركتها، وهذا المعنى لا تكون الميميات خاضعة لسيطرة أحد- فهي تنتشر عبر الإنترنت أو شفهيًا عن طريق الناس، وقد اشتق هذا المصطلح من كلمة جين (gene)، وهو الاسم الذي يطلق على حزم المعلومات الوراثية المكتوبة في الحمض النووي للكائنات الحية. أن علم الميميات لها ارتباط مناسب بالانتخاب الطبيعي، حيث يؤكد الانتخاب الطبيعي لدارون أن الجينات الأنسب هي فقط التي تنجو، هناك عملية ميمية مشابهة تعطي طول العمر للنكات الأكثر فكاهة، ومقاطع الفيديو الأفضل، وهذه التوازنات بين التطور ونظرية المعلومات يستشهد بها كأمثلة على (إيكولوجيا المعلومات) أورد ذكر الميميات لأول مرة عالم الأحياء ريتشارد دوكينز في كتابه "الجين الأناني" (The Selfish Gene) ثم تطورت الفكرة أكثر على يد عالمة النفس سوزان بلاك مور، وتشكل هذه الميميات أساس حملات التسويق الفيروسية- التي فيها تقوم الشركات بتضمين الإعلان خلال ميم سريع الانتشار.

علم التشفير

التشفير هو علم ترميز المعلومات، بحيث يعجز المنتصتون الذين يعترضون رسالة مرسلة ما عن تفسيرها، وهذا لا يعني أنهم لن يتمكنوا أبدًا من فك شفرتها؛ فهناك أعداد قليلة من الأكواد التي لا يمكن فكها مطلقًا. وربما يكون أشهر فريق من مفككي الشفرات هو الفريق البريطاني تحت قيادة عالم الرياضيات اللامع الآن تورنج الذي فك لغز الشفرة الألمانية في الحرب العالمية الثانية.

يطلق على الشكل الشائع للكود الحديث اسم تشفير المفتاح العام، وتعتمد حمايته على صعوبة تحليل الأعداد الكبيرة إلى عواملها الأولية حيث يختار المرسل عددين أوليين كبيرين ويقوم بضرهما؛ وهذا العدد الذي يطلق عليه "المفتاح" هو كل ما يلزم لتشفير رسالة ما، ويبث المفتاح علنًا إلا أن فك شفرة الكود تتطلب معرفة كلا العاملين الأوليين.

أن تحليل الأعداد الأولية الكبيرة إلى عواملها هو أمر يتجاوز عالم الكمبيوتر في الوقت الحالي، لكنه من المحتمل أن يكون ممكناً في عصر الحوسبة الكمية القادم.

اتصالات الكم

في عام 1984 بيّن الباحث شارلز بينيت في (IBM) والباحث جيليس براسارد من جامعة مونتريال أن غرابة نظرية الكم يمكن أن تستخدم في بناء نظام اتصالات آمن تماماً من تصنت المتصنتين. أن ما تخيله (بينيت) و(براسارد) كان نوعاً من التشفير، حيث تقوم المرسلّة آليس بإرسال مفتاح تشفير خاص إلى المتلقي بوب عن طريق ترميز بتات من البيانات الثنائية - آحاد وأصفار - باستخدام استقطاب فوتونات الضوء.

لدى آليس مجموعتان مختلفتان من مرشحات الاستقطاب لترميز الآحاد والأصفار خاصتها وتقوم بتدوين أيها تم استخدامه لكل فوتون، وكل مرشح يمكنه وضع الفوتون في حالة استقطاب. موافقة أما لـ 1 أو 0، ولدي بوب نفس المرشحات، ويختار اختياريًا عشوائيًا المرشح الذي يستخدمه لقياس الفوتون - استخدام المرشح الخطأ يجعل القياس يعطي نتائج ليس لها معنى - ثم يتصل بوب تليفونيًا بآليس ويخبرها تسلسل المرشحات التي استخدمها دون أن يخبرها بقيم البتات الفعلية التي قام بقياسها، وأليس بدورها تخبر بوب بتتابع المرشحات التي استخدمتها ثم بعد ذلك يستخدمان كمفتاح لهما قيم البتات المتوافقة مع الفوتونات التي استخدمها لها نفس المرشح، والمتنصت الذي يحاول قياس الفوتونات في طريقها سيتداخل معها حتمًا خلال مبدأ عدم التأكد، وسيلاحظ بوب وأليس ذلك عندما يقومان بمقارنة اختيارهما من المرشحات، وفي هذه الحالة يهملان هذا المفتاح ويبدآن من جديد.

التشفير الكمي هو جزء من مجال معلومات الكم الواسع الذي يضم أيضًا الحوسبة الكمية، والألعاب الكمية.

إدمان المعلومات

في فبراير من عام 2007 توفي رجل صيني في السادسة والعشرين من عمره بعد قضاء سبعة

أيام متواصلة على جهاز الكمبيوتر في لعب ألعاب عبر الإنترنت - لم يتركه إلا للذهاب إلى دورة المياه، أو أخذ غفوات قليلة - يطلق (نيم بوستروم) من معهد مستقبل الإنسانية بجامعة أوكسفورد على ذلك اسم "إدمان المعلومات". كل ما يهم مدمنو المعلومات هو الحصول على جرعة البيانات عبر الإنترنت مثل لعبة "World of Warcraft" أو "الحياة الأخرى" (Second Life).

يشبه بوستروم ذلك بنهمنا التطوري نحو الأطعمة الغنية بالدهون أو السكريات، أو المواد الغذائية التي كانت نادرة قبل ذلك لكنها موجودة بوفرة الآن - وهي حقيقة استغلتها صناعة الأغذية لصنع وجبات خفيفة تسبب الإدمان بشدة لدرجة أن البعض يستهلكها بكثرة بدلا من اتباع نظام غذائي متوازن، وبالمثل يقول بوستروم أن لدينا بيئات عبر الإنترنت أكثر تركيزًا وتحفيزًا من العالم الحقيقي وهذا يصبح إدمانًا عند البعض.

الحوسبة

الخوارزميات

الخوارزمية هي تسلسل محدود من التعليمات التي يمكن استخدامها من أجل حل مشكلة ما، وهي تشكل شجرة اتخاذ قرار خطوة بخطوة، والتي تخبر الإنسان أو الكمبيوتر بما يجب فعله في الخطوة التالية من أجل حل المشكلة. الخوارزمية البسيطة لحل مشكلة التأكد من أن غرفة ما مضاءة يمكن أن يكون:

- 1- هل الغرفة مضاءة (نعم/ لا)؟ إذا كانت الإجابة "لا" اذهب إلى 2، وإلا اذهب إلى 3.
- 2- اضغط على مفتاح الإضاءة.
- 3- توقف

لكن الخوارزميات موجودة لحل مجموعة واسعة معقدة من المهام، وكل برمجية من برمجيات الكمبيوتر لها في قلبها خوارزمية تخبر الكمبيوتر ما يجب فعله في كل حدث من الأحداث التي يمكن تحملها، وغالبًا ما يعبر عن الخوارزميات باستخدام ما يسمى "خرائط التدفق". وصف مرئي لعملية اتخاذ القرار التي تبين كل خطوة على شكل صندوق يرتبط بالصناديق

الأخرى من خلال الأسهم، وفي بعض النواحي، يمكن وصف الخوارزميات على أنها عكس الاستدلال.

آلة تورينج

آلة تورينج هي آلة ميكانيكية افتراضية طرحها عالم الرياضيات البريطاني وأبو الحوسبة الحديثة "الآن تورينج" في عام 1936، حيث تستخدم شريطاً طويلاً يعمل كذاكرة لها، وينقسم هذا الشريط إلى خلايا تحمل كل منها رمزاً واحداً يمكنه تشفير معلومة.

آلة تورينج عبارة عن مجموعة نهائية من الحالات، وتتكون كل حالة من مجموعة من التعليمات حول ما يجب القيام به بعد ذلك وفقاً للرمز الموجود في الخلية الذي يعمل عليه الجهاز حالياً. وتأخذ هذه التعليمات شكل "غير الرمز x إلى الرمز y"، و"حرك الشريط ثلاث خلايا إلى اليسار، و"غير الآلة من الحالة 1 إلى الحالة 2"، وهكذا. وقد أوضح "تورينج" أن آله قادرة على حل أي مشكلة رياضية، لها خوارزمية معرفة تعريفاً جيداً لكن على عكس ذلك، هناك مسائل معينة تكون غير قابلة للحوسبة.

أجهزة الكمبيوتر التناظرية

قبل ظهور الإلكترونيات الرقمية، كانت أجهزة الكمبيوتر التي تعمل باستخدام المكونات الميكانيكية والبصرية وغير الرقمية لحل المسائل الرياضية، يطلق عليها أجهزة الكمبيوتر التناظرية. فعلى سبيل المثال، يمكن لجهاز الكمبيوتر الميكانيكي أن يستخدم ترتيباً معقداً من التروس والروابط، فإذا أخذت ترساً ذو 45 سنناً، وقمت بإدماجه مع ترساً آخر ذو 9 أسنان، يصبح لكل دوران من التروس الكبيرة، دوران التروس الأصغر خمس مرات، وهذه هي طريقة تعبير الجهاز عن $5 = 9/45$. وقد استخدمت المدفوعات وقاذفات القنابل أجهزة الكمبيوتر الميكانيكية لحساب المسارات أثناء الحرب العالمية الثانية، وحتى الستينيات، ظل الطلاب يستخدمون المسطرة المتزلقة بدلاً من الآلات الحاسبة الإلكترونية.

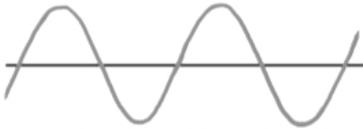
ويعتبر أقدم جهاز كمبيوتر فلكي تناظري هو جهاز أنتيكيثيرا Antikythera mechanism الذي يعود تاريخه إلى القرن الثاني قبل الميلاد، قد عثر عليه في حطام قبالة سواحل اليونان،

ويُعتقد إنه قد استُخدم في الحسابات الفلكية. وقد أفسحت أجهزة الكمبيوتر التناظرية الطريق لأجهزة أسرع وأكثر كفاءة مع ظهور أجهزة الكمبيوتر الرقمية في الأربعينيات.

المنطق

يعتبر المنطق الاستنتاجي والاستقرائي من فروع ما يسمى علم الاستنتاج. حيث طوّر الفيلسوف الإنجليزي "جورج بول" في القرن التاسع عشر، نظرية رياضية للمنطق والتي أثبتت أهميتها في تطور علوم الكمبيوتر بعد ما يقرب من مائة عام. وقد مكّن المنطق البوليني وصفاً رياضياً للعمليات مثل "و" و"أو"، حيث تأخذ هذه البوابات المنطقية اثنتين من إشارات الإدخال الثنائية، وتعطي ناتجاً ثنائياً واحداً. على سبيل المثال، تعطي بوابة "و" مخرجاً قيمته المنطقية "1"، عندما يكون المدخلان كلاهما قيمته المنطقية "1"، وتعطي ناتجاً "صفر" في بقية الوقت. بينما تعطي بوابة "أو" قيمة منطقية "صفر"، عندما يكون المدخلان كلاهما قيمته المنطقية "صفر"، وتعطي ناتجاً قيمته "1" في بقية الوقت.

وتوجد بوابات منطقية أخرى وهي العناصر الأساسية لمعالجة المعلومات، وتمكين الحواسيب الرقمية من اتخاذ القرارات. فعلى سبيل المثال، يمكن برمجة حاسوب لتشغيل نظام التدفئة في مكتب فقط عندما تنخفض درجة الحرارة أقل من 13 درجة مئوية، وخلال ساعات العمل.



أجهزة الكمبيوتر التناظرية تنقل المعلومات على هيئة موجات متصلة



أجهزة الكمبيوتر الرقمية تنقل البيانات على هيئة نبضات غير متصلة، (وضع التشغيل أو الإيقاف) تمثل أصفار و أحاد البيانات الثنائية

أجهزة الكمبيوتر الرقمية

بُنِيَ العملاق (colossus) أول كمبيوتر إلكتروني رقمي في العالم في محطة أبحاث مكتب البريد بلندن في إنجلترا عام 1943. تتعامل الإلكترونيات التناظرية مع إشارات كهربية متصلة في طبيعتها بينما تنتج الأجهزة الرقمية وتسجل قفزات غير متصلة للجهد الكهربائي - هو مثالي لتسجيل أحاد البيانات الثنائية

وأصفارها، وقد عمل (colossus)، والأجهزة الإلكترونية الرقمية الناشئة وقتها باستخدام مكونات كهربية تسمى (الصمامات المفرغة) من أجل تحويل التيار الكهربائي بطريقة تسمح بتنفيذ العمليات المنطقية البسيطة.

وقد قاد ظهور أشباه الموصلات في عام 1941 إلى اختراع الترانزستور - مفاتيح إلكترونية حلت سريعاً محل الصمامات الضخمة المهشة ذات الكفاءة القليلة.

تم تشغيل أول جهاز كمبيوتر ترانزستوري في جامعة مانشستر بإنجلترا عام 1953، لكن حدثت ثورة أكبر في عالم الكمبيوتر باختراع الرقائق الدقيقة.

الرقائق الدقيقة

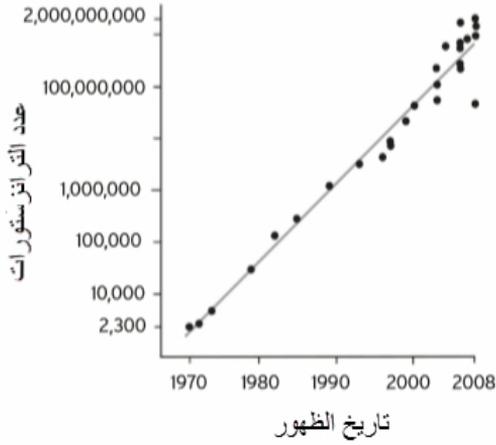
في عام 1958، اخترع جاك كيلبي، من شركة التكنولوجيا الأمريكية تكساس إنسترومنتس شيئاً من شأنه أن يحدث ثورة في عالم أجهزة الكمبيوتر الرقمية، وتغيير العالم إلى الأبد ألا وهو الرقاقة الدقيقة، وهي رقاقة من مادة شبه موصلة مثل السليكون أو الجرمانيوم مطبوعة مع مواد كيميائية أكالة لتكوين دائرة كهربية مصغرة مستقلة - بالتالي يكون الاسم البديل للرقائق الدقيقة هو الدوائر المتكاملة.

الرقائق الصغيرة باستطاعتها احتواء العديد من مكونات الترانزستور مما أتاح لأجهزة الكمبيوتر - التي كانت تشغل حجم غرفة - أن تنقلص لحجم قريب من حجم الطابعة الكبيرة التي يمكن وضعها على مكتب. توفرت أجهزة الكمبيوتر الدقيقة لأول مرة في الأسواق في أوائل السبعينيات، وقد أدت الرقائق الدقيقة إلى بداية تصغير الإلكترونيات، وهي الآن تدخل في كل شيء فعلياً من الهواتف الخلوية وحتى مركبات الفضاء.

قانون مور

في عام 1965 لاحظ جوردن مور أحد الشركاء المؤسسين لشركة تصنيع الرقائق الدقيقة الأمريكية (إنتل) اتجاهًا مثيرًا - الرقائق الدقيقة تصبح مضغوطة أكثر فأكثر، وبالتحديد كان عدد الترانزستورات التي يمكن وضعها على رقاقة واحدة ذات حجم محدد يتضاعف تقريباً كل عامين، وبالأخذ في الاعتبار ليس عدد الترانزستورات فحسب بل أيضاً الزيادة

التدرجية في جودتها، التي تحولت إلى مضاعفة أداء الرقاقة مرة كل 18 شهر وأصبح هذا ما يعرف باسم (قانون موري)، وما زال ذلك يحدث؛ ففي عام 2007، كان في استطاعة الرقاقة الدقيقة ذات التكلفة المنخفضة أن تشمل مليارات الترانزستورات، وكل منها



صغير لدرجة إنه يمكن وضعه على سطح خلية دم، لكن هذا التصغير المستمر لا يمكن أن يستمر إلى الأبد، ففي نهاية المطاف ستبدأ الترانزستورات على الرقاقة في الاقتراب من حجم الذرة، وهنا تقف الطبيعة وقفعتها وتقول "يكفي ذلك، ولن يكون هناك ما هو أكثر" وسينهار قانون موري. ويتوقع علماء المستقبل أن هذا سيحدث حوالي عام 2020.

البرمجيات

يقوم مبرمجو الكمبيوتر بترجمة الخوارزمية التي هي عملية حل مسألة ما إلى سلسلة من التعليمات التي يمكن للكمبيوتر أن يفهمها، والتي تعرف باسم البرمجيات، وهو مصطلح صاغه عالم الرياضيات الأمريكي جون توكي 1958.

أهم ما في كتابة البرمجية هو لغة البرمجة، فاللغات البدائية كانت تُعرف على أنها متدنية المستوى - بمعنى أن المبرمج كان عليه أن يتعلم استخدام لغة الأكواد العددية التي يستخدمها معالج الكمبيوتر، وظهرت فيما بعد اللغات عالية المستوى، وهي لغات أكثر سهولة؛ فلغة بيسك (BASIC) هي لغة برمجة عالية المستوى ظهرت في عام 1964 وتستخدم عبارات إنجليزية بسيطة - مثل (If)، و (then)، و (print) - لتوصيل التعليمات إلى معالج الكمبيوتر، وتتطلب اللغات عالية المستوى برمجية خاصة بها تسمى (المترجم) أو المحول البرمجي (compiler) الذي يقوم بترجمة التعليمات التي يدخلها المستخدم إلى كود عددي - لغة متدنية المستوى بكفاءة - يمكن للمعالج قراءته، ومعظم لغات البرمجة

المشهورة الآن - مثل سي بلس بلس (C++)، وروبي (Ruby)، وبايثون (Python) لغات عالية المستوى.

المصدر المفتوح

بينما تهدف معظم مؤسسات البرمجيات إلى الربح، هناك أكواد كمبيوتر مفتوحة المصدر متوفرة مجاناً لأي شخص يريد تحميلها، أو استخدامها، أو حتى تعديلها - بشرط أن يقوم المعدلون بجعل النسخ المعدلة متاحة للاستخدام المجاني أيضاً.

"الكود المصدر" هو الاسم الذي يطلقه المبرمجون على نصوصهم البرمجية عالية المستوى قبل أن يتم تشغيلها خلال المحول البرمجي وتحويلها إلى تيار من البيانات يقرأه المعالج.

بدأت مبادرة المصدر المفتوح عام 1998 على يد المبرمجين: بروس بيرين، وإيريك ريموند، وهذه المبادرة ليست نوعاً من الإيثار الخالص كما يبدو للوهلة الأولى - فتطوير البرمجيات عمل مكلف، وإلقاء المهام البرمجية للجماهير وجعلها مفتوحة لهم يوفر المال ويعطي المؤسسة الكثير من النسخ المختلفة للبرمجيات التي طورها مبرمجون في النطاق العام من أجل أغراض خاصة، ومؤخراً أصبح مصطلح (مصدر مفتوح) يطلق على المبادرات الأخرى التي تطلب مشاركة العامة في المستويات التطويرية مثل (حكومة مفتوحة المصدر)، ويمكن تصور المصدر المفتوح على إنه مثال لحشد المصادر.

الحوسبة المتوازية

كان للكمبيوتر الدقيق الأول معالج ذو نواة واحدة تكدرح في تعليمات المبرمج، ثم ظهرت المعالجات المتوازية فتغير كل شيء؛ فالمعالج المتوازي له معالجات معلومات ذات نواتين أو أكثر، مما يتيح للكمبيوتر تنفيذ مهمتين مختلفتين في نفس الوقت، ففي وجود زوجاً إضافياً من الأيدي لتنفيذ العمل يصبح تنفيذه أسهل كثيراً.

ظهرت المعالجات المتوازية لأول مرة في السبعينيات من أجل تطبيقات الحوسبة العلمية المعقدة مثل محاكاة أنظمة الطقس، أو تكون المجرات الدوامية الشاسعة. أما اليوم فتتميز العديد من أجهزة الكمبيوتر الدقيقة المكتبية بوجود معالجات ثنائية أو حتى رباعية النواة

قادرة على مستويات أداء أفضل آلاف المرات من أجهزة الكمبيوتر الفائقة الأكثر تقدمًا في السبعينيات، وبحلول أواخر عام 2009 تم تعديل أسرع جهاز كمبيوتر خارق ليصبح Cray XT5 المعروف باسم Jaguar في المركز القومي للعلوم الحاسوبية في مختبر أوك ريدج الوطني في ولاية تينيسي، ولهذا النظام ما يزيد عن 150000 معالج مما يجعله أسرع من الكمبيوتر المكتبي بأكثر من 10000 مرة، وأسرع 10 مليون مرة من أسلافه في السبعينيات.

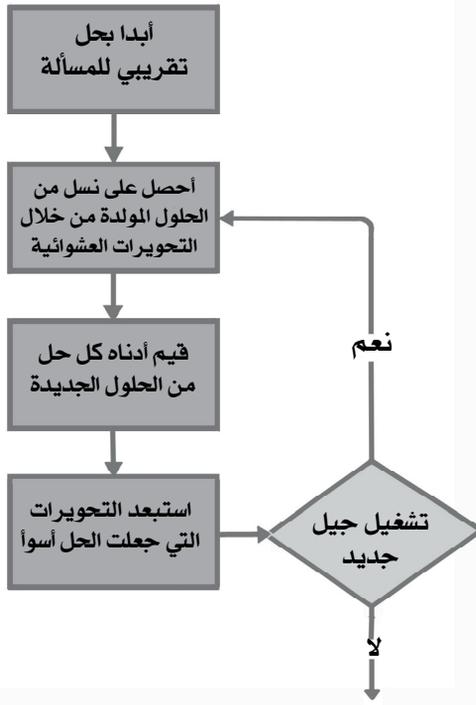
الخوارزميات التطورية

الخوارزميات التطورية هي طريقة متطورة لتحسين حلول المسائل الحاسوبية وتعمل عن طريق تقليد عملية الانتخاب الطبيعي لداروين - خاصة مفهوم البقاء للأفضل - لتطوير مجموعة من الحلول وإيجاد الأنسب للمسألة التي بين يدينا.

الفكرة الأساسية هي البدء بمجموعة من الحلول المرشحة ثم يسمح لهذه الحلول أن تتناسل -جوانب من أزواج الحلول التي لصقت معًا بالإضافة إلى التحويلات العشوائية- لخلق جيل جديد من الحلول

المرشحة، ثم يقاس أداء النسل الجديد في حل المشكلة، والنسل الذي يفوق والديه يسمح له بإنتاج جيل جديد؛ ويتم التخلص من الباقي، وبذلك تكرر العملية نفسها تدريجيًا مما يؤدي إلى شحذ الحلول الموجودة في المجموعة.

تستهلك الخوارزميات التطورية قدرًا كبيرًا من قدرة الحوسبة إلا أن بحلول المعالجات المتوازية أصبحت هذه الخوارزميات وسائل فعالة لحل المشكلات.



حوسبة الحمض النووي

تخزن جزئيات الحمض النووي المعلومات بنفس الطريقة المستخدمة في الكمبيوتر وعلى غرار عملية معالجة المعلومات التي تحدث في الكمبيوتر باستخدام مفاتيح كهربية دقيقة مخزنة على رقاقات الكترونية صغيرة، فإن المعلومات المخزنة داخل الحمض النووي من الممكن التلاعب بها ومعالجتها من قبل الإنزيمات البيولوجية.

عمل هذه الإنزيمات، يحاكي عمل البوابات المنطقية، مثل بوابة و (AND)، وبوابة أو (OR) عن طريق تغيير المعلومات المشفرة على جدائل الحمض النووي بما يتماشى مع القوانين الصارمة للرياضيات.

كمبيوتر الحمض النووي مصمم ليلعب ما يشبه لعبة إكس - أو (X-O)، مثال، استخدامه لتسع حفر عمودية تماثل الخلايا الشبكية التسعة في اللعبة، وضعت فيها ثقافة علم الأحياء الدقيقة. كل إنزيم موجود على حفرة من الحفر يؤدي دورا، ويعمل على التألق - وهذه الحفرة هي المكان الذي اختاره الكمبيوتر لوضع (0) أو (X).

تنفذ معالجات الحمض النووي بشكل طبيعي الحوسبة المتوازية، من خلال تطبيق الحلول المختلفة المحتملة على حالات البداية المتطابقة - مشفرة مثل المعلومات المخزنة على مئات الجزئيات داخل الحمض النووي، وبعد ذلك يتم اختيار أفضل الحلول ليصبح الحل النهائي.

الحوسبة الكمية

قدرة الجسيمات على أن تكون في أكثر من مكان في نفس الوقت، إحدى خواص نظرية الكم تُعرف بـ (مبدأ عدم التيقن) يمكن استخدامها في تصنيع أجهزة كمبيوتر مذهلة، فأجهزة الكمبيوتر العادية ترمز البت (أصغر الوحدات الحاملة للمعلومات) في نظام العد الثنائي - وكل وحدة حاملة يمكنها أن تأخذ القيمة

(0 أو 1)، ولكن في الكمبيوتر الكمي يمكن لهذه الوحدة أن تأخذ كلا من القيمتين 0 و 1 في نفس الوقت، ويعني ذلك أن البت وهو قطعة من البيانات مكونة من 8 بت، يمكنه أن يمثل 28 أي 256 رقم - في نفس الوقت، ويؤدي العمليات الحسابية على ذلك البت الكمي الوحيد، وكذلك على كل رقم من الـ 256 رقم التي يخزنها.

يعرف البت الكميّ بـ 'النقطة الكمية المقدسة'؛ يستطيع المعالج الكميّ المزود بعدد هائل من النقاط الكمية تنفيذ عدد هائل من العمليات الحسابية على التوازي - هي أجهزة كمبيوتر منفذة للعمليات الحسابية على التوازي بشكل غير مسبوق. في الوقت الحاضر يوجد معالج كميّ واحد في المختبرات؛ أما أجهزة الكمبيوتر المكتبي، فإن الكمية لن تصدر إلا بعد سنوات عديدة.

الألعاب الكميّة

تتمكن أجهزة الكمبيوتر الكميّة من معالجة مقدار ضخم من المعلومات من خلال استغلال القوانين الغريبة للعالم الكميّ، ولقد وجد العلماء أن ممارسة الألعاب على أجهزة الكمبيوتر الكمية من شأنها تقديم استراتيجيات جديدة، ودراسة هذه النظريات هو فرع من فروع العلم المستمدة من تطبيق مبادئ الكم على نظرية الألعاب.

ربما أحد الألعاب الكمية البسيطة هي إلقاء عملة كمية، والتي من الممكن تمثيلها في كمبيوتر من خلال حالات الكم المغزلي لجسيم ما مثل الإلكترون، لنقل أن "الغزل لأعلى" يمثل الصورة، و"الغزل لأسفل" يمثل الكتابة يمكن أن تكون العملة العادية صورة أو كتابة لكن العملة الكمية ستظهر الصورة والكتابة في نفس الوقت. فهم استراتيجيات نظرية الألعاب الكمية سيمنح اللاعبين المراوغين العديد من الإمكانيات التي يمكن استغلالها.

تظهر مكونات ماثلة للعملة الكمية في تصميم أجهزة الكمبيوتر الكمية، وسيتعين على المبرمجين فهم نظرية الألعاب الكمية جيدا حين يقرورا تطوير برامج على هذه الأجهزة المستقبلية.

تخزين البيانات

الشريط المثقب

أجهزة الكمبيوتر الرقمية الأولى، مثل الكمبيوتر العملاق البريطاني في الأربعينيات من القرن العشرين، لم تستخدم حتى وسائط إلكترونية لتسجيل البيانات، فأجهزة الكمبيوتر

البداية استخدمت كروتاً مثقبة لتسجيل المعلومات خلال ترتيب من الثقوب الموجودة على قطعة جامدة من الورق المقوى، ويحتاج الأمر إلى عامل بشري يقوم بتغذية الكمبيوتر بالكروت يدوياً ويقوم بإزالتها مجدداً، ولا عجب في أن ضاق العلماء ذرعاً، بذلك فأفسحت الكروت المثقبة المجال لظهور الأشرطة المثقبة - التي هي عبارة عن شريط طويل من الكروت المثقبة ملتصقة معاً، والتي يستطيع الكمبيوتر بنفسه التبديل بينها.

كانت الكروت والأشرطة المثقبة تُقرأ من خلال أنظمة من الدبابيس الزنبركية المحملة التي تلامس الثقوب، وفيما بعد أصبحت القراءة قائمة على تقنية بصرية - باستخدام أشعة ضوئية تسقط على الثقوب، ولأنظمة تخزين البيانات هذه تاريخ طويل - استخدمت أولها لتخزين برامج لغزل أنوال النسيج في بدايات القرن الثامن عشر.

الذاكرة المتطايرة

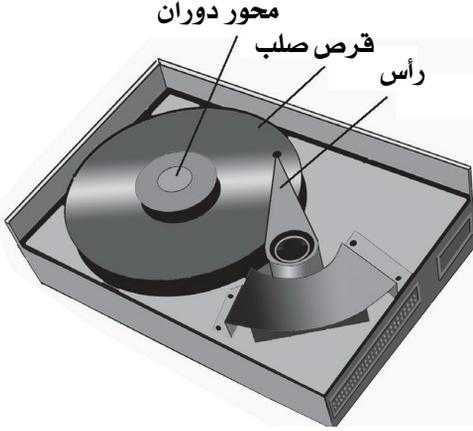
كانت أجهزة الكمبيوتر المنزلية الأولى فقط قادرة على تخزين البيانات فيما يعرف باسم الذاكرة المتطايرة - وهي الذاكرة التي تتطلب وجود مصدر ثابت للطاقة. افصل جهاز الكمبيوتر الخاص بك دون حفظ محتويات الذاكرة إلى جهاز تخزين غير متطاير وستخسر كل شيء.

والشكل الأكثر شيوعاً للذاكرة المتطايرة هو ذاكرة الوصول العشوائي (RAM)، التي تقوم بتخزين بتات من المعلومات الثنائية باستخدام الشحنات المخزنة في مصفوفة من الترانزستورات الموجودة على رقاقة دقيقة.

وكان للكمبيوتر المكتبي الأول ذاكرة وصول عشوائي فقط إلا أن الآن ذاكرة الوصول العشوائي هي أحد أنواع الذاكرات المؤقتة أو العاملة التي يستخدمها الكمبيوتر لتنفيذ مختلف المهام الفرعية المشاركة في تشغيل البرنامج قبل أن تكتب النتائج في جهاز تخزين ذي ذاكرة غير متطايرة.

في الأيام الأولى لأجهزة الكمبيوتر المنزلية في السبعينيات والثمانينيات كانت الذاكرات غير المتطايرة تتكون من أشرطة الكاسيت أو الأقراص المرنة إذا كنت محظوظاً، أما هذه الآونة تمثل الأقراص الصلبة، والتخزين الضوئي والذاكرة الوميضية (Flash memory) حلولاً أكثر ملائمة.

الأقراص الصلبة



أقراص الحاسوب الصلبة هي المجموعة الرئيسة من الذاكرات غير المتطايرة، يستخدمها معظم مستخدمي الكمبيوتر اليوم، وهي شكل من أشكال الأوساط المغنطة مثل أشرطة الكاسيت والأقراص المرنة التي سبقتها وفي الواقع أن وجود الأقراص المرنة هو أصل

المصطلح قرص "صلب"، فالأقراص المرنة امتازت بالمرونة- مصنوعة من فيلم بلاستيك رقيق مطعمة بجسيمات معدنية بينما الأقراص الصلبة تتميز بالجمود فهي مصنوعة من مادة صلبة مثل الزجاج المطلي بطبقة من مادة مغناطيسية لحمل البيانات، وينقسم سطح القرص إلى العديد من المناطق الصغيرة، وكل منطقة يمكنها تخزين بت واحدة من البيانات التي يتم تسجيلها عن طريق مغنطة هذه المنطقة، وهذا يصلح؛ لأن المغنطة ترتبط باتجاه (فكر في اتجاه الشمال- الجنوب للمجال المغناطيسي للأرض)- وبالتالي فإن إزاحة اتجاه المغنطة باستطاعته تغيير قيمة البت المخزنة من صفر إلى واحد أو العكس.

تدور الأقراص الصلبة لأجهزة الكمبيوتر المكتبية الحديثة بسرعات تصل إلى 10000 لفة في الدقيقة وتستخدم أكواد تصحيح الخطأ لضمان دقة البيانات التي تخزنها.

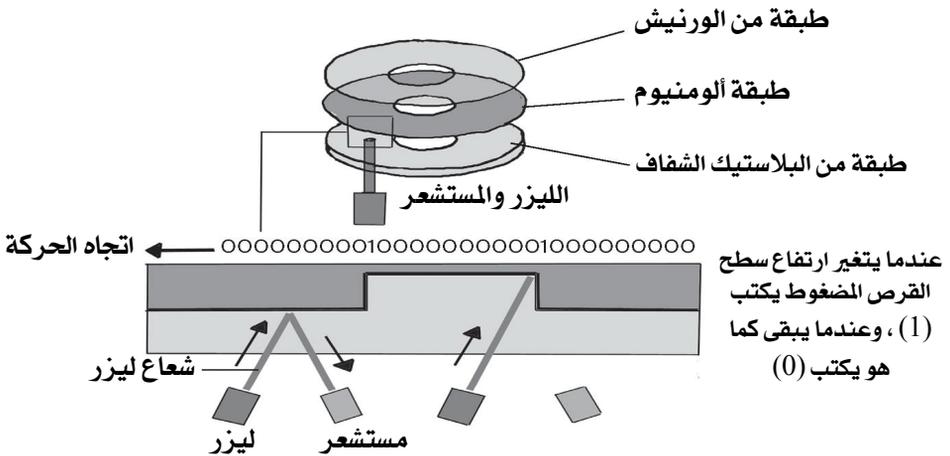
الذاكرة الوميضية

في حين كانت الأقراص المرنة وأشرطة الكاسيت فيما سبق هي الوسائط المحمولة التي يقع عليها الاختيار، لتخزين البيانات حلت الآن الذاكرة الوميضية محلها. بطاقات الذاكرة (SD)، وشرائط الذاكرة (memory sticks)، ووحدة الذاكرة الوميضية (USB flash drive) جميعها أشكال للذاكرة الوميضية، وهي ذاكرة غير متطايرة وبالتالي تحتفظ بالبيانات، حتى عندما يتم فصل مصدر الطاقة، وذلك عن طريق استخدام رقائق دقيقة مصنوعة من أشباه موصلات، تحتوي عدد 1 من الترانزستورات التي لها القدرة على أن تظل

أما على وضع التشغيل أو الإيقاف حتى عندما يتم فصلها من جهاز الكمبيوتر، فالترانزستور في وضع التشغيل يخزن 1 من البيانات الثنائية، وفي وضع الإيقاف يخزن صفرًا. تستخدم رقائق الذاكرة الوميضية الآن في أجهزة (الأيبود)، والكاميرات الرقمية، والهواتف الخلوية، وكاميرات الفيديو، وبدأت في حل محل الأقراص الصلبة في بعض أجهزة اللابتوب وأجهزة الكمبيوتر المحمولة، حيث يفضل استخدامها لقدرتها على التكيف مع الصدمات.

التخزين الضوئي

كان أول وسط ضوئي لتخزين البيانات هو القرص المدمج- الذي استخدمه ناشرو الموسيقى لتسويق أصوات رقمية عالية الجودة، وهي ذاكرة غير متطايرة تعمل بطريقة مختلفة جوهريًا عن الأقراص الصلبة التي تستخدم الطاقة المغناطيسية لحفر البيانات على قرص ممغنط، فأقراص ذاكرة القراءة فقط (CD-ROM) (مما يعني إنه يمكن فقط القراءة منه وليس التخزين فيه) تحتفظ بالبيانات على هيئة "حفر" ضغطت على سطح القرص البلاستيكي، وعمق كل "حفرة في" يقوم بترميز بت من البيانات الثنائية، وإسقاط شعاع ليزر على الحفرة يتيح قراءة قيمة البت المراد قراءتها، ويمكن الكتابة في الأقراص المضغوطة القابلة لإعادة الكتابة فيها من قبل مستخدم الكمبيوتر، وتعمل بشكل مختلف قليلًا، عن طريق استخدام الليزر لتغيير انعكاسية القرص بطريقة تحاكي وجود الحفر.

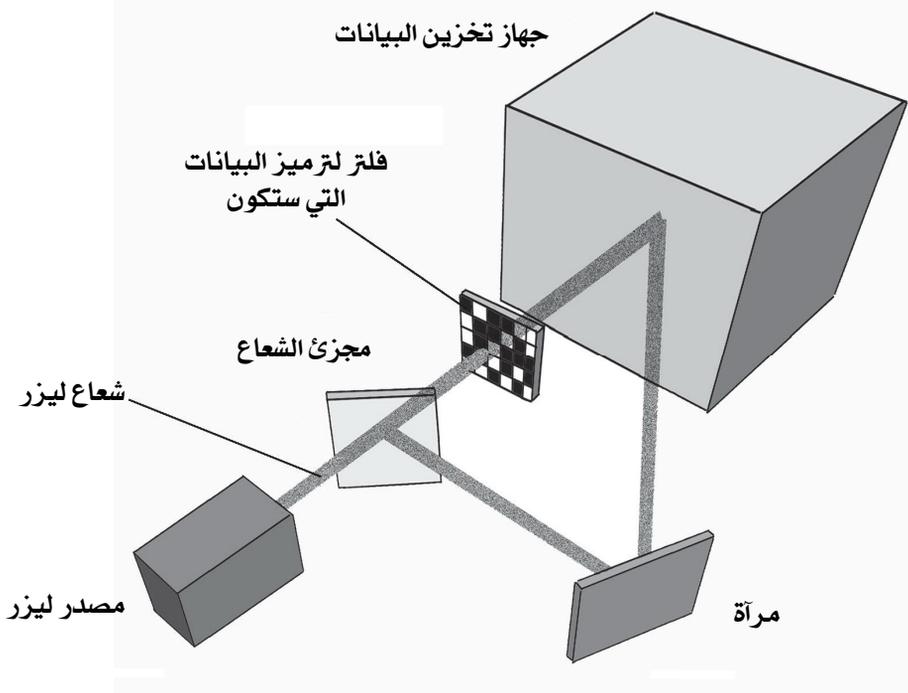


بيع أول قرص مدمج للموسيقى عام 1983، وتبعه فيما بعد أول قرص مدمج -ذاكرة قراءة فقط، ولها سعة محددة تبلغ 700 ميغا بايتس، وقد تحسنت النسخ الأحدث كثيرًا في هذا الصدد؛ فعلى سبيل المثال يمكن لقرص اللي دي (DVD) أن يخزن حتى 9.4 جيجا بايتس -9.4 مليار خلية من البيانات.

الذاكرة ثلاثية الأبعاد (الهولوجرامية)

تعمل وسائط التخزين البصرية مثل الأقراص المدمجة وأقراص (DVD) عن طريق ترميز البيانات على سطح الوسط؛ أما الذاكرة ثلاثية الأبعاد فتقوم بتخزينها على هيئة ثلاثية الأبعاد داخل هذه الوسائط. وهي تعمل عن طريق استخدام الليزر لحرق الهولوجرام داخل مادة حساسة للضوء، وينقسم الشعاع إلى جزأين - الأول يتم اسقاطه من خلال مرشح يقوم بطباعة البيانات الثنائية المراد تخزينها على الهولوجرام، ثم يرد الآخر على مرآة بحيث يتقاطع مع الأول، ويلتقيان داخل وسط التخزين الذي تسجل فيه صورة من البيانات، ويمكن تخزين كميات هائلة من البيانات بهذه الطريقة، و(أقراص التصوير المجسم متعددة الاستخدامات) (HVDs) الحالية يمكنها تخزين 500 جيجا بايت - الحد النظري المتوقع لها تقريباً عدة تيرا بايتس لكل سنتيمتر مكعب من المادة.

وخلافاً لمحركات الأقراص الصلبة والتخزين الضوئية التقليدية، التي تتحلل وتفقد البيانات مع مرور الوقت، الذاكرة الثلاثية الأبعاد هي شكل قوي جداً من تخزين البيانات التي يمكن استخدامها لأرشفة طويلة الأجل من المعلومات. من الناحية الفنية، فهي مثال للذاكرات من النوع (WORM) (الكتابة مرة واحدة وقراءتها أكثر من مرة).



أجهزة الغزل الإلكتروني

وسائط التخزين الإلكترونية التقليدية، مثل ذاكرة الوصول العشوائي المتطايرة، والذاكرة الويضية، تعمل من خلال ترميز المعلومات باستخدام شحنة كهربية من جسيمات تحت ذرية تسمى الإلكترونات، أما المجال الناشئ من الإلكترونات الدورانية فيستفيد أيضًا من الغزل الكمي للإلكترون؛ لأن الغزل الكمي لجسيم ما يمكن أن يكون في إحدى حالتين - في الأعلى أو في الأسفل - فيمكن استخدام الإلكترون لتمثيل أحاد وأصفار البيانات الثنائية. من المأمول أن تصبح ذواكر أجهزة الغزل الإلكتروني أصغر وأسرع وأكثر متانة من الخيارات الحالية، وأن توفر أيضًا تحسينًا لكثافة الذاكرة، أما استهلاك الطاقة فسوف يتقلص إلى حد كبير. وبالإضافة إلى ذلك، قد تجد أجهزة الغزل الإلكتروني تطبيقات في الحوسبة الكمية، فهي تقدم إحدى الوسائل الممكنة لتخزين بتات المعلومات الكمية ونقلها.

تقنية الإنترنت

الإنترنت

في عام 1958 أسست الولايات المتحدة الأمريكية وكالة مشاريع بحثية متقدمة (ARPA) - وحدة فكرية وبحثية تهدف إلى الحفاظ على الإبداع الأمريكي في وضع يفوق منافسيه. وخلال عشر سنوات من ذلك توصلت هذه الوكالة إلى طريقة لربط أجهزة الكمبيوتر معًا بحيث يمكنهم تبادل البيانات عن بُعد، وفي عام 1969 تم تطبيق هذا المشروع الذي عُرف باسم (ARPANET) وتم ربط جهازين كمبيوتر - أحدهما في جامعة كاليفورنيا والآخر في جامعة ستانفورد.

ربطت نقطتان أخريان بعد ذلك سريعًا، وبحلول عام 1971 وصل العدد إلى 15، وبحلول ثمانينيات القرن أقامت المجتمعات الأكاديمية شبكات أخرى مشابهة في دول أخرى، ثم جاء بعد ذلك التنفيذ التجاري الذي بدوره مكن مستخدمي أجهزة الكمبيوتر المنزلية من الاتصال بشبكات عامة باستخدام شكل بدائي من أشكال الوصول إلى الإنترنت ألا وهو مودم الطلب الهاتفي، وهذا مكن المستخدمين من إرسال رسائل بريد إلكتروني، ومشاهدة المعلومات المكتوبة على لوحات إخبارية إلكترونية ولعب ألعاب جماعية بسيطة، لكن التطوير الرئيسي الذي حول الإنترنت إلى كلمة مألوفة كما هي عليه الآن من شأنه أن يأتي لاحقًا، إنه الشبكة العنكبوتية العالمية.

البريد الإلكتروني:

تكونت معظم حركة البيانات في بدايات الإنترنت من البريد الإلكتروني (electronic mail)، واختصاره email، وأرجع معظم الخبراء الفضل في اختراع البريد الإلكتروني إلى المبرمج (راي توملينسون)، فقد أرسل أول رسالة بريد إلكتروني على الإطلاق عام 1971؛ وكانت رسالة مرسلة بين جهازي كمبيوتر في شركة (بي بي إن) الأمريكية التي كان توملينسون يعمل بها، وكانت الرسالة إحدى مهام تطوير برمجية لمشروع وكالة المشاريع البحثية المتقدمة (ARPANET)؛ رائدة الإنترنت.

أخذ توملينسون برنامج مراسلة يعمل بين مستخدمي كمبيوتر واحد وأضاف عناصر من برمجيات مصممة لنقل الملفات بين أجهزة كمبيوتر مختلفة متصلة عبر شبكة، مما مكن كل مستخدمي (ARPANET) من إرسال رسائل إلى بعضهم البعض، وبادر أيضًا باستخدام الرمز @ لفصل اسم المستخدم عن موقعه. لا يستطيع توملينسون تذكر ما كتبه في رسالته الأولى. وبعد مرور سبع سنوات من ذلك ظهر أول بريد مزعج (بريد إلكتروني غير مرغوب فيه).

الشبكة العنكبوتية العالمية (الإنترنت)

(تيم بيرنرز لي)، هو فيزيائي يعمل في مختبر سيرن المعجل للجسيمات على الحدود الفرنسية السويسرية، وقد تساءل عما يمكن أن يحدث إذا كان من الممكن استخدام الإنترنت للوصول إلى وثائق مستضافة على أجهزة الكمبيوتر البعيدة. النقر على الكلمات المميزة، يمكن أن يأخذ المستخدم إلى وثائق أخرى - ليست بالضرورة مستضافة على الكمبيوتر ذاته. والأفضل من ذلك، ماذا يحدث إذا كان بإمكان أي شخص نشر الوثائق الخاصة به وربطها بالمواد الموجودة، وهكذا نشأت شبكة الإنترنت، وكان ذلك في عام 1989. وفي عام 1990، كتب بيرنرز لي لغة البرمجيات التي يتم من خلالها ترميز صفحات الويب - وهي لغة إعداد النص أو html.

وبحلول عام 1990، كان هناك مجموع كلي من 26 خادماً للويب - وهي الأجهزة التي تقوم بتخزين صفحات الويب - المنتشرة في جميع أنحاء العالم. في الواقع، كانت شبكة الإنترنت لا تزال صغيرة، لدرجة أنها كان لديها صفحة فهرس واحدة. وبإطلاق واجهة الإنترنت الرسومية موزياك - أول متصفح إنترنت - في عام 1993، أصبح تصفح الإنترنت فجأة هوية من السهل على أعداد كبيرة من الناس الوصول إليها. وقد مهد ذلك، الطريق إلى النمو المتسارع في شعبيته، مما أدى في نهاية المطاف إلى المدينة الإلكترونية مترامية الأطراف، والتي هي اليوم الشبكة العنكبوتية العالمية.

الاتصال بالإنترنت

أبسط طريقة لتوصيل الكمبيوتر بالإنترنت هي توصيله عن طريق المودم (الوسيط) الهاتفي، وهو الجهاز الذي يربط الكمبيوتر بخط الهاتف. ومن ثم يمكن استخدام خط الهاتف لطلب "موفر خدمة الإنترنت"، الذي يعمل بمثابة محطة تقوية للكمبيوتر للتواصل بشبكة الإنترنت - لإرسال واستقبال البيانات، مثل البريد الإلكتروني أو صفحات شبكة الإنترنت. يعتبر الاتصال الهاتفي الآن وسيلة بطيئة جداً للاتصال بالإنترنت، فهو يسمح بسرعة 56 كيلوبت فقط من البيانات الثنائية في الثانية الواحدة.

في أواخر التسعينيات، أصبحت أول خدمات النطاق العريض متاحة. DSL الذي يرمز إلى (Digital subscriber line) أي الخط الرقمي للمشارك هو أحد الأمثلة الأولية والتي لا زالت مستخدمة إلى اليوم، وتستخدم التقنية الرقمية لحزم كميات شاسعة من المعلومات وصولاً إلى خط الهاتف القياسي.

أسرع خطوط DSL الحديثة، توفر معدلات تحميل تصل إلى 24 ميجابت في الثانية الواحدة؛ كابلات المودم - التي تقوم بتوصيل البيانات عبر نفس مسار كابل التلفزيون - تقدم سرعات مماثلة لـ DSL. وفي الوقت الحاضر، يستقبل معظم الناس خدمة إنترنت النطاق العريض لمنازلهم على جهاز توجيه (router) الذي يقوم بدوره ببث موجات النطاق العريض لاسلكياً حول المنزل على هيئة إشارة راديوية، وهذا ما يعرف باسم الواي-فاي.

الشبكة المحمولة

توفر الشبكات الاجتماعية والمدونات للمستخدمين، المعلومات بشكل مستمر، وكان ذلك حافزاً للوصول إلى الإنترنت، ليس فقط في المنزل والمكتب، ولكن أثناء التجوال أيضاً، وتقدم الآن العديد من الحانات والمقاهي خدمة الواي فاي المجانية للعملاء، كما أن بعض المدن أقامت ما يسمى بخدمة الواي فاي على مستوى المدينة. حيث صممت محطات الإرسال والاستقبال التغطية الشاملة عبر مركز المنطقة الحضرية، ويمكن لأي شخص معه كمبيوتر محمول لاسلكي أو هاتف خلوي به خاصية الواي فاي الدخول إلى

الإنترنت، وأصبحت مدينة ساني فيل بكاليفورنيا أول مدينة أمريكية تقوم بذلك في عام 2005. أما الآن فهناك شبكات واي فاي عامة تعمل في مدن أخرى، ومنها فيلادلفيا ومينابوليس.

يمكن لكثير من الهواتف الخلوية خارج المدن نقل كميات أقل من البيانات خلال الجيل الثالث من شبكات الهواتف الخلوية (3G) التي تتيح سرعات تحميل تصل إلى بضع ميجابايتس في الثانية حيثما توجد إشارة هاتف خلوي.

القارن (Bluetooth)

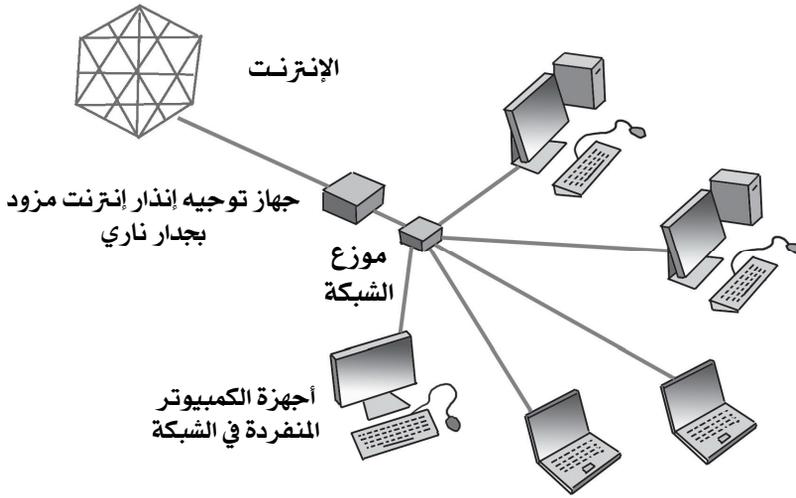
القارن (أو البلوتوث) هو نظام شبكة لاسلكية قصير المدى يستخدم لنقل الملفات والبيانات بين الأجهزة- مثل هاتفك الخلوي، وجهاز الكمبيوتر الخاص بك- وهو مفيد بصفة خاصة للأجهزة المحمولة، وللتقليل عدد التوصيلات في المكاتب- وذلك بفضل لوحات المفاتيح، والفأرة والطابعات التي تعمل بالبلوتوث. وباستطاعة البلوتوث إرسال بيانات ثنائية بمعدل يصل إلى 3 ميجابايتس في الثانية، والحدود الرسمية لمدى البلوتوث هي 100 متر لكن تمكن بعض الشغوفين بالأمر من مد ذلك بشكل ملحوظ ليصل إلى ما يقارب 2 كم (ما يزيد عن ميل) باستخدام هوائيات أكثر، ويعرف ذلك باسم بنادق البلوتوث (Bluesniping) ويستخدم أحياناً في الاقتران بأجهزة شخص آخر -عندما تكون خاصية البلوتوث مفتوحة- من أجل الوصول غير المصرح به، وهو أحد أشكال الاختراق الإلكتروني والدخول ويُعرف باسم (Bluesnarfing)

أمن الإنترنت

في شبكة تغطي العالم بأسره، لن يكون الجميع جديرين بالثقة، وكذلك سيجلب اتصالك بالإنترنت حتماً أخطاراً أمنية- وخاصة بسبب زيادة عدد التحويلات المالية خلال الإنترنت. تتمثل المخاطر في المخترقين الذين يستهدفون أجهزة الكمبيوتر مباشرة بالإضافة إلى هجمات تطبيقات البرمجيات العدائية؛ فمثلا الفيروسات هي برامج تقوم بنسخ نفسها داخل جهاز الكمبيوتر من خلال الرسائل الإلكترونية التي تحمل فيروسات،

أو وسائط تخزين البيانات، ثم تقوم بتعطيل وظائف الكمبيوتر الطبيعية، ومن ناحية أخرى هناك برمجيات التجسس التي تقوم بتثبيت نفسها على الكمبيوتر، وترصد ضغطات مفاتيح المستخدم وتمررها إلى طرف ثالث لجمع المعلومات مثل كلمات السر. وفي الوقت ذاته، هناك الروبوتات (Bots) وهي برامج تجند موارد جهاز

كمبيوتر ما، وتستخدمها ضد الأجهزة الأخرى، ويعرف وكلاء البرمجيات الخبيثة باسم "البرامج الضارة" (malware). ويمكن لمستخدمي الكمبيوتر تثبيت البرامج التي من دورها البحث عن أي برامج ضارة وإلغاؤها مباشرةً، وبرامج مكافحة الفيروسات هي أحد الأمثلة على ذلك. وقد تم تجهيز معظم أجهزة الكمبيوتر وموجهات الإنترنت، بأنظمة حماية تسمى "جدران نارية" تعمل على منع محاولات الوصول لأي جهاز كمبيوتر. وهذه هي الطريقة الأساسية لصد أي هجوم من قبل المخترقين



الحوسبة الشبكية

الحوسبة الشبكية هي حوسبة متوازية فاقت الحدود، والفكرة هي أن تشغيل برنامج ما لم يعد مقسمًا بين المعالجات الفردية داخل جهاز كمبيوتر واحد فحسب، بل بين أجهزة كمبيوتر مختلفة مرتبطة ببعضها عبر الإنترنت، وبصفة خاصة، فإن الحوسبة الشبكية تؤكد على استخدام موارد الكمبيوتر التي قد تكون في وضع الخمول مثل، الوقت الخارج عن

ساعات العمل في أماكن العمل والتي يستخدمها عادة الباحثون البشريون. وأحد أمثلة الحوسبة الشبكية هو مشروع يسمى SETI@Home والذي تستخدم فيه الأوقات الخاملة لأجهزة الكمبيوتر التي يمتلكها عامة الناس وذلك لتحليل بعض البيانات من التلسكوبات الراديوية التي تشارك في بحث SETI عن الحياة الفضائية. وقد شكّل عدد من الجامعات في مختلف أنحاء العالم ائتلافات حوسبة شبكية للبحث العلمي. ظهر في الآونة الأخيرة، تطور جديد للنهج الشبكي، عُرف باسم "البرمجة السحابية". حيث تقدم الشركات موارد الحوسبة الخاصة بها عبر الإنترنت إلى أي شخص يطلب منهم، مقابل دفع ثمنها على أساس المنفعة، تماماً مثل الغاز والكهرباء.

الإنترنت 2

تنقل الشبكات الأكاديمية المشاركة في مشاريع البرمجة الشبكية كميات كبيرة من البيانات. والإنترنت 2 هو مشروع لتلبية هذا المطلب من خلال توفير خدمة إنترنت فائقة السرعة بين أكثر من 200 جامعة في الولايات المتحدة. أسرع شبكات الإنترنت الأساسية الاعتيادية في الوقت الحالي، تقوم بنقل البيانات بمعدل بضع الجيجابتات في الثانية (مليار بت من البيانات الثنائية)، (GbPS). ومع تكنولوجيا إنترنت 2، يمكن أن يصل ذلك إلى 100 جيجابت في الثانية. ولكن الفضل في ذلك لا يرجع للأجهزة فحسب بل أن البنية التحتية لإنترنت 2 تحقق الاستغلال الأمثل لبرمجيات مبتكرة لمعالجة البيانات والمعروفة باسم "البرامج الوسيطة" (middleware)، لتسريع تدفق المعلومات عبر الشبكة.

الشبكة الدلالية

أي شخص صارح محرك بحث عبر الإنترنت للحصول على معلومة محددة، سيدرك كم هو أمر محبط. فأساس المشكلة، هو أن أجهزة الكمبيوتر لا تفهم تماماً ما طلبت أنت البحث عنه، فهي فقط تحاول أن تطابق بين الكلمات المنفردة الموجودة في استعلام البحث الخاص بك، مع الكلمات الرئيسة المتواجدة على مواقع الإنترنت. فعلى سبيل المثال، قم بالبحث عن الموسيقى المستخدمة في إعلان ليفي قبل بضع سنوات، التي أظهرت الناس يركضون

من خلال الجدران. فكل ما ستحصل عليه هو مجرد مواقع تعرض الكلمات الفردية الموجودة في البحث، ولكن لا شيء من المعنى الكامن. فمن المستبعد تماماً حصولك على الإجابة الصحيحة: "رقصة هاندل". ومن هنا يأتي دور الشبكة الدلالية.

340 الرجوع للأصل وقد طورها جزئياً أبو شبكة الإنترنت العالمية تيم بيرنرز، وهو مشروع لترتيب صفحات الويب طبقاً لمعنى المعلومات التي تخزنها بدلاً من ترتيبها فقط على أساس الكلمات الدلالية البسيطة.

بادر بيرنرزلي بمشروع الشبكة الدلالية في عام 1999، ومنذ ذلك الحين تطورت لغات الكمبيوتر الجديدة التي تستخدم في كتابة صفحات الويب - مثل لغة وجودية الويب (Web Ontology Language) WOL - وكذلك محركات بحث الشبكة الدلالية مثل (Swoogle)، لكن على الرغم من الفترة الطويلة لقيام مشروع الشبكة الدلالية إلا أن استخدامه يبدو إنه لا يزال بدرجة كبيرة في مرحلة غير ناضجة.

اتجاهات الويب

خدمة الخلاصة (RSS)

لا أحد يملك الوقت الكافي ليتنقل باستمرار من موقع إخباري أو مدونة إلى أخرى بحثاً عن تحديثات، وهنا يأتي دور (RSS). بالنسبة لمعظم من يستخدمونه ترمز إلى "really simple syndication" وتعني (تلقيم مبسط جداً) على الرغم من أن آخرين يقولون أن أصل الاختصار هو 'rich site summary' وتعني ملخص المواقع الثري وتعمل هذه الخدمة من خلال استخدام برمجية ترصد المواقع من أجل التحديثات، ويقوم المستخدمون بالاشتراك في تزويد (RSS) من المواقع التي يهتمون بها، وعندما يتم نشر محتوى جديد تقوم هذه الخدمة تلقائياً بتنزيل النص وتنبيه المستخدم لوجود تحديث.

لخدمة (RSS) تاريخ تنمية طويل يمتد من التسعينيات لكنه لم يبدأ في الانتشار إلا تقريباً في عام 2005، وقد أثبتت أهميتها بالنسبة للمهنيين الذين يرغبون في مستجدات من المعلومات دقيقة بدقيقة - مثل الصحفيين. وقادت خدمة (RSS) إلى البث، الذي يشترك

فيه المستخدمون ليس للحصول على مستجدات النصية بل المحتويات الصوتية التي يمكن سماعها من خلال أجهزة الأيود، أو أي جهاز مشغل للملفات من صيغة (MP3).

تبادل الملفات

تبادل الملفات -تمامًا كما يظهر من اسمه- يتيح لأي شخص يستخدم الإنترنت الوصول إلى الملفات الموجودة في ملف عام على جهاز الكمبيوتر الخاص بك مجانًا، وفعل ذلك مع ملفات الموسيقى من امتداد MP3، أو ماهو أسوأ؛ ملفات الفيديو من امتداد MPEG هو انتهاك خطير لحقوق التأليف والنشر الذي وضع المستخدمين والشبكات مثل - نابستر وكازا- في ورطة كبيرة. ويقوم المستخدم بالبحث في شبكات تبادل الملفات عن طريق كتابة ما يبحث عنه- وليكن ملف (MP3)- في برمجية الشبكة التي بدورها تعرض قائمة من جميع أجهزة الكمبيوتر على الشبكة التي يمكن منها تحميل ذلك الملف.

كانت نابستر إحدى الشبكات التي قمعتها السلطات بسهولة، لأنها تعتمد على قاعدة بيانات مركزية مخزنة على خادم مركزي- قم بإطفاء ذلك وسينتهي أمر الشبكة، أما في هذه الآونة أصبحت شبكات تبادل الملفات مثل جنوتيليا أصعب في القمع بسبب عدم وجود قاعدة بيانات رئيسة - بدلا من ذلك تتصل أجهزة الكمبيوتر في الشبكة ببعضها البعض مباشرة. أحياناً تعرف شبكات تبادل الملفات باسم شبكات الند للند (peer-to-peer networks)

التدوين

مدونة (blog) - اختصار لكلمة (weblog)- هي مفكرة عامة أو تعليق محفوظ على الشبكة العالمية العنكبوتية، وقد نمت شعبيتها نموًا هائلًا منذ إنشاء أوائل المدونات في أواخر التسعينيات، واستمرت المدونات في بداياتها بسبب المتحمسين للويب لكن أصبحت الآن إحدى صيحات الموضة بالنسبة للسياسيين والشخصيات المعروفة في جميع مجالات الحياة أن يمتلكوا مدونة.

تستخدم المدونات عادة اللغة الحوارية، ولذلك تكتب التدوينات بسرعة أكبر من السرعة التي تكتب بها الكتابات المطبوعة وبلغة أقل تنميقًا منها - وهذا هو سبب لجوء الصحفيين

في كثير من الأحيان إلى مدوناتهم لنشر الأحداث المهمة بسرعة. وفي نهاية عام 2007 كان هناك ما يقدر بحوالي 112 مليون مدونة.

أصبح ما يسمى بـ "التدوين الدقيق" (Microblogging) رائجاً مؤخراً، وقد يكون ذلك ناتجاً عن إفراط المعلومات الذي تسببت فيه كثرة المدونات الموجودة. غالباً تكون التدوينات في المدونات الدقيقة محدودة بعدد من الحروف، وربما يكون أشهر مواقع التدوين الدقيق هو موقع تويتر الذي فيه لا يتجاوز المنشور 140 حرفاً- طول الرسائل النصية التي ترسل عبر خدمة الرسائل القصيرة (SMS)

الشبكات الاجتماعية

أصبحت الشبكات الاجتماعية هي الحل لأولئك الذين لا يستطيعون التواصل مع أصدقائهم بشكل دائم، حيث أنها تجعل التواصل أسهل. وتوفر معظم مواقع الشبكات الاجتماعية لمستخدميها البريد الإلكتروني، والدردشة الحية، وأيضاً الصفحة الشخصية الرئيسة حيث يمكنهم نشر المعلومات عن أنفسهم. كما يمكنهم إضافة مستخدمين آخرين "كأصدقاء"، حيث يستطيعون رؤية صفحات الملف الشخصي لبعضهم البعض وتبادل الرسائل. كما هو الحال مع نظام التدوين الصغير، يمكن للمستخدمين نشر الرسائل التي تظهر لكل أصدقائهم- مثل، "حفلة في منزلي يوم السبت". وأكبر مواقع الشبكات الاجتماعية اليوم هي ماي سبيس والفيس بوك.

الإشارات المرجعية الاجتماعية

في حين أن نُظْم الشبكات الاجتماعية تُمكن مستخدميها من البقاء على تواصل مع أصدقائهم، فالإشارات المرجعية الاجتماعية هي وسيلة لتبادل الإشارات المرجعية - أي مؤشرات إلى صفحات الويب التي يستخدمونها- أما مع شبكة من الأصدقاء، أو مع العالم بأسره. وعلى عكس تبادل الملفات، لا يوجد شيء غير قانوني في شبكات الإشارات المرجعية الاجتماعية؛ لأن كل ما يتم نشره أو تحميله هو عناوين الويب- وليس مضمونها الفعلي. وهي تعمل عن طريق المستخدمين الذين يقومون بوضع إشارات مرجعية

لمواقعهم المفضلة ثم ترتيبها مع إشارات إلى الموضوع حتى يتمكن الآخرون من البحث عن المواقع الأكثر شهرة المختصة بموضوع معين، ويعتبر ذلك. في نواحٍ كثيرة أكثر فعالية من استخدام محركات البحث التقليدية للبحث عن المواقع، فمن يقوم بتحديد إشارات البحث هم بشر لهم القدرة على فهم محتويات صفحة الويب- بدلا من الكمبيوتر الذي يعجز عن ذلك.. ومن نظم الإشارات المرجعية الاجتماعية المشهورة Digg و del.icio.us

تسجيل بيانات الحياة

تخيل كيف سيكون الحال لو كان بإمكانك الحصول على سجل إلكتروني شامل لكل ما حدث في حياتك. فكل شيء قد رأيته وسمعته وقرأته وأخبرت به، مخزن في قاعدة بيانات قابلة للبحث يمكنك الوصول إليها بوضع ضغوطات فقط؛ وهذا هو الهدف وراء ما يسمى بتسجيل بيانات الحياة. حيث يستخدمون كاميرات يمكن ارتداؤها، وميكروفونات وأجهزة تحديد المواقع لإنشاء سجل بفهرس زمني لحياتهم.

كان ستيف مان عالم الكمبيوتر بجامعة تورنتو الرائد لهذا المجال؛ حيث بدأ في عام 1994، باستخدام الكاميرات والمعدات الأخرى لتسجيل الحياة لإنشاء سجل لحياته على مدار الأربعة وعشرين ساعة. وتخزين مثل هذه الكميات الهائلة من المعلومات، يحتاج إلى محركات أقراص ذات مساحة كبيرة، والتي تم تطويرها مؤخرًا. ومع ذلك، هناك الكثير من الناس يشعرون بالقلق حول تضمين الخصوصية في تسجيل الحياة. فهل يكون لرجال الشرطة والسلطات الحق في الاستيلاء على الذكريات المخزنة الخاصة بك، إذا اعتقدوا أنها قد تساعد في التحقيق؟

العوالم الافتراضية

تتواجد ألعاب الفيديو الجماعية التي تتيح للاعبين تقمص أدوار الشخصيات واللعب على الإنترنت منذ سنوات عديدة، وقد كان أول ظهور للنسخ الأولى من هذه الألعاب على الشبكة العنكبوتية العالمية في الثمانينات والتسعينات من القرن الماضي، وعرفت باسم الزنزانة الجماعية للمستخدمين (MUDs) وكانت تمارس من خلال الشبكة العنكبوتية

أربانت (ARPANET) وشبكة چانت البريطانية الأكاديمية (UK's JANET) وفي الوقت الحاضر استبدلت ألعاب الفيديو البدائية هذه التي كانت تعتمد على النصوص بألعاب فيديو جماعية هائلة تسمح بمشاركة الآلاف من اللاعبين (MMORPGs).

تقدم ألعاب مثل إيفر كويست (EverQuest) وورلد أوف وور كرافت (World of Warcraft) وإيف (Eve) واجهات تصويرية متطورة، بدلا من استخدام النصوص، وتتيح المشاركة لعدد هائل من اللاعبين والتفاعل الكبير بينهم. تعتبر (MMORPGs) مجموعة فرعية من عالم الإنترنت وتعرف باسم العوالم الافتراضية، حيث يمكن للمستخدمين تجربة حوض حيوات بديلة، أو تجسيداتهم بامتياز من خلال تصرفهم بالشخصيات الموجودة في اللعبة.

من العوالم الافتراضية الأخرى: (الحياة الثانية) (Second Life) و(العوالم الصغرى) (Small Worlds) والتي تختلف (MMORPGs) في أنها لا تحتوي بالضرورة على الفانتازيا أو الخيال العلمي؛ فبعضها يعكس ببساطة الحياة اليومية، وتعتبر وغرف دردشة، التي كان متاحًا لمستخدميها الحديث عن طريق تبادل سطور من النصوص المكتوبة في الوقت نفسه، نوع مبكر من العوالم الافتراضية..

حشد المصادر

تعتبر وسيلة المساعدة (الاتصال بصدیق) في مسابقة برنامج (من سيربح المليون) التلفزيوني الوسيلة الأكثر تأثيرًا على المشتركين. الآن تستفيد الشركات كذلك من قوة الجماهير، من خلال طرح مهام خارجية للجمهور العام - والتي ربما كانت ستدفع لأحد المتعهدين من أجل تنفيذها. ربما يرغب أحد مصنعين الهواتف الخلوية في معرفة أي من ساعات الأذن لديها تعمل بكفاءة على الشبكات وبرمجيات أنظمة التشغيل المختلفة، فبدلاً من إجراء اختبار شامل بنفسهم أو التعاقد مع شخص للقيام بذلك، فإن الشركة تطرح للجمهور هواتف ذات مزيج مختلف من برامج التشغيل والشبكات. ويتلقى الأفراد الذين يقومون بتجربة الأجهزة ويقدمون ردود أفعال للشركة مكافآت مالية. وبالطبع فإن ذلك يكلف الشركة مبالغ أقل كثيراً مما كانت ستدفع لمتعهد ما ليقوم بالبحث. من أجل

تنفيذ ذلك البحث. اعتمد المجتمع العلمي أسلوب "حشد المصادر"، على سبيل المثال، حديقة حيوان المجرات (Galaxy Zoo) وهي مشروع على الإنترنت يتلقي مساعدة من الأفراد في تصنيف الصور الملتقطة بالتلسكوبات الفلكية العملاقة طبقاً لمخطط تصنيف المجرات.

الوقت المهدر على الإنترنت أثناء العمل (Cyberslacking)

معظمنا قد فعل ذلك - استخدم الإنترنت في العمل أو المدرسة في أغراض لا ترتبط بالعمل أو الدراسة. في أكتوبر 2009، قدرت مجموعة خدمات تكنولوجيا المعلومات مورس أن مواقع التواصل الاجتماعي مثل تويتر والفيس بوك الآن تكلف الاقتصاد البريطاني وحدها 1.4 مليار £ سنوياً الفقد في الإنتاجية. وفي غضون ذلك، أجرت كل من (أمريكا أون لاين) و(سالاري. كوم) دراسة على أكثر من 1,000 موظف مكتبي كشفت أن نصفهم يعتبر أن استخدام الإنترنت بصورة شخصية هو السبب الرئيسي في الإلهاء عن العمل. الآن العديد من الشركات تمنع الموظفين من الوصول إلى مواقع تعتبر 'غير لائقة، مثل المقامرة، والدردشة على الإنترنت ومواقع تبادل الملفات، وتستخدم برمجيات مراقبة لرصد حركات تصفح الموظفين لشبكة الإنترنت. لقد أتقن بعض الموظفين فن إهدار وقت العمل بسبب الإنترنت وأصبحوا قادرين على تنفيذ عدة نشاطات غير مرتبطة بالعمل في وقت واحد- فيما يعرف باسم (الهروب المتعدد).

مواقع الويكي (Wikis)

فئة المواقع التي تُعرف باسم مواقع الويكي هي إحدى التطبيقات العظيمة لحشد المصادر؛ فهي مواقع تطرح محتواها مفتوحاً للعامة، وأشهر هذه المواقع هي (ويكيبيديا دائرة المعارف عبر الإنترنت) التي يمكن لأي شخص أن يقوم بكتابة أو تعديل موضوعات فيها، فيقوم المتمكنون من مجال معين بمشاركة خبرتهم، والرغبة في المجد- أو عدم الرغبة في فقدته- تساعد على ضمان صدق هذه المساهمات. في عام 2005 قامت مجلة العلوم البريطانية (Nature) بعمل اختبار مقارنة بين موسوعات المعارف، فوجدت أن ويكيبيديا على الأقل تمتاز بنفس جودة موسوعة (Britiance).

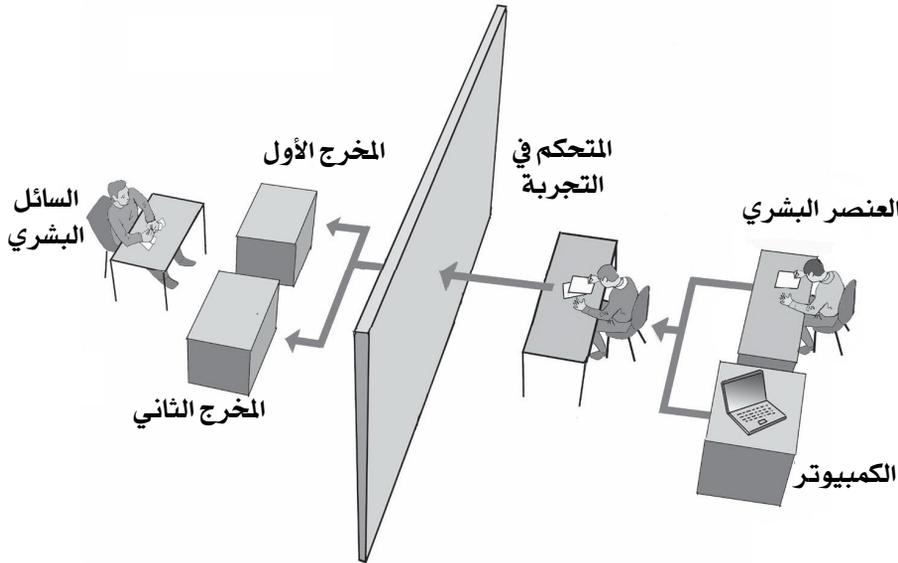
في الواقع، إحدى الفئات القليلة التي تسيء استخدام ويكيبيديا هي فئة السياسيين - حيث يجرب أعضاء الأحزاب السياسية في الولايات المتحدة صفحات الخصوم.

الذكاء الاصطناعي

اختبار تورنج

في عام 1950، وضع رائد الحوسبة البريطاني الآن تورنج وسيلة لقياس ذكاء الآلة. الفكرة الأساسية لا يمكن أن تكون أبسط من ذلك - ستجري محادثة مع الآلة. في الواقع ستجري محادثة مع الآلة ومع إنسان آخر. دون أن يتم إخبارك أيها الآلة وأيها الإنسان (الإنسان والآلة يجذبانك من نفس الواجهة)، وإذا لم تتمكن من تحديد أيهما هو الإنسان وأيها الآلة من خلال المحادثة تكون الآلة بذلك قد أظهرت ذكاءً بشرياً، وقد أصبح هذا المخطط منذ ذلك معروفاً باسم اختبار تورنج.

وقد استخدم العلماء منذ ذلك الوقت اختبار (تورنج) للتحقق من إذا ما كانت تشتمل إبداعاتهم من البرمجيات على أي من سمات الذكاء الاصطناعي (AI) - قدرة أجهزة الكمبيوتر على إثبات أن لها قدرة تحاكي قدرة الإنسان من حيث اتخاذ القرارات والإدراك.



روبوتات الدردشة

وقد أنتج بعض المبرمجين ما يعرف بـ (روبوتات الدردشة) - نماذج من البرامج التي لها القدرة على إجراء محادثة مع الإنسان في محاولة لاجتياز اختبار تورينج. بعض هذه البرمجيات تحاول إظهار ذكاء إصطناعي بالمعنى الحقيقي، لكن الكثير منها يعمل بدون القدرة على فهم فحوى المحادثة. بدلا من ذلك هي تحاول تقديم نوع من الاستجابة الغامضة - أو جعل المحادثة تأخذ منحى آخر - أو تكون مبرجة فقط على الاستجابة بردود معينة كرد فعل على عبارات معينة قد يأتي بها الناس. مثال، في حال طرح سؤال - فإن الروبوت يجب ببساطة "لماذا" أو "لا أعرف". في عام 1990 شرع العلماء في إقامة مسابقة (جائزة لوبنور) حيث يتبارى كل روبوت مع روبوت آخر في محاولة لاجتياز اختبار تورينج، وكل سنة يتلقى أفضل روبوت جائزة نقدية صغيرة بالإضافة إلى تخصيص 100,000 دولار لأول روبوت يتمكن من خداع أربعة من حكام المسابقة الإثنى عشر. وكان الفائز في 2008 الروبوت إلبوت (www.elbot.com) والذي تمكن من إقناع ثلاثة حكام.

الشبكات العصبية

هي نماذج من البرامج تسعى لمحاكاة عمل الخلايا العصبية في الدماغ البشري - على وجه الخصوص قدرة العقل على معالجة المعلومات والتعلم منها، فهي جيدة للغاية في اكتشاف أوجه التماثل في مجموعات كبيرة من البيانات، ومن ثم استخدام هذه المعرفة لبناء توقعات. على سبيل المثال، تستخدم الشركة البريطانية (إيباجوجكس) برمجيات الشبكات العصبية في توقع إيرادات شبك التذاكر للأفلام، وهي مبرجة على استخدام المعلومات المدخلة عن أفلام سابقة مثل نوع الفيلم، والميزانية، والممثلين الرئيسيين، وما إلى ذلك - بالإضافة إلى أدنى حد حصله شبك التذاكر. إدخال كل البيانات المعروفة مسبقا عن الفيلم يؤدي إلى بناء توقعات عن مقدار الأرباح الممكن تحقيقها. أنها دقيقة بالفعل - فقد توقعت (إيباجوجكس) أن فيلم (محظوظ أنت) والذي عرض في 2007 وكانت ميزانية انتاجه 50 مليون دولار بأنه سيحقق أرباح 12.5 مليون دولار من خلال العرض في أمريكا وكندا وقد كان - حسنا، في الواقع لقد حقق 5.7 مليون دولار فقط.

تستخدم برمجيات الشبكات العصبية كذلك تقنية تُعرف الأنماط في تُعرف أوجه الأشخاص في الصور الفوتوغرافية - كذلك التشخيص الطبي وقراءة الشفاه.

معالجة اللغة الطبيعية

في وقت من الأوقات كان العلماء يتواصلون مع أجهزة الكمبيوتر من خلال السلاسل الرقمية، وقد تخلصنا من ذلك إلى حد ما عن طريق استخدام لغات برمجة عالية المستوى تمكن المبرمجين من إعطاء تعليمات باستخدام مجموعة محددة سلفاً من الأوامر يمكن أن يفهمها الكمبيوتر. ولكن الهدف النهائي هو تطوير واجهة تمكن البشر وأجهزة الكمبيوتر من التخاطب من خلال استخدام لغة إنجليزية بسيطة - أو أي لغة طبيعية أخرى بالطبع، هذا المجال من البحث يعرف بمعالجة اللغات الطبيعية.

وهذا ليس بالسهولة التي قد يتصورها البعض، فالمشكلة الرئيسة التي يتوجب التغلب عليها هو إبهام اللغات الطبيعية، على سبيل المثال هل جملة " Large,bearded pig farmer" تعني "مزارع ضخم ملتحم يقوم بتربية خنازير" أم تعني " شخص ما يربي خنازير كبيرة ملتحمية"؟، وهل جملة "feeding tigers can be dangerous" تعني " من الخطورة إطعام النمور" أم تعني أن " النمور يمكن أن تكون خطيرة عندما يتم إطعامها"؟ أننا نتمكن عادة من اختيار المعنى الصحيح من خلال السياق والدلائل الأخرى، لكن تعليم الكمبيوتر هذه الفطرة أبعد ما يكون عن الوضوح، ولا تزال معالجة اللغة الطبيعية مجالاً واسعاً للبحث.

الحوسبة اللاإرادية

تشير الحوسبة اللاإرادية إلى أنظمة الكمبيوتر الذكية التي تدير نفسها بنفسها، وقد أخذت هذه التسمية من الجهاز العصبي اللاإرادي في جسم الإنسان، الذي ينظم العمليات اللاإرادية مثل: التنفس، وخفقان القلب، وكذلك التئام الجروح. نظام الكمبيوتر اللاإرادي قادر على إدارة موارد النظام، لإنجاز المهام وتحسين الأداء، ليس فقط لجهاز كمبيوتر واحد بل لشبكة مترابطة من أجهزة الكمبيوتر. كما إنه يستجيب لمشكلات غير

متوقعة، مثل انقطاع التيار الكهربائي والفيروسات- وذلك دون أي تدخل بشري. وقد تم تنفيذ معظم الأبحاث في هذا المجال من قبل شركة آي بي إم. ويجرى حالياً تطبيق التقنيات اللاإرادية في مجالات خارج الحوسبة البحتة- على سبيل المثال، أنظمة منع إنغلاق مكابح السيارات (ABS)، والذي يكتشف انغلاق العجلات ومن ثم يطلق سراح قوة الكبح تَوّاً.

ذكاء السرب

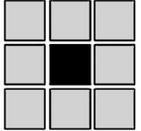
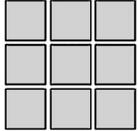
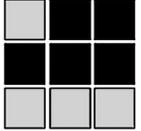
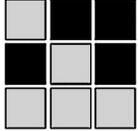
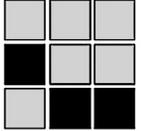
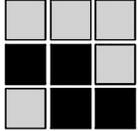
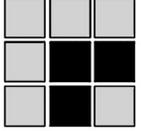
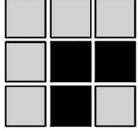
ذكاء السرب هو نوع من الذكاء الاصطناعي الذي ينشأ من خلال السلوك الجماعي للعديد من الوحدات الصغيرة.. ويعد السلوك المترابط لأسراب الأسماك والطيور، أمثلة لذكاء السرب في العالم الطبيعي..، أما ذكاء السرب في الحوسبة فهو محاولة لعكس هذا السلوك بهدف حل المشكلات الحاسوبية.

التطبيق الأساسي هو في مجال التحسن- حل المشاكل بأكبر قدر من الكفاءة. على سبيل المثال، وجد العلماء خوارزمية تضع نموذجاً قريباً لسلوك مستعمرات النمل الكبيرة في جمع المؤن ويمكن لمستعمرة من "النمل الاصطناعي" داخل الكمبيوتر، وتتبع هذه الخوارزمية أن تبرمج للبحث عن حلول لمشكلة ما وليس البحث عن المؤن، ومن الأمثلة التي تم تطبيق ذلك عليها السعي وراء إيجاد حلول لمسألة البائع المتجول.

وقد طبق ذكاء السرب تطبيقاً أكثر من قبل باحثي الروبوتات، للسيطرة على قطعان من الروبوتات الصغيرة التي تتعاون لتنفيذ المهام- على سبيل المثال، التنظيف بل واستكشاف أسطح الكواكب الأخرى.

المشتغلات الآلية الخلوية

المشتغلات الآلية الخلوية هي نماذج كمبيوتر توضح كيف يمكن لتعقيد الأنظمة الحية أن ينشأ من قواعد بسيطة.. والمشتغل الآلي الخلوي الأكثر شهرة هو (لعبة الحياة لكونواي) الذي أنشأه جون كونواي عالم الرياضيات بجامعة كامبريدج.

قبل	بعد	
		الوحدة الخلية التي لها أقل من خليتين متجاورتين تموت
		الازدحام الخلية التي لها أكثر من ثلاث خلايا متجاورة تموت
		التكاثر الخلية الفارغة التي لها أكثر من ثلاث خلايا متجاورة تحيا
		الركود الخلية التي لها خليتان مجاورتان بالضبط تبقى كما هي

والفكرة هي أن تبدأ بورقة كبيرة من ورق الرسم البياني المربعة المظلمة يكون فيها عدد صغير من المربعات مظلمة والباقي غير مظلم. ثم بعد ذلك يتغير عدد المربعات المظلمة خلال سلسلة من الخطوات المنفصلة أو ما يسمى "الأجيال" طبقاً لمجموعة من القواعد، فقواعد لعبة الحياة لكونواي تقول أن المربع المظلم الذي مجاوره أقل من مربعين مظلمين يصبح مربعاً غير مظلم؛ والمربع

المظلم الذي يصاحبه مربعان أو ثلاثة مربعات مجاورة مظلمة يصبح مظلماً، وتنتج جميع أنواع السلوك المعقد من هذه التعليلات البسيطة - اعتماداً على الشروط الابتدائية.

يستشهد بالمشتغلات الآلية الخلوية كمثال على الحياة الاصطناعية لأنها تحاكي سلوك مستعمرات الخلية الحيوية، فالخلايا الجديدة تنمو في الأماكن الشاغرة، والخلايا التي تحيط بها خلايا أخرى -تفقد غذاءها- تموت.

الذكاء الاصطناعي القوي

الهدف النهائي من الذكاء الاصطناعي هو إنشاء جهاز كمبيوتر يمكن أن يساوي أو حتى يتجاوز قدرات العقل البشري، وقد قدم الفيلسوف جون سيرل، بجامعة كاليفورنيا، بيركلي. المصطلح المعروف بـ "الذكاء الاصطناعي القوي".

لأول مرة. تفتقر جميع مشروعات الذكاء الاصطناعي الحالية إلى ذلك - فهي أما من افتعال المخبرات (مثل معظم روبوتات الدردشة) أو تنفيذ مجموعة فرعية من وظائف الدماغ (الشبكات العصبية). أما نظام الذكاء الاصطناعي القوي فيحتاج إلى دمج معالجة اللغة الطبيعية، وأن يكون قادرة على التفكير والتعلم، وربما يحمل صفات الإنسان مثل الوعي

والإدراك الذاتي. وهذه الصعوبات تحدد البرمجيات التي سيحتاج باحثو الذكاء الاصطناعي إلى تطويرها، ومع ذلك هناك متطلبات من الأجهزة يجب تحقيقها أيضًا، ويقدر عالم المستقبلات الأمريكي (راي كورزويل) أن تنفيذ الذكاء الاصطناعي القوي سيحتاج إلى أجهزة كمبيوتر لها القدرة على إجراء 10 مليون مليار عملية حسابية في الثانية، لكنه يعتقد أن التكنولوجيا يمكنها تحقيق ذلك بمجيء عام 2013.

الدمغة الاصطناعية

أحد السبل الواعدة بتحقيق الذكاء الاصطناعي القوي هو إنشاء الدمغة الاصطناعية- أنظمة إلكترونية تحاكي وظيفة الخلايا العصبية البيولوجية الدقيقة، وترتيبها، وتفاعلها مع المخ. ويقوم الباحثون في مشروع المخ الأزرق (بلو برين) بسويسرا - بذلك - من خلال انتقاء هيكل المخ البشري في محاولة لتعريف كل جزء من أجزائه داخل جهاز كمبيوتر. وبالفعل هم على وشك بناء نموذج عملي تام لمخ فأر، ويعتقدون أن من الممكن إنجاز مخ بشري صناعي مكتمل بحلول عام 2020. الدمغة الاصطناعية تساعد في تطوير الذكاء الاصطناعي بالإضافة إلى أن لها تطبيقات كأدوات لدراسة أمراض المخ مثل الخرف.

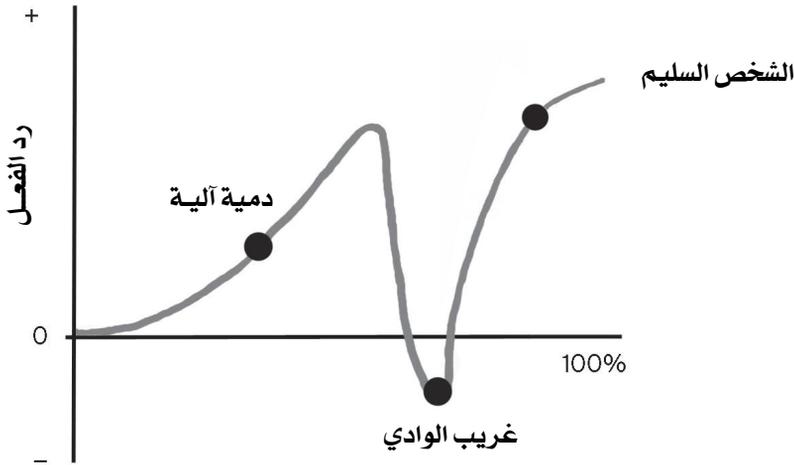
الإنسان الأوتوماتيكي (Androids)

التطور المستمر للذكاء الاصطناعي عمل على جعل فكرة الروبوت الذكي أقرب للحقيقة، لكن بناء حياة حقيقة على الأرجح لا يزال أمامه سنوات بعيدة. حتى الآن، واحدة من المحاولات الأكثر إثارة للإعجاب لإنشاء الروبوت البشري هو هوندا أسيمو، وهو روبوت ذو قدمين قادرة على المشي والجري - حتى أعلى وأسفل الدرج، فمفاصله المعدنية تتيح له التحرك بـ 34 درجة من الحرية- القدرة على تحريك أحد مفاصل الجسم لأعلى أو لأسفل أو يسارًا أو يمينًا. وبمقارنة البشر نجد أن لديهم ما يزيد عن 200 درجة حرية؛ ومحاكاة هذه المرونة والتحكم بها مسألة صعبة.

لدى أسيمو أيضًا القدرة على تعرف الأشياء والوجوه، ويمكنه إصدار رد فعل عند سماع اسمه. الروبوتات البشرية الأخرى أعطيت وجوهًا لها المظهر البشري إلا أن هذه

الإضافات أحيانًا تأتي بنتائج عكسية. ويتحدث خبراء الروبوتات عن تأثير "غريب الوادي" الذي فيه يظهر شكل الروبوت قريبًا جدًا لشكل الإنسان لكنه يبدو مراوغًا إلى حد ما.

غريب الوادي تظهر على هيئة تراجع في الرسم البياني تحصل عليه عندما ترسم الاستجابة الإيجابية للناس تجاه روبوت بشري مقابل درجة واقعية هذا الروبوت. ومع ذلك لازالت الأبحاث مستمرة. ويعتقد عالم الكمبيوتر (نويل شاركي) بجامعة شيفيلد بإنجلترا أن أول تطبيق للروبوتات البشرية قد يكون في مجال الرعاية أو مصاحبة كبار السن.



المستقبل

على أي شاكلة ستصبح الحياة عام 2100، أو في عام 2500 أو حتى في عام 10,000؟ كيف سيتغير المجتمع باتصاله مع الحياة خارج الأرض؟ وهل نكتشف يوماً سر السفر عبر الزمن؟ وهل ستكون الأمراض المميتة التي يصعب التعامل معها طبيياً مثل فيروس نقص المناعة البشرية (الإيدز) وإصابات العمود الفقري قابلة للعلاج يوماً ما؟

تعتبر التكهّنات حول التقدم المعرفي والاكتشافات والتطورات التي لم تحدث بعد من أكثر المجالات العلمية إثارة.

النبؤ بالمستقبل الذي كان فيما مضى مجالاً للعرافين والمشعوذين، أصبح الآن من مجالات العلم الراسخة ويسمى علم المستقبل. ويُدرس هذا العلم عن طريق الاستقراء.

وذلك من الاتجاهات التكنولوجية والاجتماعية عن طريق مقايسة الأحداث التاريخية بالأحداث الجارية ومن خلال دراسات الخبراء. فبالنسبة للحكومات والاقتصاديين وللأعمال وللعلماء الآخرين لا تقدر هذه الأبحاث بثمن. فالعاملون في مجال الاستقراء أصبح لديهم شكوك حول مستقبل وظيفتهم، حيث تنبأوا بحدوث ما يسمى "بالوحدانية"، وهي مرحلة في المستقبل (في المستقبل القريب نسبيا من وجهة نظر البعض) فيها يمر التقدم التكنولوجي بمفاجآت وتطورات مطردة. وستكون التغيرات التي تحدث في الوحدانية عظيمة لدرجة سيصبح معها التنبؤ بالمستقبل بعدها مستحيلا.

فيزياء المستقبل

السفر عبر الزمن

عندما قام ألبرت آينشتاين بطرح نظرية النسبية الخاصة في عام 1905، كان من أغرب نتائجها تنبؤاتها عن انكماش الطول وتمدد الزمن. وبشكل خاص يقول تمدد الزمن أن شخص ما يقوم بالتحليق بمركبة فضائية بسرعة تقارب سرعة الضوء من الممكن أن يعود إلى البيت بعد عدد قليل من السنوات ليجد أن العديد من السنوات مرت على وجه الأرض وأنه قد قفز إلى المستقبل.

عندما قام آينشتاين بنشر نظرية النسبية بعدها بعشر سنوات، طرحت هذه النظرية فكرة السفر إلى الماضي. فبأخذ فتحتين من ثقبين دوديين - أنفاق فضائية أصبحت ممكنة بسبب النظرية النسبية العامة-. حيث أن وضع شخص على متن سفينة فضائية والطيران بها بسرعة تقارب سرعة الضوء من الممكن أن يتسبب في فرق توقيت بينهما، مرة أخرى بسبب تمدد الزمن. وإذا قفز شخص ما من فتحة الثقب الخاص بالمستقبل من الممكن أن يخرج من الآخر إلى الماضي. ولكن بسبب الصعوبات التقنية فإن وضع مثل هذا البرنامج حيز التنفيذ يعتبر شيء مهول. إلا إنه يعتقد بعض الفيزيائيين إنه من الممكن القيام بهذا المشروع في القرون القادمة.

الانتقال الآني

لظالما كان أحد أحلام الخيال العلمي أن تتوفر القدرة على قياس حالة جميع الذرات المكونة لجسم ما ثم إرسال هذه المعلومات على هيئة أشعة إلى متلقي ما بحيث يمكن إعادة تجميع الجسم، لكن هل لهذا الانتقال الآني أن يصبح ممكناً يوماً ما؟ كان من المعتقد لمدة سنوات أن ذلك ليس ممكناً بسبب مبدأ عدم التأكد لهايزنبرج، الذي يقول إنه من المستحيل أن نعرف كل المعلومات عن ذرة ما في نفس الوقت، ومع ذلك توصل فريق قومي من الباحثين في عام 1993 إلى استنساخ كيفية تجنب مبدأ عدم التأكد وذلك من خلال التشابك الكمي - في عملية مشابهة للاتصال الكمي، حيث إنه عن طريق شبك كل ذرة بجسيم

آخر وإرسال هذا الجسيم إلى المتلقي، فإن هذا الجسيم يحمل المعلومات الخاصة بالذرة تمامًا والتي أخفاها مبدأ عدم التأكد، وبذلك يمكن تجميع نسخة طبق الأصل من الذرة عند المتلقي بينما يتم تدمير النسخة الأصلية خلال العملية. في عام 2004 أكد باحثون في الولايات المتحدة الأمريكية والنمسا صحة ذلك عن طريق نقل ذرات أنيا عبر مختبرهم إلا أن الانتقال الآني للأجسام الكبيرة يبعد عنا سنوات عديدة.

مضاد الجاذبية

في عام 1996م أتى أوچين بودكلينوف عالم الفيزياء بجامعة تامبر بفنلندا بادعاء بنائه لأول جهاز مضاد للجاذبية في العالم- آلة تقوم حرفياً بحجب قوة الجاذبية عن الأجسام الأخرى. وقد زعم أن القرص ذا الـ 30 سم المصنوع من الموصل الفائق والذي تم تبريده إلى درجة حرارة -230 درجة مئوية (-382 فهرنهايت)، وتدويره بسرعة 5000 لفة في الدقيقة يجعل الأجسام الموضوعة فوقه أخف وزناً - بحوالي 2٪.

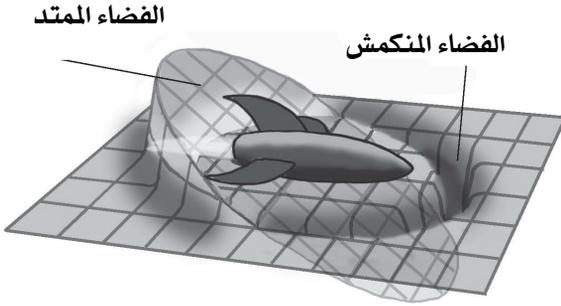
وإذا كان ذلك صحيحاً، فسيكون لها آثار هائلة على إطلاق مركبات الفضاء، إلا أن هناك أفرقة من العلماء حول العالم حاولوا إثبات صحة هذا الزعم - ومن بينهم علماء من ناسا، وبوينج، وشركة الطيران البريطانية (BAE systems) - دون جدوى حتى الآن.

السفر أسرع من الضوء

إن واحدة من التوقعات الخاصة بنظرية النسبية لأينشتاين كانت إنه لا يوجد شيء يستطيع أن يسافر أسرع من الضوء. إلا إنه في عام 1994 قام ميچويل ألكوبينير الفيزيائي في جامعة ويلز بالتوصل إلى إطار نظري يمكن من خلاله القيام بما أسماه محرك قيادة الانبعاث الزمكاني (wrap drive).

الدافع الأساسي للنظرية النسبية لأينشتاين هو أن من الممكن أن ينحني الفضاء وأن الانحناء من الممكن أن يتحدد من خلال المادة التي يحتويها. ووصل ألكوبير إلي إنه عن طريق استخدام مادة لها مجموعة من الخصائص المميزة وترتيبها جيداً حول السفينة الفضائية بطريقة صحيحة تجعل الفضاء أمامها ينكمش بسرعة بينما يتمدد الفضاء خلفها

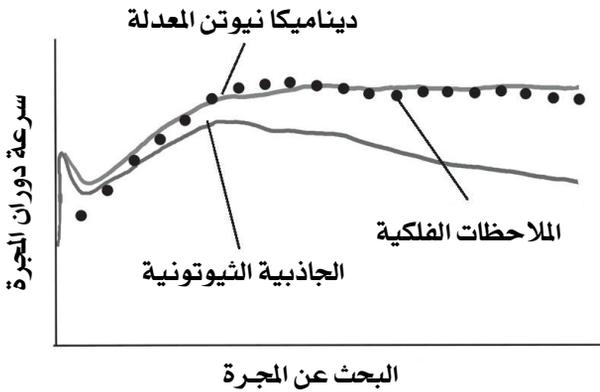
بنفس المعدل - تأثير ذلك أن يندفع هذا الجزء من الفضاء الموجود في المنصف حاملا معه السفينة الفضائية إلى وجهتها أسرع من شعاع الضوء. لكن المشكلة هنا أن المادة من نوع خاص التي استخدمها الكوبر - وتسمى مادة دخيلة- ذات كتلة سلبية فينما يتم إنتاج



هذه الكميات الصغيرة من تلك المادة الخام بواسطة تأثير كازيمير فبناء عمل كامل منها يتطلب إمدادات تعادل كتلة الشمس ثلاث مرات.

ديناميكا نيوتن المعدلة

يعتقد بعض العلماء أن المادة المظلمة مادة غير موجودة ويقولون أن التأثيرات الخاصة بها من الممكن الحصول عليها عن طريق تطبيق تصحيحات صغيرة للجاذبية النيوتونية. ففي عام 1983 اقترح موريديهي ميلجرون الفيزيائي في معهد وإيزمان في تل أبيب بإسرائيل نظرية معروفة بديناميكا نيوتن المعدلة واختصارها (MOND) فبشكل أساسي تقول هذه النظرية أن قانون الجاذبية على طول المسافة يختلف عن نظرية نيوتن. فالنظرية قادرة على



شرح منحنيات الدوران السطحي للمجرات - الرسم البياني الذي تحصل عليه عندما تقوم برسم سرعة دوران المجرة مع البعد عن المركز - بدون الحاجة إلى المادة السوداء، فالأشكال الخاصة

بمنحنيات الدوران كانت من الأساسيات التي بنيت عليها نظرية المادة السوداء.

مؤخرا طور جاكوب بركانيستين أحد أعضاء الجامعة العبرية في القدس نظرية تسمى

(TeVeS) وهي اختصار ل (Tensor-Vector-Scalar gravity) وهي نسخة من (MOND) ودقة صغيرة تتوافق مع مبادئ آينشتاين للنسبية. وهذه النظرية قادرة على شرح التعدس التجاذبي- وهو اختبار فشلت فيه (Mond) بمفردها من قبل.

الكيمياء في المستقبل

المنشطات الذهنية

هي منشطات تعمل على تعزيز القوة الإدراكية مثل الذكاء والذاكرة والتركيز وفي الوقت الحالي تزخر الصحافة بقصص الطلاب الذين يلجأون إلي المخدرات كمواد الفينيل (والتي تستخدم في العادة لعلاج اضطرابات النوم) واليرتالين (والذي يستخدم لعلاج اضطرابات عجز الانتباه ADHD) لزيادة الانتباه والذي يعمل على تقوية الذاكرة والطاقة قبل ضغط الامتحانات، وهناك مجموعة أخرى من الحبوب المتاحة وهي تعمل عن طريق رفع المستويات الخاصة بالناقلات العصبية بالإضافة إلى الإنزيمات والهرمونات الأساسية للحصول على ذكاء حاد، على سبيل المثال الأستيل كولين هو ناقل عصبي يحتوي ناقلات عصبية تحتوي على تكوينات الذاكرة بينما الحمض الإميني كالتيروزين والفينيلالانبا تؤدي بالجسم إلى إنتاج منشطات الإدرينالين والدوبامين الطبيعية.

عدد قليل من الأطباء قد ينصح باستخدام المنشطات الذهنية لتعزيز القدرات العقلية - يتم الحصول على معظمها من الإنترنت بدلا من الصيدليات. وهناك الكثير من المنشطات الذهنية متاحة في صورة مكملات غذائية K وذلك في الأماكن التي تكون فيها القواعد متراخية- في تقرير أعدته الحكومة الإنجليزية عام 2005 أن هناك مشروعا متخصصا من شأنه أن يدعم كل ناحية من وظائف المخ - حتى المخدرات التي تقوم بحجب الذكريات الإليمة.

حبوب الإفاقة (المنبهات)

تحليل الحصول على حبة تستطيع تناولها في المساء ومن شأنها أن تبطل آثار الكحوليات وتتركك تقود بأمان حتى البيت، وتخلصك من ألم آثار الكحوليات في الصباح التالي. قام

فريق من جامعة كاليفورنيا ولوس أنجلوس بدراسة عقار يحتمل أن يؤدي ذلك العمل ويسمي رو-15-3154. اكتشف لأول مرة عام 1984 حيث وجد إنه يحجب المسارات العصبية في المخ والتي يعمل الكحول خلالها، وهو يفعل ذلك عن طريق الالتصاق بالمستقبل على خلايا المخ لمنعها من امتصاص الكحول.

يقترح الباحثون أن بالإضافة إلى استخدام تلك الحبوب في إفاقة مرتادي الحفلات من آثار الكحول، يمكن استخدامها أيضًا كعلاج لمدمني الكحوليات- ومن شأنها تمكين الأطباء من استخدام خصائص الكحول المحسنة للحالة المزاجية كعلاج دون جعل المريض يصل إلى حالة الثمالة.

علم الأحياء في المستقبل

استنساخ السلالات المنقرضة

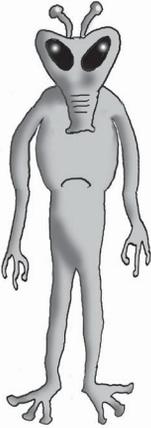
استخدم العلماء الاستنساخ لخلق نسخ معدلة جينياً مطابقة للخراف والفئران والخيول وحيوانات أخرى، لكن هل يمكن أن تستخدم يوماً ما على نمط أسلوب حديقة پوراسيك لإعادة إحياء الأنواع المخبئية؟ الفكرة هي أن يتم استخراج المادة الجينية من بقايا الأنواع المنقرضة ثم يتم حقنها لخلية بويضة من أنثى تنتمي إلى هذه السلالات لا زالت تعيش في عالمنا اليوم، و. الأمل هو أن تسمح إعادة غرس البويضة في الحيوان الأنثى بنمو الجنين وولادته.

في عام 2007 عشر على جسد عمره 10.000 عام خاص ماموث محفوظاً في الجليد بسيبيريا، اقترح بعض العلماء أن يتم دمج الحمض النووي الموجود في الخلايا الخاصة بهذا الحيوان مع بويضة فيل. لكن هناك مجموعة من التدابير العلمية وبعض المخاوف الأخلاقية لا بد من تجاوزها أولاً، كما أن الاستنساخ غاية في الصعوبة حيث استغرق استنساخ النعجة دولي 277 محاولة وهي تعتبر أول حيوان ثديي مستنسخ في العالم، وأيضاً هل هو صحيح أن يتم إحضار حيوان إلى الحياة دون موطن أو والدين ليربها طريق الحياة؟

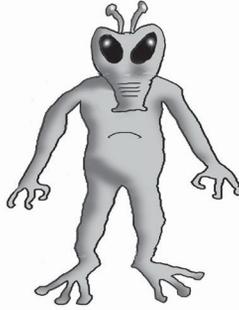
علم الأحياء الخارجي

لو كان هناك حياة على كوكب آخر غير كوكب الأرض كيف كانت ستبدو هذه الحياة؟ هناك شيء واحد مؤكد وهو أنها لن تكون حياة بشرية؟ فلو تمكنا من إعادة عقارب الساعة الخاصة بتطور الحياة على الأرض وإعادة العملية كلها مرة أخرى فستكون الفرص المؤدية إلى وجود بشر مرة ثانية أقرب إلى العدم- فالتطور أمر عشوائي للغاية.

لو كانت هناك كائنات تعيش على كواكب أخرى فإنهم سيكونوا قد شكلوا بواسطة الانتقاء الطبيعي، حتى يمكنهم التكيف مع بيئاتهم. ولهذا على سبيل المثال في العالم الذي تكون فيه الجاذبية عالية يكون للكائنات قامات قصيرة وممتلئة وعظام سميكة حتى تتمكن من حمل وزنها الزائد. وفي الكواكب ذات الجاذبية الضعيفة من الممكن أن تكون الكائنات أكثر طولاً. ومن الممكن أن يكون الغلاف الجوي رقيقاً وبالتالي يكون لديهم جوف صدري متأقلم مع رتتين كبيرتين يحتاجونها للتنفس. في عوالم أخرى تدفعهم بيئاتهم الغريبة إلى أشكال بالكاد نستطيع أن نتخيلها. خمن رائد الفضاء الأمريكي كارل ساجان أشكال حياة تشبه البالون العملاق تسبح كقنديل البحر في الغلاف الجوي الغازي المحيط بالمشتري.



ساكن أحد الكواكب
منخفضة الجاذبية



ساكن أحد الكواكب
مرتفعة الجاذبية

الكيميرا

الكيميرا هو كائن تم تكوينه من خلايا نوعين مختلفين، وعلى عكس التهجين- الذي يحدث فيه الاندماج بين السلالتين على المستوى الجيني أو الخلوي- فإن الكيميرا يحتوي على خلايا مختلفة من كل سلالة. ويمكن اعتبار أي

شخص يخضع لعملية زراعة أعضاء حيوانية يطلق عليه كيميرا معتدل - لأن لديهم داخل أجسادهم خلايا من الحيوان المتبرع بالأعضاء.

أصبحت أبحاث الكيميرا موضوعًا مثيرًا في عام 2005 تبعه نشر لتقارير حول علاج الخلايا الجذعية حيث كرس البحث جزءًا كاملاً عن الخلط بين الأنواع كما أشار مقدمو البحث، كل منتجات الخلايا الجذعية البشرية يجب التحقق من صحتها أولاً في الحيوانات عن تنبؤ بعض الباحثين أن حيوانات الاختبار قد ينتج عنها كائن ذو مستوى عالٍ من الذكاء البشري والوعي محتجراً داخل جسم حيوان، واستجابة لذلك تم وضع قاعدة صارمة لإجراء تجارب الكيميرا التي فيها يجب أن تتوقف التجارب عند اكتشاف أي سمات بشرية في الموضوع.

طبق علم الوراثة بنفسك (DIY genetics)

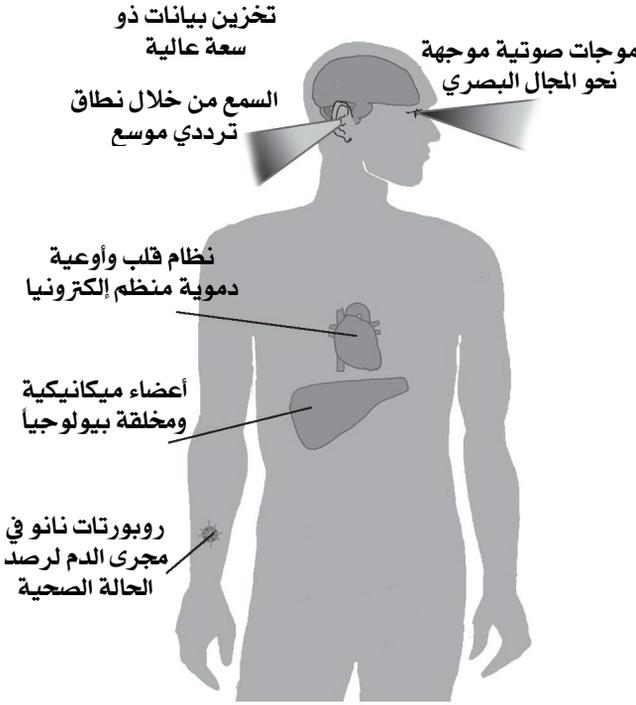
تماماً كما كانت أجهزة الكمبيوتر في وقت ما حكراً على الشركات الغنية والمختبرات التي تقوم بأبحاث حول الأمور المهمة - لكن الآن يوجد واحد في كل بيت - فمن الممكن في يوم ما أن نقوم جميعاً بتصليح الوحدات الأساسية الوراثية للحياة على منضدة مطبخنا، وهذه هي نبوءة فريمان دايسون، فيزيائي خبير بعلم المستقبل في معهد الدراسات المتقدمة في برينستون، حيث اعتقد أن الإبداع الذي قاد صناعة الكمبيوتر إلى مستواها العالي جاء عن طريق الألعاب - عندما وصلت أجهزة الكمبيوتر إلى نقطة أصبحت فيها دمي للأطفال. وقد اعتقد أن نفس الشيء لا بد أن يحدث مع التكنولوجيا الحيوية إذا تمكنا من فتح مغاليتي قدراتها الحقيقية، ولو صح ما قاله هذا فسيكون في إمكان الجميع يوماً ما تصميم نباتات معدلة جينياً لحدائقهم واستخدام التكنولوجيا البيولوجية الصناعية لإنتاج حيواناتنا الأليفة.

الاستنساخ البشري

حاز الاستنساخ البشري العلاجي - وهو نمو الخلايا واستخدامها في العلاج بالخلايا الجذعية - على القبول في بعض الأماكن بالعالم، لكن حتى الآن هناك بعض الصعوبات في تنفيذه - وما يعقب ذلك من مشاكل صحية تضر المستنسخين أثناء عملية النمو والتي تجعل من غير المرجح ألا يتم ردع الاستنساخ التناسلي الكامل للبشر قريباً.

فلماذا قد يرغب أي شخص في ذلك؟ السبب الرئيسي أنها كانت طريقة لعلاج الخصوبة للأزواج المصابين بالعقم والذين استنفدوا كل وسائل محاولات الإنجاب الأخرى. فمن الممكن أن يتم حقن المادة الجينية من الأب في بويضة الأم. والطفل الناتج من هذا من يكون مطابقاً للأب جينياً. إدعي طبيب الخصوبة الإيطالي المستقل دكتور سيفيرون في عام 2003 أنيتودي إنه قد استخدم تقنية الاستنساخ ليساعد ثلاث نساء على الحمل على الرغم من أن الخبراء الآخرين قد قابلوا إدعائه هذا بالشك.

ما بعد الإنسانية



" ما بعد الإنسانية " هو مصطلح يتم استخدامه لوصف تطور الإنسان ما بعد الانتقاء الطبيعي عن طريق قيام العلماء بتغييرات متعمدة، وهذا يشمل التعديلات الجينية والزراعات السبيرانية وبعض التكنولوجيا المصممة لتحسين مدة وكفاءة حياة الإنسان.

فالإنسان المتحول في المستقبل قد يصبح لديه روبوتات من

طب النانو تسبح في دم بهدف علاج ما هو تالف، وقد يتم حقنه بشكل دوري بعقاقير ضد التقدم في العمر، وقد يكون لديه علاج جيني يحميه من الإصابة بالأمراض الخطيرة مثل السكري، والسرطان وأمراض القلب

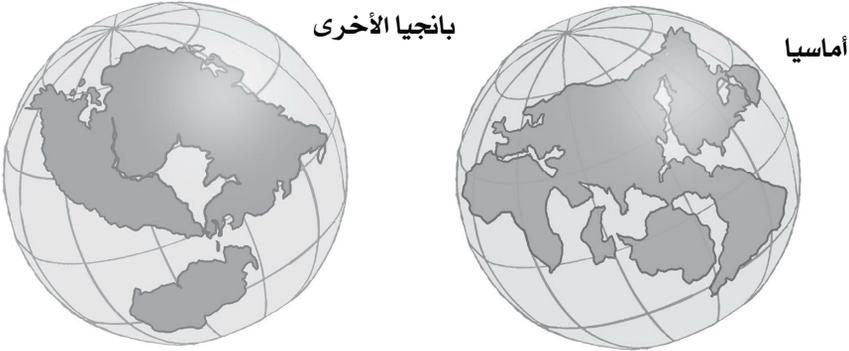
يشعر المتقنون بالقلق لأن " ما بعد الإنسانية " أقرب ما يكون إلى تحسين النسل وقد ينتج عنه تكنولوجيا سلالة تفوق البشر.

الأرض في المستقبل

بانجيا الأخرى

الانجراف القاري يعني حدوث تغيير في هيكله القارات عبر ملايين السنين. ففي الماضي جمعت هذه الحركة كل الكتل الأرضية على سطح الأرض معا فيما يسمى "القارات العظيمة" ويعتقد العلماء إنه سوف يحدث تصادم قاري في المستقبل أيضا، حوالي بعد 250 مليون سنة من الآن، أما الشكل الدقيق لليابسة التي ستكون فما زال قيد النقاش، لكن تم إطلاق اسم بانجيا الأخرى وأماسيا على الاحتمالين المتصدرين. ويعتقد أن بانجيا الأخرى سوف تشكل لو توقف توسع المحيط الأطلنطي وانعكس --يعتقد بعض علماء الجيولوجيا أن هذا ممكن-- مما يؤدي إلى عودة أفريقيا وأوراسيا والأمريكتين قطعة واحدة، وسيؤدي الاندساس إلى إزاحة أفريقيا إلى الشمال ما بين أوراسيا وأمريكا مع اقتراب طرفها الجنوبي من خط الاستواء.

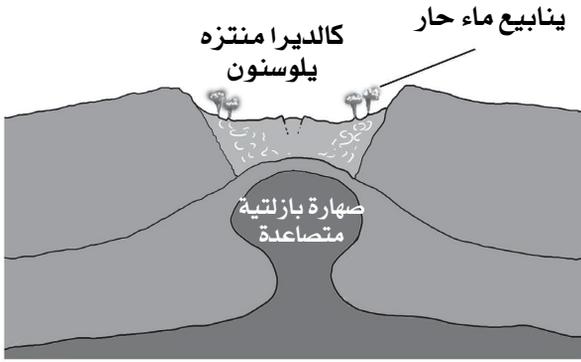
وأما أماسيا فهي سيناريو بديل يستمر فيه المحيط الأطلنطي في التوسع، وتندمج قارتا أوراسيا وأمريكا الشمالية في سيبيريا. وفي هذه الحالة ينكمش المحيط الهادي ليصبح أصغر حجماً من المحيط الأطلنطي قبل أن يختفي تماماً.



البراكين الهائلة

شهد تاريخ الأرض على فترات متقطعة كثيراً من الانفجارات البركانية المفجعة والتي تعرف بالبراكين الهائلة. يستطيع البركان الهائل أن يقذف بحممه البركانية ومواد أخرى

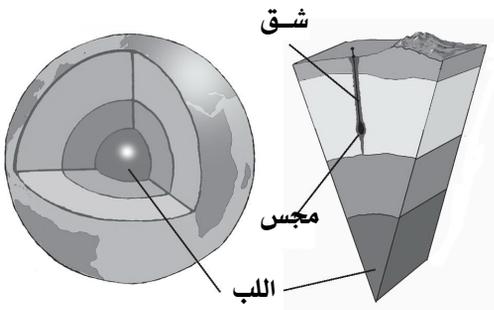
يصل حجمها إلى مليون مرة أكثر من أكبر البراكين العادية مثل بركان فيزوف وبران كراكاتواتا، وعندما ينفجر تعادل طاقته طاقة ثلاثين بركانا؛ لذلك فالبراكين الهائلة لا تشبه الشكل المألوف للبراكين الأخرى التي تتدفق حممها البركانية من جبل يشبه المخروط، بل تتدفق الحمم البركانية للبركان الهائل من غرفة على ما تبدو تحت سطح الأرض بعشرات الكيلومترات، وتقوم كتل من الصخور بحمل الحمم البركانية إلى الأسفل إلى أن يصبح الضغط كبير جداً وتنفجر المنطقة بأكملها.



الانفجارات البركانية الهائلة لديها القدرة على خنق قارات بأكملها وذلك بسبب الحطام البركاني والرماد البركاني المقذوف للغلاف الجوي والذي يستطيع أن يؤثر على المناخ لمئات السنين. في الوقت

الحالي، يسود القلق بسبب البركان الهائل في منتزه يلوستون الوطني الذي يثور مرة كل 600000 عام. وكان آخر انفجار له منذ 640000 عاما. كما أوضحت القياسات أن كالديرا البركان ارتفعت 20 سم ما بين 2004 و 2008 وهذه أكبر زيادة منذ أن بدأت القياسات في عام 1923. بالرغم من ذلك، فإن معدل الارتفاع أصبح أبطأ في عام 2009.

رحلة إلى لب الأرض



أطلق دايفيد ستيفنسون -عالم في معهد كاليفورنيا للتكنولوجيا - مشروع نظري أوضح فيه إمكانية إرسال مسبار فضائي صغير غير أهل بالإنسان إلى لب الأرض، كما كان يخطط لفتح صدع ضخم في قشرة

الأرض باستخدام قنبلة نووية لإسقاط مسبار بحجم ثمرة الليمون الهندي (الجريب فروت).

بالإضافة إلى آلاف الأطنان من الحديد المنصهر- ما يساوي مخلفات مصانع العالم من الحديد أسبوعياً، ولأن الحديد يزن ضعف وزن الصخور المحيطة لذلك يغوص ليصل إلى اللب في أيام قليلة حاملاً معه المسبار. استخدم ستيفنسون للتواصل مع هذا الجهاز الموجات الزلزالية والإهتزازات الصوتية التي تنتقل عن طريق الأرض. كما اعتقد ستيفنسون أن هذا المشروع يمكن أن يتم بتكلفة تصل إلى 10 مليار دولار وهذا جزء بسيط مقارنة بما تم إنفاقه على الاستكشاف الآلي للفضاء حتى الآن.

التحكم في الطقس

إن تغيير الطقس ليس صعباً كما يعتقد البعض. ففي عام 1946، اكتشف الكيميائي الأمريكي فنسنت شايفر مبدأ تلقيح السحب وهو نثر جزيئات كيميائية (مثل يوديد الفضة) في الهواء والتي تكون بمثابة نواة تكثيف وتُشكل حولها قطرات ماء وغيوم، والغرض من ذلك هو زيادة هطول المطر على المناطق الجافة.

والعملية العكسية ممكنة أيضاً؛ ففي عام 2008 أثناء دورة الألعاب الأولمبية قامت السلطات الصينية بنشر المواد الكيميائية باستخدام الطائرات وقاذفات صواريخ وأسلحة مضادة للطائرات لفصل السحب الممطرة قبل أن تصل إلى الملعب.

في الوقت نفسه قدم روس هوفمان- عالم في معهد ناسا للمفاهيم المتقدمة- مشروعات عظيمة، فقد قام باستخدام المحاكاة الحاسوبية التي تكشف بطريقة نسبية كيف يمكن للتغيرات الصغيرة في درجات الحرارة - من 2 ل 3 درجة مئوية- أن تؤثر بشكل كبير على تغيير مسار الإعصار، كما قدم شبكة من الأقمار الصناعية تدور في مدار حول الأرض تستطيع أن تفتت الأعاصير الناشئة مع الموجات الدقيقة. تتكون الغيوم في الإعصار من المياه ولهذا تقوم الغيوم بامتصاص الإشعاع. وهذه خطة لتجنب الكوارث مثل التي نجمت عن إعصار كاترينا في عام 2005.

إنحراف الكويكبات

إن التأثيرات الكونية - اصطدام مذنبات وكويكبات من الفضاء بكوكب الأرض - لها خطر كبير على كوكب الأرض، ولكن هناك خبر سار يؤكد أن العلماء توصلوا إلى استراتيجيات مختلفة للتصدي لأي جسم خطير في الفضاء قبل أن يصطدم بالأرض، منها الأسلحة النووية التي تم استكشافها من قبل هوليود. ولتكون هذه الأسلحة فعالة، فنحن بحاجة إلى التأكد من أن الانفجار لم يفتت الكويكب إلى عدد من القطع الصغيرة - بشكل فعال تتحول من رصاصة بندقية إلى انفجار اضطراري - وهناك تأثيرات حركية وهي اصطدام جسم ضخم بالمذنب أو الكويكب لتغيير مساره. أما الخطة غير المتوقعة فهي دهان الكويكب؛ فالألوان المختلفة تمتص الحرارة وتعكسها من الشمس بنسب مختلفة ثم بعد ذلك تشع الحرارة التي تبذل قوة يمكنها تغيير مسار الكويكب إذا ما أعطيت وقتاً كافياً.

الفضاء في المستقبل

الأشعة المغناطيسية

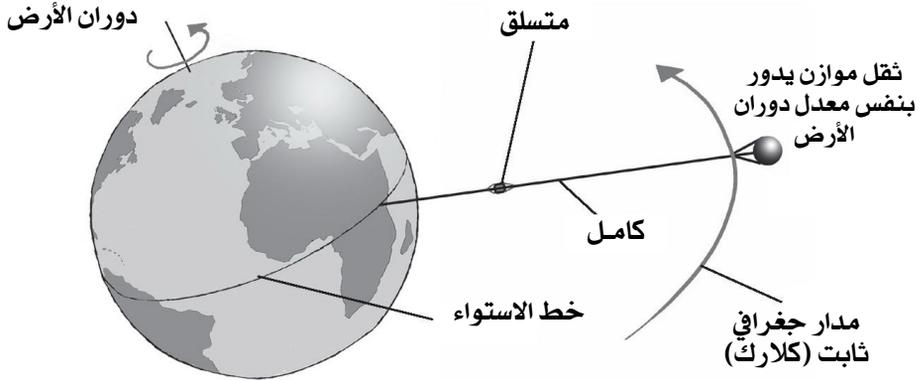
في حين اعتمدت الأشعة الشمسية على قوة الدفع الموجودة في ضوء الشمس، يعتقد بعض العلماء إنه من الممكن أن توجد قوة الدفع في جزيئات الرياح الشمسية المشحونة كهربيًا التي تتصاعد من أقرب نجم لنا. بدلا من استخدام سطح صلب مثل الشراع لالتقاط الجزيئات - هذا ما يطلق عليه الشراع المغناطيسي - فإن المركبة الفضائية تقوم بتوليد مجال مغناطيسي هائل حول نفسها ثم يقوم هذا المجال بتحريف كل جزيئات الرياح الشمسية وبالتالي تتلقي المركبة ضربة تزيد من سرعتها.

كما تضم التصميم القياسية للأشعة المغناطيسية حلقة عملاقة من الأسلاك فائقة التوصيل قطرها تقريبا 50 كم (30 ميلا) لكن وزنها في حدود 40 طن وهي كتلة أكبر من أن تنفجر في المدار. أحد الطرق التي بحثتها ناسا للالتفاف حول ذلك هو استخدام البلازما لتكبير المجال المغناطيسي من حلقة صغيرة من السلك - بنفس الكيفية التي تتمدد بها البلازما المحيطة بالشمس من وصول مجالها المغناطيسي ليشمل النظام الشمسي كله.

المصعد الفضائي

إن إطلاق الأقمار الصناعية والمركبات الفضائية خارج الغلاف الجوي للأرض أمر مكلف للغاية؛ حيث تصل تكلفته إلى آلاف الدولارات لكل كيلو جرام. يعتقد العلماء أن هناك مشروع واحد هو الذي يستطيع تخفيض هذه النفقات والذي يسمى "المصعد الفضائي" - قاعدة انطلاق تقوم برفع الأحمال إلى الفضاء باستخدام كابل طويل. وتشير التقديرات إلى أن المصعد الفضائي قد يخفض التكاليف لأقل من 50 دولار لكل كيلو جرام - بمجرد استعادة المبلغ الذي تم إنفاقه على البناء (يقدر حالياً بنحو 40 مليار دولار).

أشار رائد الفضاء الروسي كونستانتين تسيولكوفسكي إلى الجوهر الأساسي عام 1895 الذي اقترح بناء برج يؤدي إلى الفضاء عام 1959. كان الروسي يوري ارتست نوف أول من اقترح أن يكون هناك كابل يتعلق من ثقل موازن. أما الإصدارات الحديثة تستخدم مساراً متسلسلاً يسافر صعوداً وهبوطاً بكابل ثابت بين سطح الأرض ومدار الأرض. ولكن كان هناك عائق في تصميم المصاعد الفضائية وهو عدم وجود كابل قوي يتحمل وزنه ولكن تطور أنابيب الكربون النانوية قد يحل هذه المشكلة الآن.



قاعدة القمر

استخدامات القاعدة على سطح قاعدة القمر متعددة. فالقمر هو نقطة انطلاق طبيعية يتم منها إطلاق المركبات الفضائية إلى أماكن أخرى في النظام الشمسي مثل المريخ. وتعتبر هذه القاعدة ساحة تدريب مثالية لمستوطنين المريخ المستقبليين.

اقترح آخرون تحديد موقع لمركز فلكي على الجانب الآخر من القمر ويكون محجوبًا عن توهج الأرض، وكان هناك فائدة عسكرية حتمية، لكن التكلفة الضخمة لُبْناء وتشغيل مشروع بهذا الحجم مع تغييب المساعدة الدولية أدت دائمًا إلى إغائه إلى الآن. قد يتغير هذا في المستقبل بسبب اعتقاد البعض أن القمر غني لوجود الهليوم 3 الذي يعتبر مصدر لوقود الانصهار القائم على أنظمة الكهرباء النووية فربما أول مستوطن قمري سيكون عامل مناجم.

الاتصال الفضائي

في عام 1960، بدأ رائد فضاء يُدعى فرانك دريك يجتاح السماء مع طبق راديو 26 مترا (85 قدما) يقع في جرين بانك بفيرجينيا الغربية. لم يكن فرانك دريك ينظر إلى النجوم أو المجرات ولكنه كان يبحث عن إشارات راديوية من حياة خارج كوكب الأرض، وهذه التجربة كانت الأولى في سلسلة التجارب التي تفحص موجات الإرسال الكونية التي يتم إرسالها من الحضارات الأخرى وهذا يقع تحت مصطلح سيتي (SETI) - اختصار لمشروع فلكي يهتم بالبحث عن ذكاء خارج الأرض - (ابحث عن ذكاء في الكون) ومع ذلك كل هذه التجارب لا تجدي نفعا حتى الآن.

يعتقد علماء سيتي أن مع وجود عدد من النجوم في مجرة درب التبانة، فإن من المستحيل أن تكون الأرض هي العالم الوحيد الذي به حياة ذكية؛ لذلك فهم يعملون على 350 طبق راديو 6 متر لتنتج قوة تساوي قوة تلسكوب لاسلكي واحد يصل إلى 100 متر (330 قدما). وأن كان هناك حياة ذكية في أي مكان في مجرتنا فسوف يجدها هذا التلسكوب. (يُسمى هذا التلسكوب مصفوفة تلسكوب ألين نسبة إلى بول ألين - مؤسس مايكروسوفت - الذي قام بتمويل هذا المشروع).

تهيئة الكواكب لتكون صالحة للحياة

هو إجراء افتراضي يتم فيه تصميم الغلاف الجوي للكوكب ليكون مثل كوكب الأرض. الأول في عملية الاستصلاح هو كوكب المريخ والذي يشبه كوكب الأرض في الحجم

ومعروف بأن لديه مياه جليدية تحت سطحه ومن الممكن أن تذوب. تتطلب هذه العملية تقنيات لتوليد كميات كبيرة من الأكسجين مثل استخدام النباتات المعدلة وراثيا واستخدام الغازات المسببة للاحتباس الحراري؛ لزيادة درجة حرارة السطح لإذابة الجليد في المريخ. صرح بعض العلماء أن هذه العملية من الممكن أن تتم عن طريق توجيه النيازك الغنية بأمونيا الغازات الدفيئة لمسار تصادمي مع المريخ، ويقول مؤيدو التهيئة إنه من الواجب تطوير التكنولوجيا للحفاظ على جنسنا البشري.

آلات فون نيومان

تنبأ جون فون نيومان أن أول اتصال فضائي لنا ليس مع رجل أخضر صغير ولكن مع رجال آليين لامعيين. جون فون نيومان هو عالم رياضيات مجري الأصل والذي أشار في أواخر الأربعينيات إلى أن أنجح وسيلة للتحضر واستكشاف المجرة هي بناء أسطول ذاتي لاستنساخ الرجال الآليين الذين يستطيعون السفر من نجم إلى نجم آخر ويقومون بجمع الملاحظات العلمية وخلق نسخ من أنفسهم. ومنذ ذلك الحين يعرف هؤلاء الرجال الآليون باسم آلات فون نيومان.

فكرة هذه الآلات أن الإنسان الآلي سوف يصل إلى نظام نجوم بعيدة، ويقوم باستخدام المواد الخام هناك مثل المعادن من النيازك لخلق نسخ عديدة من نفسه أو ربما باستخدام الهندسة الجزيئية، وبعد ذلك سيتم إرسال مركبة فضائية وبها عدد من الرجال الآليين إلى عوالم أخرى حيث تتكرر هذه العملية وبهذا فإن آلات فون نيومان قد تستطيع استعمار المجرة بأكملها بعد حوالي 300 مليون عام.

نقطة أوميغا

نقطة أوميغا هي نظرية خاصة بالمصير النهائي للكون. صاحب هذه النظرية هو فرانك تيلر وهو فيزيائي في جامعة تولين بولاية لويزيانا. تشير هذه النظرية إلى أن العالم سوف ينهار وهذا السيناريو معروف باسم "الانسحاق العظيم".

يقول فرانك تبلر أن الحياة سوف تنمو لتشمل الكون كله وستقوم بتسخير كافة إمكاناتها كجهاز الحاسوب. ويدعي بأن هناك قوانين خاصة بالفيزياء قامت بحساب قوة الكمبيوتر والتي ستزداد أضعافاً مضاعفة - معدل هذه الزيادة أسرع من موت الكون كله في الانسحاق العظيم - وهذا يعني أن وقت الحوسبة المتاح داخل الجهاز سيصبح بلا حدود على الرغم من أن الوقت خارج الكون محدود. يعتقد تبلر أن الحياة سوف تستمر إلى الأبد على هيئة محاكاة حاسوبية داخل هذا الكمبيوتر، كانت هذه النظرية محل جدل إلا أنها حظت بمؤيدين لكن على الرغم من ذلك، عارض معظم العلماء النتيجة الأخيرة لتبلر - التي قالت أن نقطة أوميغا هي الله.

الصحة والطب في المستقبل

تجميد الجثث

هو أسلوب تجميد جثث الموتى عن طريق استخدام نيتروجن عالي البرودة درجة حرارته (-130 درجة مئوية / -202 فهرنهايت) على أمل أن تساعد التكنولوجيا المستقبلية في إحيائه مرة أخرى. تركز جدوي هذه التقنية على أساس أن خلايا الجسم البشري تستغرق عدة ساعات حتى تموت كلياً بعد توقف القلب، وتكمن الفكرة في أن الجسم فور موته يتم تجميده ويظل على هذه الحالة، فمن الناحية النظرية فقد تقدم العلم إلى درجة أن أولاً عملية التجميد يمكن عكسها وثانياً إنه يمكن معالجة المرض الذي مات المريض بسببه.

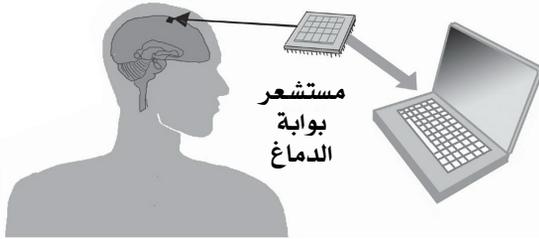
وفي نهاية عام 2009، ورد في أحد تقارير مؤسسة (الكور) لإطالة الحياة أن 89 مريضاً قد تم حفظهم في سائل النيتروجن، بعضهم حفظت أجسامهم كاملة والبعض الآخر حفظت أعصاب - حيث حفظت رؤوسهم فقط، وقد بلغت رسوم مؤسسة (الكور) 150.000 دولار بالإضافة إلى 500 دولار كرسوم عضوية سنوية مقابل حفظ الجسد كاملاً و80.000 دولار مقابل حفظ الأعصاب.

الخلود

توصل بعض العلماء إلى قناعة بأن الموت "على الأقل لأسباب طبيعية" قد أصبح جزءاً من

الماضي، وأحد هؤلاء العلماء هو عالم المستقبلات الأمريكي "راي كورزويل" الذي صرح في عام 2005 لمجلة "نيو ساينتست" بأنه لا يخطط للموت، ولكنه أطلق على خطته لتحقيق الخلود اسم "جسر إلي جسر" والتي تعني الاستفادة من التطور السريع في العلوم الطبية عن طريق عدة خطوات أو جسور؛ ويتمثل الجسر الأول في تناول الإنسان حوالي 150 نوع من المكملات الغذائية يوميًا و10 أكواب من المياه القلوية و10 أكواب من الشاي الأخضر، وذلك لمكافحة الجذور الحرة، ويأمل من خلال ذلك أن يتماسك جسم الإنسان إلى أن يصل العلم إلى الجسر الثاني الذي يتمثل في تقنيات الطب الوراثي مثل تقنيه الجينوم الشخصي والعلاج الجيني الذي بين أن احتمالات الإصابة بأمراض خطيرة يمكن تقييمها وعلاجها إذا لزم الأمر، ويأمل حينها أن يظل جسم الإنسان متماسكًا إلى الجسر الثالث والذي يتمثل في تقنيه "طب النانو" والتي يصبح وقتها ممكنا استخدام سرب من الروبوتات الصغيرة في مجري الدم لإصلاح الأضرار التي لحقت بجسم الإنسان باستمرار والتي نتجت عن الشيخوخة.

التحكم عن طريق العقل



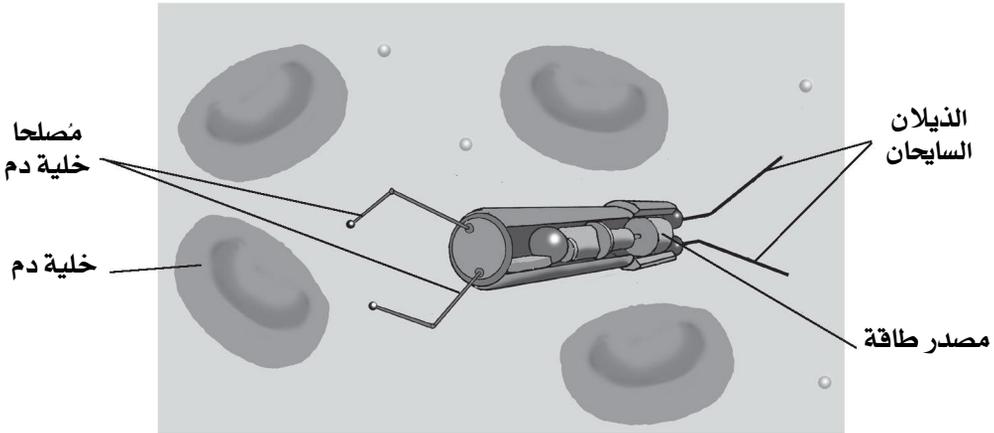
تمكن الزراعات السيبرانية ذوي الاحتياجات الخاصة "المعاقين" من التحكم في أجهزة الكمبيوتر الخاصة بهم من خلال قوة التفكير. حيث إنه في عام 2004

كان (ماثيو ناجل) البالغ من العمر 24 عاما مؤهلا لاستخدام جهاز تجريبي يسمى "برينجيت" وكان وقتها قد أصيب بشلل رباعي ناجم عن عدة طعنات بالسكين في فقرات الرقبة. على الناحية الأخرى فإن هذا الجهاز "برينجيت" يتكون من أقطاب كهربائية يتم تثبيتها على سطح القشرة الحركية للمخ "منطقه السيطرة على الحركة". وقد تم برمجته لتعرف أنماط النشاط الالكتروني في قشرة المخ والتي تتم عن طريق تفكير "نيجل" في الحركة إلى اليمين أو اليسار أو إلى الأعلى والأسفل، وسرعان ما يكون قادرًا من خلال إنتاجها على التحكم في

التيلفزيون وجهاز الكمبيوتر الخاص به وأيضًا مع توافر الكفاءة الكافية لممارسه لعبة "تيترس". كما إنه في عام 2009 كان القرد قادرًا على استخدام جهاز يمكنه في التحكم في ذراعه الإصطناعية، وهذا بدوره يعطي الأمل لأصحاب الأذرع المبتورة في أن التكنولوجيا من الممكن في يوم ما أن تمكنهم من التحكم في أطرافهم الإصطناعية بمجرد التفكير.

طب النانو

الهندسة الجزيئية أو تقنية النانو هي علم صنع آلات يبلغ حجمها بضعة مئات من النانو متر "ملايين الأجزاء من المتر. حيث أن التطور السريع في هذا المجال يعد بمجموعة كبيرة من التقنيات الجديدة المذهلة؛ أحداها هو فكرة أن روبوتات النانو الطبية يمكنها السباحة مع مجري الدم في جسم الإنسان لإصلاح الجروح والإصابات الأخرى، وأيضًا مكافحة العدوي، بل وتصل إلى درجة إصلاح تلف الحمض النووي الذي قد يؤدي إلى الإصابة بالسرطان. ويعتقد "روبرت فريتاس" من معهد التصنيع الجزيئي في بالو ألتو بكاليفورنيا أن روبوتات النانو الطبية التي يمكن إنشاؤها من أشكال متينة من الكربون مثل الماس أو الجرافيت قد تصبح حقيقة بحلول عام 2030.



لقاح الإيدز

في عام 1984 عندما تم التأكد من أن فيروس نقص المناعة البشرية هو المسبب لمرض الإيدز كان من المتوقع أن يوجد لقاح لهذا الفيروس في غضون عامين، كان ذلك منذ أكثر

من 25 عاماً، وإلى الآن لم يعثر على هذا اللقاح. وبنهاية عام 2008 كان مرض الإيدز قد قتل أكثر من 33 مليون شخص حول العالم. واحدة من أهم المشاكل أن فيروس نقص المناعة البشرية يتطور بسرعة كبيرة ويتكيف مع البعثات الجديدة من خلال عملية الانتخاب الطبيعي، وهذا يعني أن أي لقاح يتم تطويره لمكافحة سلسلة واحدة من الفيروس من الممكن أن يكون غير فعال مع أجيال أخرى من الفيروس أكثر تطوراً. ومما أدى إلى إرباك الباحثين أن معظم اللقاحات تعمل عن طريق تدريب الجهاز المناعي للمريض باستخدام فيروس غير نشط ولكن فيروس نقص المناعة البشرية الغير نشط ليس له أي تأثير. ولكنه برغم ذلك يوجد بصيص من الأمل حيث إنه في عام 2008 خضع مريض مصاب بفيروس نقص المناعة البشرية لعملية زرع نخاع عظمي بسبب سرطان الدم وبعد مرور شهرين من إجراء أجهزته لم يعثر على هذا الفيروس مرة أخرى؛ ويبدو أن السبب في ذلك أن المتبرع كان لديه طفرة معينة في الجينات وفي مستقبلات تسمى (CCR5) وهي المستقبلات التي يدخل من خلالها الفيروس إلى خلايا جسم الإنسان، ولكن من الناحية الأخرى فإن عملية زرع نخاع عظمي بها درجة مجازفة كبيرة لذلك لا يمكن إعتبارها علاجاً في حد ذاتها ومع ذلك فإن هناك أمل في أن تقنيات الطب الوراثي مثل (RNAI) من الممكن أن تكون قادرة على استهداف الجين المسبب للإيدز.

إعادة وصل العمود الفقري

تعتبر إصابات العمود الفقري خطيرة ومدمره بدرجة كبيرة؛ حيث إنه في حالة إصابة الجهاز العصبي الطرفي فإنه يمكن علاجه في كثير من الأحيان، أما الجهاز العصبي المركزي الذي يضم الحبل الشوكي فلا يمكن علاجه. وبالرغم من ذلك فإنه يوجد العديد من الآمال والطموحات للعلاج عن طريق الخلايا الجذعية التي تتم من خلال زرع هذه الخلايا في مكان الإصابة وبمرور الوقت تصبح هذه الخلايا أليفاً عصبية جديدة. وفي مطلع عام 2010 كان البحث العلمي قد قدم أمالاً واعدة لعلاج إصابات العمود الفقري باستخدام الخلايا الجذعية والمعروفة باسم (GRNOPC1).

إن إتقان جراحة إعادة توصيل العمود الفقري سوف يمكن المرضى الذين يعانون من

فشل في عدة أعضاء بالجسم أو يعانون من إصابات خطيرة من الخضوع لعملية زرع كامل للجسم - يمكنهم حرفياً زرع رؤوسهم على جسد جديد تم التبرع به لهم، ويعد هذا النوع من التكنولوجيا الطبية مهم جداً للمرضي الذين خضعوا إلى الحفظ العصبي قبل إحيائهم.

العلوم الاجتماعية في المستقبل

المال في المستقبل

تنبأ الراحل العظيم وكاتب الخيال العلمي "آرثر كلارك" ذات مرة إنه بحلول عام 2016 ستلغى جميع العملات في العالم لصالح وحدة عالمية من المال وهي "الميجاوات/الساعة" وهي وحدة لقياس الطاقة المتولدة وأيضاً لقياس استهلاك الطاقة، وكانت حجته في ذلك هي أن العملات التقليدية المبنية على الثروة المادية للأمم تقاس على أساس احتياطها من الذهب ، وأن ذلك لن يصبح له قيمة في المستقبل حيث سيتم استخدام التكنولوجيا كمقياس لتحديد مدي تقدم الأمم، وأن أقوى الدول ستكون تلك التي تملك المقدرة على استخدام التكنولوجيا وأيضاً التي تملك أكبر احتياطي من الطاقة. جدير بالذكر إنه في عام 2009 كان متوسط تكلفة استخدام "ميجاوات/ساعة" من الكهرباء في المملكة المتحدة 139 يورو أما في الولايات المتحدة فكان 120 يورو، وهذه الطاقة تكفي لإضاءة لمبة 100 وات لمدة 10.000 ساعة متواصلة.

حكومة التوقعات (Futarchy)

تمثل أسواق التوقع (Prediction markets) أداة قوية للتكهن حول كل شيء بدءاً من حالة الطقس وحتى التكهن حول من سيفوز بالانتخابات السياسية، لكن إذا تمكن روبن هانسن -عالم اقتصاد بجامعة جورج ماسون بفيرجينيا- من إقناع الآخرين فبالتالي أي شخص يفوز بالانتخابات قد يستخدم لتلك الأسواق أيضاً - لوضع سياساته. وقد اقترح هانسن نظاماً كاملاً لحكومة قائمة على توقعات السوق، وكانت فكرته التي أطلق عليها (futarchy) هي أن يضع مستثمرو السوق أموالهم وراء قرارات السياسة الأساسية، والسياسات ذات النصيب الأكبر هي فقط التي تصبح فيما بعد قوانين، ويستمر الممثلون

المنتخبون في القيام بالإدارة اليومية لشؤون الدولة إلا أن القرارات بشأن سياساتهم يتخذها متنبؤو السوق.

اقترح هانسن أن أحد المقاييس الجيدة التي يمكن أن تعتمد عليها المراهنات في السوق لاحقًا هو الناتج المحلي الإجمالي للبلاد (GDP)، وهو مقياس عام لمدى نجاح الأمم، وبالتالي سيراهن المستثمرون على السياسات التي يعتقدون أنها ستؤدي إلى زيادة الناتج المحلي الإجمالي، والسياسات التي ستؤدي في نهاية المطاف إلى زيادة الناتج المحلي الإجمالي ستجلبُ الأموال لمؤيديها.

المجرات الامبراطوريات

كم من الوقت تستغرقه حضارة ترتاد الفضاء في إقامة إمبراطورية تمتد عبر المجرة؟. "سيث شوستاك" وهو عالم فلكي بارز في معهد (البُحث عن ذكاء خارج الأرض) للبحوث الفلكية في ماونتِن فيو بكاليفورنيا - يوازي بين الإمبراطوريات التي نشأت على الأرض على مر التاريخ. قديماً كانت الإمبراطورية الرومانية تمتد في معظم أنحاء أوروبا وكانت قادرة على الرد على التهديدات بمعنى أنها قادرة على تحريك قواتها من احد جوانب الإمبراطورية إلى الجانب الآخر في عدة شهور. وبالمثل امتد تأثير الإمبراطورية البريطانية في جميع أنحاء العالم لكن بتقنية نقل أفضل فكانت قادرة على الرد على أية تهديدات في غضون أشهر قليلة.

يعتقد "شوسياك" إنه سيتم تطبيق نفس القيود على الإمبراطوريات في الفضاء وأن أكبر إمبراطورية ممكنة هي التي يمكن اجتيازها فيما لا يزيد عن شهرين، وحتى السفر بسرعة الضوء يجعل اقرب النجوم - وهي على بعد سنين ضوئية - بعيد المنال. ويجعل من وجود إمبراطوريات المجرة أمرًا غير مرجح - على الرغم من أن "إمبراطورية الشمس" التي تمتد عبر كواكب المجموعة الشمسية وأقمارها ربما تكون مستدامة.

السياسة الفضائية

كيف سيؤثر وصول أحد أشكال الحياة غير الأرضية إلى كوكب الأرض على مجتمعنا؟ في عام 1938 تسببت رواية "أورسون ويلز" عن حرب العوالم في حالة من الذعر الشديد

في أمريكا حيث اعتقد المستمعون أنهم يستمعون إلى تقارير إخبارية حقيقية عن غزو المريخ للأرض، لكن ماذا لو كان الاتصال سلمياً؟ يعتقد "البرت هاريسون" -طبيب نفسي في جامعة كاليفورنيا ديفيس- أن هذا هو السيناريو الأكثر احتمالاً وأن تحديد إشارة غريبة من الممكن أن تكون مفيدة للمجتمع ويكون لها تأثير توحيدي يؤدي إلى ربط مجتمعنا الممزق.

المعرفة والمعلومات والحوسبة في المستقبل

الواقع الافتراضي المستقبلي

أن الواقع الافتراضي يخلق بيئة اصطناعية للمستخدم عن طريق تحفيز الحواس مثل النظر والسمع عن طريق استخدام الصور والأصوات. كما أن التكنولوجيا الحديثة أظهرت إنه من الممكن تجاوز شبكة الجسم الحسية، لذلك فإن أجهزة الكمبيوتر يمكنها التفاعل مع المخ مباشرة من خلال تغذيتها بالصور مباشرة داخل القشرة البصرية. جدير بالذكر أن شركة الترفيه المنزلي "سوني" لديها براءة اختراع في هذه التقنية باستخدام الموجات فوق الصوتية، أيضاً مع امتزاج هذه التقنية بتكنولوجيا التحكم في العقل فإنها تسمح لمخ المستخدم بالتجول في الإنترنت والعوالم الافتراضية بدون الحاجة إلى استخدام الماوس أو لوحة المفاتيح.

التخاطر الاصطناعي

كما أعطيت عمليات زرع المخ لذوي الاحتياجات الخاصة القدرة على التحكم في أجهزة الكمبيوتر الخاص بهم، فإن بعض العلماء يتساءلون هل من الممكن أن تخلق تكنولوجيا مماثلة تمكنهم من خلق نوع من التخاطر بين البشر.

تخيل الدكتور "روبرت فريتاس" - من معهد التصنيع بكاليفورنيا - سرباً من الروبوتات النانومترية الحجم التي يمكنها البقاء داخل المخ البشري ورصد أفكار الشخص المضيف، فإن أي أفكار مراد نقلها للمخ يمكن أن تبتث إلى الروبوتات عن طريق الموجات فوق الصوتية لمحور مركزي مزروع داخل الجمجمة، وهو الذي يقوم بتحويل البيانات إلى إشارات لاسلكية للخارج. وبطريقة مشابهة لمكالمة الهاتف المحمول من داخل رأسك،

فإنك سوف تقوم باختيار شخص ما للاتصال به من عقلك وتقوم هذه التقنية بتحويل هذه المكالمات إلى محور مماثل داخل مخ المستلم.

إن روبوتات النانو تلك في مخ المستلم تحفز الأعصاب السمعية مباشرة وتسمح لهم بسماع أفكارك، ومن ثم تقوم بالرد عليك عن طريق استخدام نفس التقنية. يأمل دكتور "فريتاس" أن تصبح تقنية التخاطر تلك حقيقة بحلول عام 2050.

وعي الإنترنت

هل يمكن للتقدم التكنولوجي أن يصل إلى درجة أن يمكن للبشر تحميل أدمغتهم على جهاز الكمبيوتر؟ قد لا يكون هذا بعيد المنال كما يبدو.

إن مشاريع بناء العقول الاصطناعية اليوم - عبارة عن أجهزة إلكترونية تحاكي وظيفة المخ البشري - متقدمة للغاية.

عالم المستقبلات السويسري "آيان بيرسون" يؤمن إنه بحلول عام 2050 يمكننا الاستغناء عن علم الأحياء وأن نقوم بتحميل عقولنا الواعية إلى أجهزة الكمبيوتر بشكل دائم، وأن المرضى المستخدم تجاههم تقنيه "تجميد الجثث" يمكن إحيائهم مرة أخرى بهذه الطريقة، هذه التكنولوجيا من الممكن أن تؤدي إلى الخلود - على اعتبار أن أجهزة الكمبيوتر لن تتحطم أبداً.

إنترنت المجرة

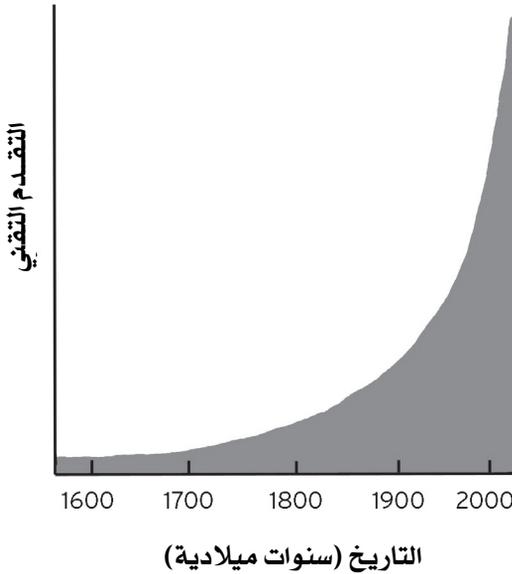
اقترح الكاتب "تيموثي فيريس" هذا المصطلح في أواخر عام 1980؛ إنترنت المجرة هو مفهوم يعني تسريع الاتصال بين الحضارات المنتشرة في أنحاء المجرة. الفكرة الأساسية أن تقوم كل السلالات الذكية بتحميل كافة المعلومات عن حضارتها إلى جاسوب خادم ويب مثبت داخل مركبة فضاء، ويتم إطلاق هذه المركبة في الفضاء الخارجي وتبدأ في بث المعلومات إلى جميع النظم المجاورة لها، كما يتلقي كل مسبار المعلومات من مسبار آخر ويقوم بإرسال المعلومات إلى المركبة وأيضاً يضيفها إلى المعلومات التي تبث للخارج. بعض إصدارات هذه التقنية تقوم خوادم المركبات الفضائية باستنساخ نفسها مثل آلات "فون نيومان".

شبكة منارات المجرة تعني أن المعلومات عن الحضارات التي تبعد مئات الآلاف من السنين الضوئية يمكن أن تصل إلى الأرض في غضون بضعة مئات من السنين الضوئية.

حد بيكينستين

من المعروف أن أجهزة تخزين البيانات أصبحت أصغر من أي وقت مضى، ولكن إلى أي درجة من الصغر يمكن أن تصل؟ عالم الفيزياء بالجامعة العبرية "يعقوب بيكينستين" عمل على حساب أصغر حجم يمكن في ضغط كمية معينة من المعلومات، وقد اعتمد "بيكينستين" على وجود تشابه مع فيزياء الثقب الأسود؛ حيث تخضع المعلومات لقواعد مماثلة لقوانين الديناميكا الحرارية. وكان قادرا أيضا على إثبات إنه إذا كانت وسيلة التخزين تحتوي على كمية كبيرة من المعلومات تتجاوز ما يسمى بـ "حد بيكينستين" وتم اسقاطها في ثقب اسود سوف يؤدي هذا إلى انتهاك القانون الثاني للديناميكا الحرارية، وهو قانون فيزيائي مقدس. كما أن حساباته تشير إلى أن رقاقة ذاكرة جهاز الكمبيوتر طولها أجزاء من الآلاف من المليمترات في المستقبل يمكنها تخزين ما يصل إلى 2210 بايت من البيانات أي حوالي تريليون أو 1210 جيجابايت.

التفرد



الذكاء الاصطناعي القوي أتاح احتمالية أن يتمكن العلماء في يوم ما أن يقوموا بتخليق مخا اصطناعيا يفوق ذكاء وقوة العقل البشري فيما يعرف بـ "الذكاء الخارق". وعندما يحدث ذلك فإن هذا المخ الخارق سيكون لديه القدرة على إعادة تصنيع نفسه بشكل أكثر ذكاء، وبالتالي سيكون أذكى وأسرع من البشر.

إذا كانت خلايا المخ البيولوجي يمكنها إطلاق النار حوالي 200 مرة في الثانية الواحدة (بتردد 200 هرتز)، فإن أجهزة الكمبيوتر الحديثة يمكنها إطلاق أكثر من ذلك بتردد 2 جيجاهرتز (حوالي 2 بليون هرتز). هذا يعني أن كل الأفكار التي يستطيع العقل البشري القيام بها في عام يمكن للكمبيوتر القيام بها فيما لا يزيد عن 3 ثوان. مع كل تصميم جديد لهذا الذكاء الخارق فإنه يصبح أقوى وأسرع مما يؤدي إلى زيادة معدل التقدم من أي وقت مضى، ليس فقط في مجال الحوسبة ولكن أيضا في جميع المجالات. وهذا المعدل سرعان ما يتطور وصولا إلى السرعة الغير محدودة وأن تلك النقطة التي يصل إليها هذا التقدم التكنولوجي تعرف باسم " التفرد"؛ وقد وضع هذا المصطلح لأول مرة من قبل كاتب الخيال العلمي "فيرنور فيجي"، وبعد ذلك اكتسب شهرته بفضل المخترع الاميركي وعالم المستقبلات "راي كروزويل" الذي توقع أن هذا سيحدث قبل نهاية القرن الحادي والعشرين.

العلوم التطبيقية في مستقبل

الطرق السريعة المؤتملة

كيف تجرؤ على القيادة بسرعة 110 كم/س وتبعد فقط بمسافة متر عن السيارة التي تقع أمامك؟ في يومنا هذا تعد تلك القيادة نوعاً من الانتحار، أما في المستقبل سيكون هذا طبيعياً بفضل الطرق السريعة المؤتملة. بمجرد أنك سلكت الطريق السريع سوف تتحول قيادة السيارة ألياً إلى نظام الكمبيوتر المركزي الذي يدير حركة المرور على هذه الطرق في وقت واحد من خلال وصلات لاسلكية. حيث إنه يقوم بالتحكم بدواسة الوقود والمكابح وأيضا توجيه السيارات عن طريق علامات مغناطيسية على الطريق تقوم بتحديد سرعة وموقع السيارة. أيضا سوف تتحرك السيارات في أسراب حوالي 12 مركبة، حيث أن جميع السيارات تسير على إيقاع محدد وبين كل سرب وآخر مسافات محدد للحد من الضرر إذا حدث تصادم.

مؤيدو هذا النظام يرون إنه النظام الأكثر أمانا وأنه يسمح بزيادة حركة المرور على هذه الطرق.

في عام 1997 قامت ولاية كاليفورنيا بإجراء تجارب مماثلة في القسم الشمالي من ولاية سان دييجو، وأيضا كانت هناك محاولات اخري بين عامي 2007 و2010 في ولاية كاليفورنيا.

السيارات الطائرة

الانتقال عبر الجو عن طريق القفز داخل أو خارج سيارتك بسهولة هو مجرد تخيل علمي رافقنا لسنوات عديدة، وللأسف لم يتحقق هذا في العالم الحقيقي. جدير بالذكر أن سيارات "مولر الطائرة" التي قام بتصنيعها "بول مولر" هي أقرب ما حققناه في هذا المجال وهي عبارة عن مركبة لها أربعة مقاعد مزودة بثمان محركات هوائية. ويقال أن أقصى سرعة لها هي 576 كم/س على مدي 1207 كم، ووفقا لما قاله مولر، فإن أصحاب تلك السيارة لا يحتاجون إلى رخصة طيران كاملة نظرا لطبيعة التحكم الآلي في السيارة، وعلى الرغم من مرور 40 عاما على تطوير السيارة إلا أنها لا تزال في مرحلتها الأولى قادرة فقط على التحليق على بعد بضعة أمتار فوق سطح الأرض.

لم يحصل مولر مطلقا على شهادة الطيران الفيدرالية وغير منتظر أن يحصل عليها. ويبدو أن حلم الخيال العلمي هذا سيظل كما هو لبعض الوقت.

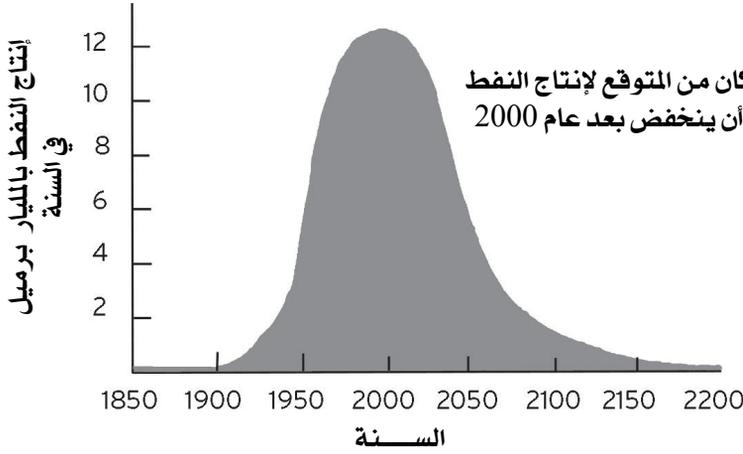
ذروة النفط

يعد النفط والوقود الذي نستخلصه منه -مثل البترول وقود للتنقل وتوليد الكهرباء وأيضا وقود للزراعة والصناعة. في عام 1956 توقع عالم الجيوفيزياء الامريكي "كنج هوبرت" أن النفط لن يدوم للابد؛ ويعرف مفهومه باسم " نظرية قمة هوبرت"، وتوقع أيضا أن إنتاج الولايات المتحدة من البترول سوف يصل إلى أقصى درجة خلال عام 1970. وبالفعل حدث ذلك وتقدر تلك الذروة بـ 10.2 مليون برميل يوميا. ثم بعد ذلك بدأ التراجع المستمر.

أما الآن فيشعر العلماء بالقلق حيال قمة النفط باعتبارها ظاهرة ستؤثر على إمدادات النفط في العالم.

أشار تقرير صادر عن مجلس بحوث الطاقة في المملكة المتحدة أن إنتاج النفط العالمي من

الممكن أن يبدأ بالتناقص بحلول عام 2020. جدير بالذكر أن ذروة البترول تستخدم كسبب لتطوير مصادر الطاقة البديلة للنفط مثل الطاقة الهيدروجينية والوقود الحيوي. وعلى الرغم من ذلك فإن هناك مخاوف كبيرة من أن تنفذ مصادر النفط قبل أن تصل تلك التكنولوجيا إلى مرحلة النضج.



الذاكرة الاصطناعية

يعمل الباحثون في جامعة ساوثهامبتون على نوع من أجزاء الجسم الصناعي لكن مع وجود اختلاف؛ يتمثل في الذاكرة الاصطناعية. في الوقت الحاضر تتمثل التكنولوجيا في تسجيل بيانات الحياة باستخدام وسائل يمكن ارتداؤها لتسجيل تجارب الحياة عن طريق الفيديو والصوت وأيضًا حفظ البريد الإلكتروني وتاريخ تصفح المواقع وكذلك حفظ الوثائق والملفات. والسر في هذا المشروع هو تقنية البحث الذكي الذي يمكننا من العمل عبر عدة وسائل مختلفة. فلنقل على سبيل المثال أنك كنت تحاول تذكر معلومة معينة قرأتها في مكان ما ولكنك لا تتذكر أين ولا متى، فقط تذكر أنك حينها كنت تستمع للمقطع الموسيقي "سارياندي" لهاندل، بعد ذلك يجد البرنامج أنك حين استمعت إلى تلك المقطع الموسيقي قمت بقراءة تلك الوثيقة وأيضًا تصفحت صفحات الويب تلك. لذلك فإن تلك الأبحاث تعد بمثابة معينات للذاكرة للأشخاص الذين يعملون في مجال الأعمال الحرة والتعليم والبحث العلمي وأيضًا للشخص العادي الذي يفقد مفاتيحه.

الطاقة الحرة

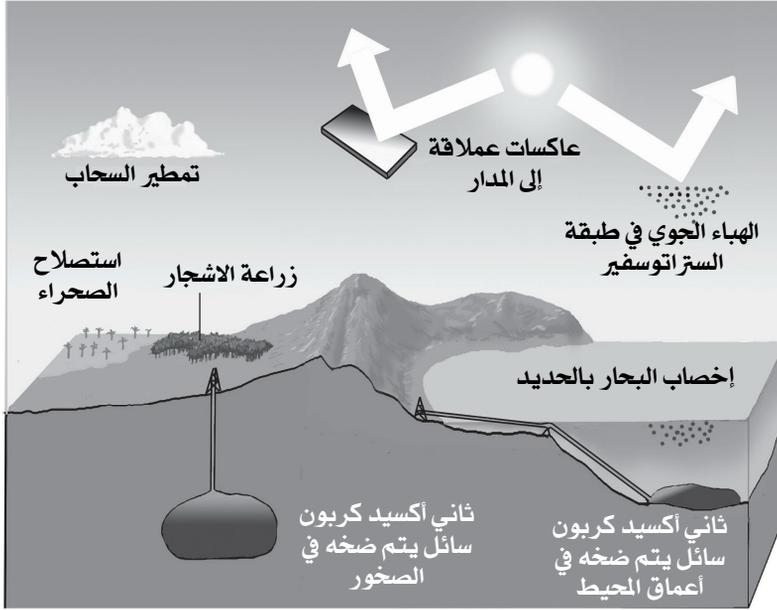
إن بناء جهاز يمكنه توليد الطاقة من العدم يعد التحدي الأكبر لكثير من المفكرين العظماء عبر عدة قرون. لكن في عام 2007 أتى الدكتور "تورستن إيمج" -جامعة كولونيا بألمانيا - بجهاز لتوليد الطاقة الحرة يمكنه أن يعمل على أرض الواقع. يستند في فكرته على "تأثير كازيمير" ويعني أن أي لوحين معدنيين بينهما مسافة قصيرة في وجود فراغ كهربائي يحدث بينهما قوي جذب صغيرة تجاه بعضهم البعض، لذلك قام إيمج بتصميم "ماسكة كازيمير" والتي يمكنها استخراج حركة صالحة للاستخدام من هذا التأثير حيث أنها تعمل عن طريق استبدال اللوحين المعدنيين الناعمين بألواح موجهة لإدخال ضغط جانبي يجعل الألواح تنزلق على بعضها البعض، ومن خلال تلك الألواح الموجهة استطاع إيمج أن يبقي الانزلاق في اتجاه واحد وبالتالي استطاع توليد الكهرباء.

كما نجح فريق من الباحثين من جامعة كاليفورنيا - ريفرسايد أن يثبت بالتجارب تأثير كازيمير الجانبي. كما يؤمن إيمج الآن أن تصميمه هذا من الممكن أن يستخدم لتشغيل روبوتات النانو الصغيرة والتي يمكن أن تستخدم في تطبيقات لا تعد ولا تحصى منها الطب الجزيئي.

الهندسة الجيووتقنية

يؤمن بعض العلماء الأكثر تشاؤماً أن التغير المناخي على الأرض مر بالفعل "بنقطة تحول" وأصبح من غير الممكن وقف الانهيار العالمي مع ارتفاع منسوب مستوي مياه البحر وأيضاً ارتفاع درجات الحرارة كل هذا سيؤدي إلى انهيار الحضارات. ولكن مجموعة أخرى من العلماء تعتقد إنه حتى إذا كنا تجاوزنا نقطة التحول تلك إلا إنه لا يزال هناك أمل لهذا الكوكب عن طريق الهندسة الجيووتقنية، والتي تعني عمل تصميم وبناء جديد يعمل على إصلاح كوكبنا وعكس آثار تغير المناخ. تتمثل بعض الأفكار المطروحة في بناء مظلات عملاقة في الفضاء لحجز بعض أشعة الشمس وأيضاً بناء شبكة من المنشآت الصناعية حول العالم تعمل على امتصاص ثاني أكسيد الكربون وتحويله إلى سائل ثم بعد ذلك ضخه تحت سطح الأرض، فكرة أخرى مفادها وضع كمية كبيرة من الأسمدة

الطبيعية في المحيطات تعمل على تحفيز نمو الحياة النباتية البحرية لامتصاص ثاني أكسيد الكربون من الهواء عن طريق عملية البناء الضوئي، لكن يخشي النقاد من العواقب المحتملة والغير مقصودة لمثل تلك المخططات.



الجنود الآلية (جنود الروبوتات)

ماذا لو كان من الممكن أن تشن الحروب حول العالم باستخدام الروبوتات؟ من أجل إنقاذ البشر من المخاطرة بحياتهم في الخطوط الأمامية للمواجهة، أن هذا يبدو أشبه بسيناريو لفيلم من أفلام المدمر ولكنه على أية حال أقرب إلى الواقع من أي وقت مضى. في عام 2009 كان الجيش الأمريكي يملك حوالي 7 آلاف طائرة قتالية بدون طيار وحوالي 12 ألف مركبات برية آلية تستخدم في أغراض الاستطلاع وأيضاً لإبطال مفعول العبوات الناسفة، وبالفعل استخدم العديد منها بالفعل. أما في عام 2007 بدأ سلاح الجو الأمريكي بنشر المقاتلات في العراق وأفغانستان وهذه المقاتلات بشكل أساسي هي الطائرات المقاتلة بدون طيار القادرة على حمل القنابل والصواريخ والتي يتم التحكم بها من قبل طيارين على سطح الأرض، ولكن الآن متعهدي الدفاع يبنون استقلالية جنودهم الميكانيكية. كما

تعمل وكالة مشاريع البحوث المتطورة الدفاعية "داربا" بالولايات المتحدة على الروبوتات التي يمكنها قتل المعارضين من البشر على شكل مجموعات وأيضًا التواصل مع بعضها، كذلك اتخاذ الكثير من القرارات بأنفسهم. يعتقد الخبراء أن تلك الروبوتات ستؤدي إلى حدوث ثورة في مجال الحروب مماثلة لثورة اكتشاف البارود أو الأسلحة النووية.

غراي جو

"غراي جو" هو الاسم الذي يطلق على سيناريو الكارثة المستقبلية حيث تعيث تكنولوجيا النانو فسادا في الأرض ويتحول الكوكب بأكمله إلى مجموعة ضخمة من الروبوتات ذاتية النسخ، وقد صاغ هذا المصطلح أبو تقنية النانو "أريك دريكسلر" في كتابه "محرقات الكون" واكتسب شهرته بفضل كاتب الخيال العلمي "مايكل كرايونيون" في روايته "الفريسة"

إن تكنولوجيا النانو تعمل عن طريق بناء آلات مصغرة تستطيع تنفيذ المهام مثل تكنولوجيا "الطب الجزيئي". ولكن ماذا إذا كانت روبوتات النانو مبرمجة لإعادة نسخ نفسها؟ وماذا أيضًا إذا خرجت الروبوتات عن السيطرة؟ هل من الممكن أن يستهلك كل شيء متعلق بهذه الروبوتات على هذا الكوكب سعيا وراء الحصول على مواد بنائها؟. في الحقيقة لا يوجد إلى الآن مثال تلك الروبوتات ذاتية النسخ، وحتى لو كنا نعرف كيف نخلق مثل تلك الروبوتات، فإن إعادة نسخ هذه الروبوتات لنفسها لن تكون بنفس كفاءة إعادة نسخها في مصانع متخصصة في ذلك. أن السيناريو الوحيد الذي يسمح - "غراي جو" أن يحدث هو أن يقوم شخص ما ببناء روبوتات ذاتية التكرار وإطلاق صراحها عمدا لاستخدامها كسلاح.

المعجم

A

acid rain	مطر حامضي
active galaxies	المجرات النشطة
aerospace engineering	هندسة الطيران
ages of Earth	عصور الأرض
alien contact	اتصال فضائي
alleles	الأليل أو الحليل
allotropes	تأصلات
anarchism	الفوضوية
androids	الإنسان الأوتوماتيكي
antedating	السبق
archaeoacoustics 38	الصوتيات التاريخية
archaeoastronomy	علم الفلك الأثري
archaeology	علم الآثار
archaeometry	القياسات الأثرية
Archean aeon	الدهر الأركي
artificial brains	الأممعة الاصطناعية
artificial intelligence	الذكاء الاصطناعي
artificial satellites	الأقمار الصناعية
asterisms	المجمات
asteroid deflection	مجنب الكويكبات
asteroids	كويكبات

astronomical measurement	قياسات فلكية
astronomy	علم الفلك

B

ball lightning	كرة البرق
ballistics	الصاروخ الباليستي (الصاروخ القوسي)
barred spiral galaxies	مجرة حلزونية ضلعية
bending of star light	انحناء ضوء النجم
Big Bang, the	الانفجار العظيم
binary data	بيانات ثنائية
binary stars	نجوم ثنائية
biomimetics	علم محاكاة الطبيعة
bipolar disorder	اضطراب ثنائي القطب
black holes	الثقوب السوداء
blogging	التدوين

C

caves	الكهوف
cellphones	الهواتف الخلوية
cellular automata	المشتغلات الآلية الخلوية
chatbots	روبوتات الدردشة
climate change	التغير المناخي
climate feedback	التغذية المرجعية للمناخ
climate modelling	نمذجة المناخ
climatology	علم المناخ
clouds	السحب
coal	الفحم
coasts	السواحل
cognitive dissonance	نظرية التنافر المعرفي
comets	المذنبات
communication technology	تكنولوجيا الاتصالات

complementary medicine	الطب التكميلي
composites	مركبات
compounds	المركبات
computational archaeology	علم الآثار المحوسب
computational chemistry	الكيمياء المحوسبة
computer engineering	هندسة الكمبيوتر
computer forensics	العلوم الجنائية المتعلقة بالكمبيوتر
constellations	الكوكبات
continental drift	الجرف القاري
continents	القارات
convergent faults	الصدوع المتقاربة
Copenhagen interpretation	تفسير كوبنهاجن
core	اللب
Coriolis effect	تأثير كوريوليس
cosmic coordinates	الإحداثيات الكونية
cosmic defects	العيوب الكونية
cosmic distance	المسافات الكونية
cosmic expansion	التمدد الكوني
cosmic impacts	التأثيرات الكونية
cosmic rays	الأشعة الكونية
cosmological horizons	الأفق الكونية
cosmological principle	المبدأ الكوني
cosmology	علم الكون
creativity	الإبداع
crowd crazing	جنون الحشد
crowdsourcing	حشد المصادر
crust	القشرة
curved earth	الأرض المنحنية
cyber warfare	حرب الإنترنت

cybernetic implants	الزراعات السبرانية
cybernetics	السبرانية (أو علم الضبط)
cyberslacking	الوقت المهدر على الإنترنت أثناء العمل
cyclones	أعاصير

D

dark energy 226-7	الطاقة السوداء
dark matter 226	المادة السوداء
data compression 324-5	ضغط البيانات
data storage 333-6	تخزين البيانات
datamining 316	التنقيب عن البيانات
dating	التأريخ
day and year 143	اليوم والسنة
death rays 168	أشعة الموت
deep hot biosphere	المجال الحيوي الساخن العميق
deep time	الزمن السحيق
deserts	الصحاري
diffusion and effusion	الانتشار والتدفق
digital computers	الحواسيب الرقمية
divergent faults	الصدوع المتباعدة
domains	مجالات
Doppler effect	تأثير دوبلر
dwarf galaxies	المجرات القزمة
dwarf planets	الكواكب القزمة

E

early Universe, the	بداية الكون
Earth	الأرض
earth mysteries	ألغاز الأرض
Earth orbit	مدار الأرض
earth science	علوم الأرض

Earth-like planets	الكواكب الشبيهة بالأرض
earthquake light	أضواء الزلازل
earthquakes	الزلازل
Earth's atmosphere	الغلاف الجوي للأرض
earthshine	ضوء الأرض
ekpyrotic universe	الكون الملتهب
El Niño	ظاهرة النينو
elliptical galaxies	المجرات الحلزونية
email	البريد الإلكتروني
end of the Universe	نهاية الكون
error correction	تصحيح الخطأ
escape velocity	سرعة الهروب
exoplanets	كواكب خارج المجموعة الشمسية
experimental archaeology	علم الآثار التجريبي
extra dimensions	البعد الإضافي
extraterrestrial origins	الأصول غير الأرضية
extreme value theory	نظرية القيمة القصوى
extremely large telescopes	التلسكوبات الكبيرة للغاية

F

families	عائلات
farmscrapers	الزراعة على نطاق أوسع
floods	فيضانات
flying cars	السيارات الطائرة
flywheels	الحدافات
fog	الضباب
fractals	الكُسيريّات
frame dragging	تباطؤ الإطار المرجعي
free radicals	الشوارد الحرة/ الجذور الحرة
free will	الإرادة الحرة

future applied science	العلوم التطبيقية في المستقبل
future biology	علم الأحياء في المستقبل
future chemistry	علم الكيمياء في المستقبل
future Earth	الأرض في المستقبل
future health and medicine	الصحة والطب في المستقبل
future knowledge, information and computing	المعرفة وتكنولوجيا المعلومات في المستقبل
future physics	علم فيزياء المستقبل
future social science	علوم اجتماع المستقبل
future space	فضاء المسقبل
future VR	المستقبل

G

Gaia hypothesis	فرضية جايا
galactic empires	الإمبراطوريات المجرية
galactic Internet	الإنترنت المجري
galactic misfits	عدم الملائمات المجرية
galaxies	المجرات
galaxy clusters	عناقيد المجرات
galaxy evolution	تطور المجرات
galaxy formations	تكوينات المجرات
Galilean relativity	النسبية عند جاليليو
game theory	نظرية الألعاب
geological mapping	الخرائط الجيولوجية
geology	علم الجيولوجيا/ علم الأرض
geomagnetism	مغناطيسية الأرض
geophysics	علم فيزياء الأرض
geothermal energy	الطاقة الحرارية الجوفية
geothermal heat pump	مضخة حرارة الطاقة الحرارية الأرضية
glaciers	الأنهار الجليدية

Gödel's incompleteness theorem	مبرهنة عدم الاكتمال لجوديل
gravitational lensing	التعدس الثقالي
gravitational singularities	التفرد الجذبوي
gravitational waves	الموجات الثقالية
greenhouse effect	أثير البيت الزجاجي / الاحتباس الحراري
grey goo	جراي جو (مصطلح يشير إلى سيناريو نهاية العالم)

H

Hadean aeon	الدهر الجحيمي
Hadley cell	خلية هادلي
hard drives	الأقراص الصلبة
hard problem of consciousness	معضلة الوعي الصعبة
Hawking radiation	إشعاع هوكينغ
hedge funds	المحفظة الوقائية / صناديق التحويط
height	الإرتفاع
helioseismology	علم الزلازل الشمسية
heliosphere	الغلاف الشمسي
herd mentality	عقلية القطيع
holographic memory	الذاكرة ثلاثية الأبعاد
holographic universe	الكون الهولوجرامي
homeopathy	المعالجة المثلية
horizon problem	مشكلة الأفق
hotspots	المناطق الساخنة
Hubble's law	قانون هابل
hydroponics	الزراعة دون تربة / الزراعة المائية
hydrothermal vents	المنافس الحرمائية
hypernova	المستعر فوق العظيم

I

ice ages	العصور الجليدية
----------	-----------------

igneous rock	الصخور النارية
infinity	ما لا نهاية
information	المعلومات
information addiction	إدمان المعلومات
information entropy	اعتلاج المعلومات (إنتروبية المعلومات)
information theory	نظرية المعلومات
infrared astronomy	فلك الأشعة تحت الحمراء
intelligence	الذكاء
intergalactic space	الفضاء بين المجرات
international date line	خط التاريخ الدولي
Internet access	دخول الإنترنت
Internet security	أمن الإنترنت
Internet	الإنترنت
interstellar space	الفضاء البين نجمي
ionosphere	طبقة الأيونوسفير
islands	الجزر

J

Jupiter	المشتري
---------	---------

K

Kaluza-Klein theory	نظرية كالوزا-كلاين
Kappa effect	تأثير كابا
Kardashev scale	مقياس كارداشيف
Kelly criterion	معياري كيلي
kingdoms	ممالك
Kuiper belt	حزام كايبر

L

lakes	البحيرات
landmark inventions	الاختراعات البارزة

landslides	الانهيارات الأرضية
latitude and longitude	دوائر العرض وخطوط الطول
lava tubes	أنابيب الحمم
Lazarus taxon	التصنيف لازاراس
length contraction and time dilation	تقلص الأطوال وتمدد الزمن
life of the cosmos	حياة الكون
life in the solar system	الحياة في المجموعة الشمسية
life in space	الحياة في الفضاء
limnic eruption	ثوران بحيري
Little Ice Age	العصر الجليدي الصغير

M

magnitude	المقدار
Magnus effect	تأثير ماغنوس
mantle	الوشاح
many worlds	العوالم المتعددة
Mars	المريخ
mass extinctions	الانقراضات الجماعية
Mercury	عطارد
Mesozoic era	الحقبة الوسيطة
metal detecting	الكشف عن المعادن
metamorphic rock	الصخور المتحولة
meteorology	الأرصاد الجوية
meteors	الشهب
microchips	الرقائق الإلكترونية الدقيقة
microscopes	المجاهر / الميكروسكوبات
microwave background	الخلفية الميكروية
microwave ovens	الأفران الميكروية
Milankovitch cycle	دورة ميلانكوفيتش
Milgram's experiment	تجربة ميلجرام

Milky Way	درب التبانة
Miller-Urey experiment	تجربة ميلر-يوري
missing link	الخط المفقود
Moon	القمر
moonbase	قاعدة القمر
Moore's law	قانون مور
morphology	المورفولوجيا (علم التشكل)
motor cars	السيارات
mountains	الجبال
multiply connected universes	الأكوان متعددة الاتصال
Multiverse, the	متعدد الأكوان
mycosis	انفطار

N

natural disasters	الكوارث الطبيعية
natural history	التاريخ الطبيعي
nebula	السديم
Neptune	نبتون
night sky, the	سواء الليل
noctilucent clouds	السحب البراقة

O

ocean currents	تيارات المحيط
ocean layers	طبقات المحيط
ocean ridges	ظهر المحيط
oceanic trenches	الخنادق المحيطية
oceanography	جغرافيا المحيطات
oceans	المحيطات
Olbers' paradox	مفارقة أولبرز
Omega Point	نقطة أوميغا
online consciousness	وعي الإنترنت

organ transplants	زراعة الأعضاء
origin of life	أصل الحياة
out of Africa	خارج قارة أفريقيا
out-of-body experience	تجربة الخروج من الجسد

P

palaeoclimatology	علم المناخ القديم
palaeontology	علم المتحجرات
Paleozoic era	الحقبة الأولية
panspermia	التبذر الشامل (البانسبرميا)
parallax	التزيح
parallel computing	الحوسبة المتوازية
peak oil	ذروة النفط
peppered moth	الفراشات المفلفة
petrol	البترول
pH indicators	مؤشر الأس الهيدروجيني
plains	السهول
planet formation	تكون الكواكب
planetary nebula	السديم الكوكبي
planetary probes	مسابر الكواكب
planets	الكواكب
plastics	اللدائن (البلاستيك)
Proterozoic aeon	الدهر الفجري

Q

quantum cosmology	علم الكون الكمي
quark stars	النجوم الكواركية
quarks	الكواركات
quasars	أشباه النجوم
Quaternary period	الفترة الرباعية

R

rainfall	هطول الأمطار
red giants	العمالقة الحمراء
Red Queen hypothesis	فرضية الملكة الحمراء
rivers	الأنهار
rock cycle, the	دورة الصخور
rockets	الصواريخ
rogue planets	الكواكب المتجولة
rotational dynamics	الديناميكا الدورانية

S

Saturn	زحل
sea ice	الجليد البحري
sea power	قوة البحر
sea-level rise	ارتفاع مستوى البحر
seas	البحار
seasons	فصول السنة
sedimentary rock	الصخور الرسوبية
seeds	البذور
serendipitous discoveries	الاكتشافات السارة
SETI	البحث عن ذكاء خارج الأرض
shape-memory alloys	سبائك ذاكرة الشكل
shock waves	أمواج صادمة
singularity, the	التفرد
smartphones	الهواتف الذكية
snow and hail	الثلج والبرد
sober-up pill	حبوب القوة
software	البرمجيات
soil	التربة
solar activity	النشاط الشمسي

solar eclipses	خسوف الشمس
solar panels	الألواح الشمسية
solar sails	الأشرعة الشمسية
solar system	النظام الشمسي
solar thermal energy	الطاقة الحرارية الشمسية
solar wind	الرياح الشمسية
space telescopes	التلسكوبات الفضائية
space tourism	السياحة الفضائية
space travel	السفر في الفضاء
space weapons	الأسلحة الفضائية
spiral galaxies	المجرات الحلزونية
sprites	عفاريت البرق
spy satellites	أقمار التجسس
star clusters	العناقيد النجمية
star formations	تكون النجوم
stars	النجوم
stratigraphy	علم الطبقات
subterranean	طبيعة جوف الأرض
Sun, the	الشمس
sunspots	الكلف الشمسي
supercontinents	القارات العظمى
supernova	المستعر الأعظم
supersymmetry	التماثل الفائق
supervolcanoes	البراكين الهائلة
supply and demand	العرض والطلب
swarm intelligence	ذكاء السرب

T

tectonic plates	الصفائح التكتونية
tectonics	التكتونيات

telephones	الهواتف
teleportation	الانتقال الآني
telescopes	التلسكوبات
terraforming	تهيئة الكواكب لتكون صالحة للحياة
terrain	طبيعة الأرض
theory of everything	نظرية كل شيء
thermal expansion	التمدد الحراري
thermal radiation	الإشعاع الحراري
tidal bores	المد المضجر
tides	المد
time travel	السفر عبر الزمن
time zones	المناطق الزمنية
topography	التضاريس
tornadoes	الأعاصير
trade winds	الرياح التجارية
transform faults	الصدوع الناقلة
transformers	المحولات
tsunamis	أمواج تسونامي
Turing machine	آلة تورنج
Turing test	اختبار تورنج

u

UCAVs	المركبات الجوية القتالية بدون طيار
underground water	المياه الجوفية
underwater archaeology	الآثار الغارقة
Universe	الكون
Uranus	أورانوس

v

valleys	الوديان
Van Allen belts	حزام فان آلن الإشعاعي

variable stars	النجوم المتغيرة
Venus	الزهرة
vertebrates	الفقاريات
video chat	دردشة فيديو
volcanic eruptions	الانفجارات البركانية
volcanoes	البراكين
Von Neumann machines	آلات فون نيومان

W

water reservoirs	خزانات المياه
weak force	القوة الضعيفة
weather control	التحكم في الطقس
weather forecasting	التنبؤ بالطقس
weather fronts	جبهات الطقس
wetlands	الأراضي الرطبة
white dwarfs	الأقزام البيضاء
wild fires	حرائق الغابات
will o' the wisp	السراب
wind	الرياح
wind turbines	تربينات الرياح
work and energy	الشغل و الطاقة
World Wide Web	الشبكة العنكبوتية العالمية
wormholes	الثقوب الدودية

تَجَلَّى