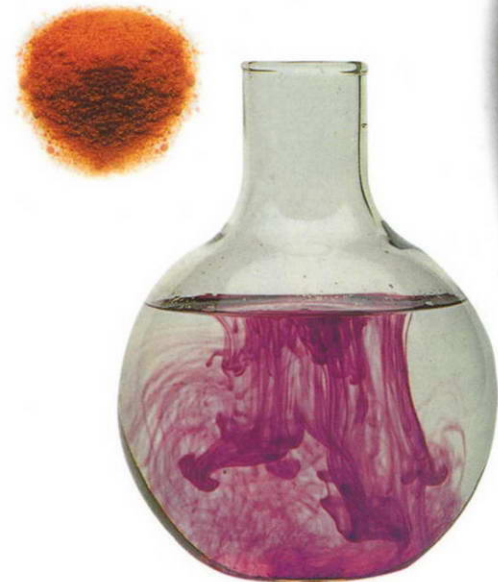


المادة



اكتشف عالم المادة المذهل.. من الأفكار الأولى المتعلقة
بالعناصر الأربعة وحتى الاكتشافات الذرية



عصير الكتب
www.ibtesama.com/vb
منتدى مجلة الإبتسامة



مشاهدات علمية

المادة



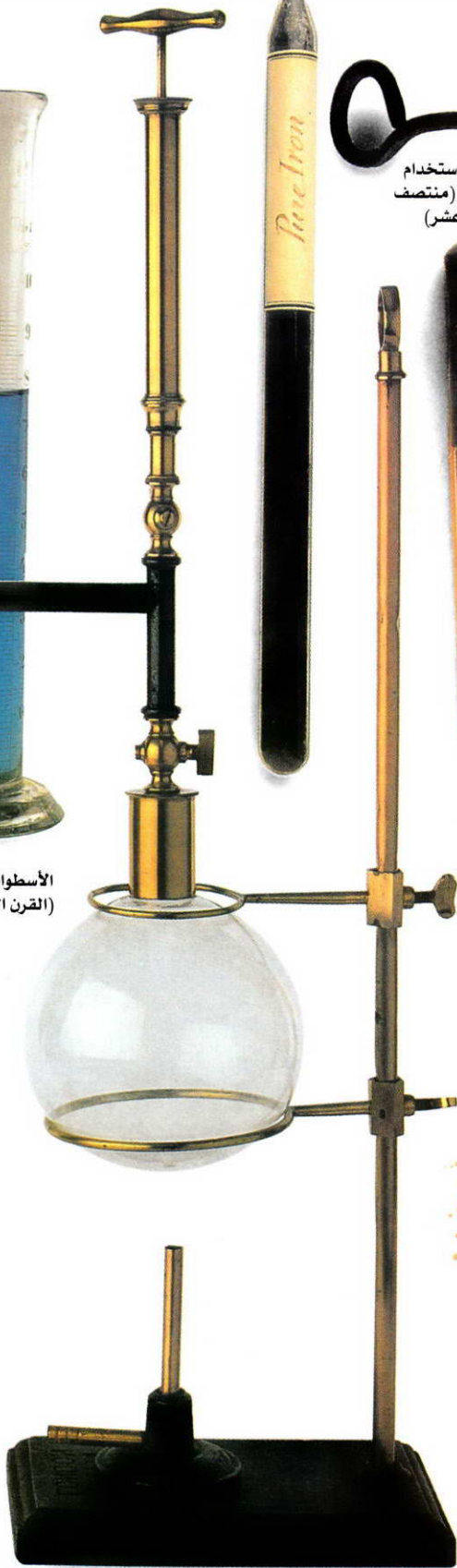
عصير الكتب

www.ibtesama.com/vb

منتدى مجلة الإبتسامه



الأسطوانة المعيارية
(القرن التاسع عشر)



الجرافيت

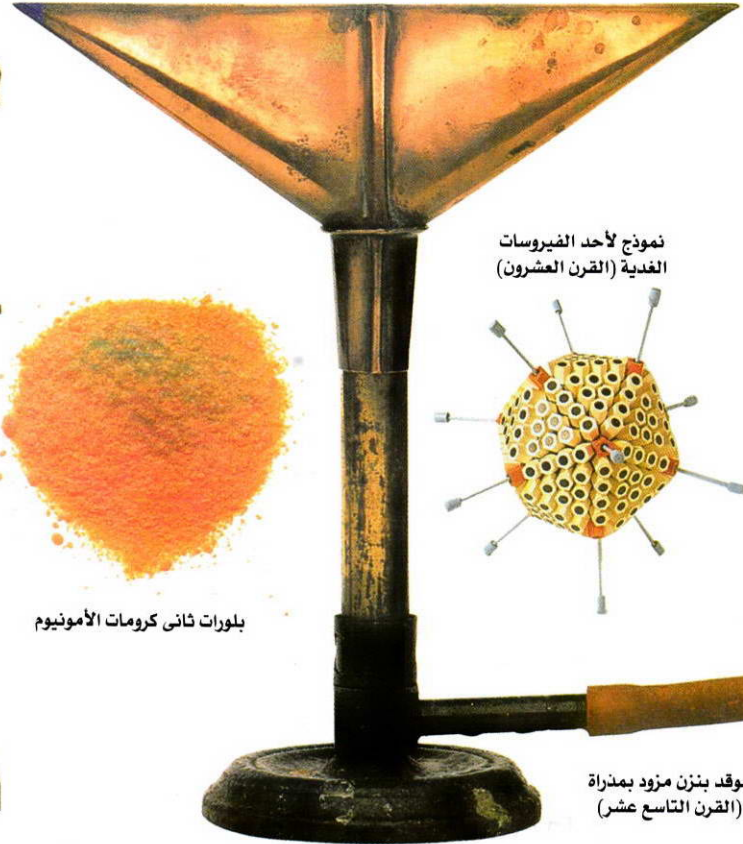


صناعة المعادن باستخدام
التحليل الكهربائي (منتصف
القرن التاسع عشر)

قالب سهل الاستخدام
(قابل للفتح والغلق) من أجل صناعة
القوارير الصيدلانية (القرن التاسع عشر)

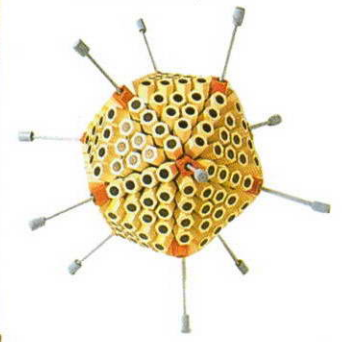


مركبات التاليوم التي كشف عنها (كروكس)
وكذلك دفتر ملاحظاته (ستينيات القرن التاسع عشر)



نموذج لأحد الفيروسات
الغدية (القرن العشرون)

بلورات ثاني كرومات الأمونيوم



موقد بنزن مزود بمذراة
(القرن التاسع عشر)



علب مواد كيميائية
(القرن التاسع عشر)

عملات معدنية رومانية
(القرن الثاني)

مشاهدات علمية المادة

تأليف: كريستوفر كوبر

ملقط ومسحوق
أكسيد الكالسيوم

تسخين حجر الجير
(كربونات الكالسيوم)

جهاز نقطة الغليان لـ (تيندال)
(ثمانينيات القرن التاسع عشر)



علب مواد كيميائية
(القرن التاسع عشر)



مرآة مصرية
قديمة

عصير الكتب www.ibtesama.com/vb منتدى مجلة الإبتسامه

اسم السلسلة: مشاهدات علمية
العنوان: المادة
تأليف: كريستوفر كوبر
ترجمة: طارق جلال محمد
إشراف عام: داليا محمد إبراهيم

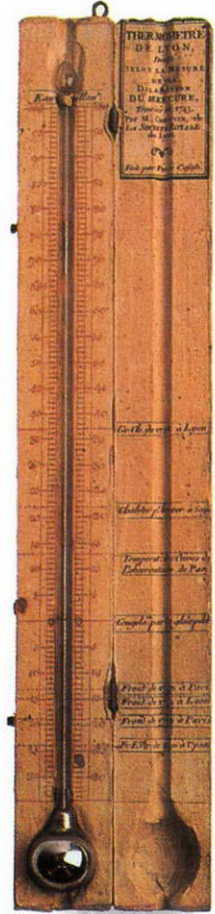


'A Dorling Kindersley Book'
www.dk.com

Original Title :Eyewitness Guides: Matter
Copyright © 1992 Dorling Kindersley Limited.
Published by arrangement with Dorling Kindersley Limited,
80 Strand, London WC2R0RL.

ترجمة كتاب Matter
تصدرها شركة نهضة مصر للطباعة والنشر والتوزيع
بترخيص من DK

يحظر طبع أو تصوير أو تخزين أى جزء من هذا الكتاب سواء النص أو الصور
بأية وسيلة من وسائل تسجيل البيانات، إلا بإذن كتابى صريح من الناشر.



ترمومتر (ليونز)
(القرن الثامن عشر)



عناصر من صندوق
أدوات اختبار الذهب
(القرن التاسع عشر)



موقد بنزن
(1872)



لها أحمد محمد إبراهيم سنة 1938

الطبعة 1: سبتمبر 2007

رقم الإيداع: 2007/15999

الترقيم الدولى: 7-3936-14-977

الإدارة العامة: 21 شارع أحمد عرابي - المهندسين - الجيزة 02 33472864 - 33466434 تليفون، 02 33462576 فاكس
المركز الرئيسى: 80 المنطقة الصناعية الرابعة - مدينة 6 أكتوبر 02 38330289 - 38330287 تليفون، 02 38330296 فاكس
مركز التوزيع: 18 شارع كامل صدقي - الضجالة - القاهرة 02 25908895 - 25909827 تليفون، 02 25903395 فاكس
فرع الإسكندرية: 408 طريق الحرية - رشدى 03 5462090 تليفون
فرع المنصورة: 13 شارع المستشفى الدولى التخصصى - متفرع من شارع عبد السلام عارف - مدينة السلام تليفون، 050 2221866

Website: www.nahdetmisr.com

E-mail: publishing@nahdetmisr.com — customerservice@nahdetmisr.com

نموذج لتركيب
الجزىء ومكوناته
(القرن التاسع عشر)



38	حركة الجزيئات
40	حلقات وسلاسل الكربون
42	المادة الحية
44	تصميم الجزيئات
46	النشاط الإشعاعى
48	داخل الذرة
50	الإلكترونات والأغلفة والروابط
52	بنية النواة
54	انشطار الذرة
56	المادة الساخنة
58	الجسيمات دون الذرية
60	القوى الأربع
62	ميلاد وموت المادة
64	الكشاف

المحتويات

6	ما المادة؟
8	أفكار الإغريق عن المادة
10	اكتشاف المادة
12	المادة الصلبة
14	عالم البلورات
16	المعادن والسبائك
18	خواص السوائل
20	الغازات وخواصها
22	تغيرات حالة المادة
24	المواد الغروانية والزجاج
26	الأخلاط والمركبات
28	بقاء المادة
30	احتراق المادة
32	جدولة العناصر
34	الذرات البناءة
36	الجزيئات

ما المادة؟

كل ما هو موجود في هذا الكون - بدايةً من أبعد النجوم إلى أصغر ذرات الغبار - يتألف من المادة التي تأخذ مجموعة متنوعة لا تصدق من الأشكال. ويمكن القول إنه منذ حوالي مائتي عام مضت كان الكثير من العلماء يعتبرون الحرارة نوعًا خاصًا من المادة. لكن أصبح من المعروف الآن أن الحرارة هي ببساطة عبارة عن حركة جسيمات المادة بالغة الصغر (انظر ص 38 - 39). والصوت هو الآخر عبارة عن نوع معين من حركة المادة. كما ينظر إلى أشكال الطاقة المتعددة مثل الطاقة الإشعاعية (على سبيل المثال، الضوء والموجات اللاسلكية والأشعة السينية) بشكل عام على أنها ليست من المادة، بالرغم من ارتباطها الوثيق للغاية بها. وثمة عنصر مشترك يجمع بين كل الأنواع المختلفة للمادة؛ ألا وهو الكتلة. ونعني بذلك مقدار المادة الموجودة في أي شيء، والتي تكشف عن نفسها في شكل مقاومة لتحريك ذلك الشيء. على سبيل المثال، نجد أن الشاحنة تتمتع بكتلة أكبر من السيارة الدمية، كما أن تحريكها أصعب كثيرًا. ويجذب كل جزء من المادة في هذا الكون كل جزء آخر من المادة إليه. ويشكل حجم المادة أهمية؛ تتمثل في أن الجزء الضخم يجذب إليه المواد الأخرى بقوة تفوق قوة جذب الجزء الصغير.

كون قابل للاحتواء

إن هذا المرآبي الزجاجي (مكان مغلق لتربية نباتات أو حيوانات صغيرة بغرض ملاحظتها) عبارة عن صورة مصغرة من عالم الكائنات الحية. فهو يحتوي على الحالات الثلاث للمادة: المواد الصلبة (انظر ص 12-13) والمواد السائلة (انظر ص 18-19) والمواد الغازية (انظر ص 20-21)، إضافة إلى المواد المثيرة الموجودة في عالم المادة.

عالم الأحياء

في إمكان المادة الحية (انظر ص 42-43) بكل صورها تنظيم ذاتها في هيئة أشكال معقدة والتصرف وفق أساليب يصعب تفسيرها. وكان البعض يعتقد فيما مضى أن في الإمكان السيطرة على المادة في الكائنات الحية من خلال «مبدأ حيوي»، وهو نوع من القوى الروحية. لكن العلماء في عصرنا الحالي يؤمنون بأن المادة الحية وغير الحية تخضع للقوانين ذاتها.

تتمدد النباتات إلى أعلى لتصل إلى الضوء

مزج وفصل المادة

من الممكن عمل خليط من الحصى والرمل والماء (انظر ص 26-27) ثم فصله بسهولة عن بعضه فيما بعد. ويتألف كل عنصر من هذه العناصر الثلاثة من مواد أخرى متحدة ببعضها البعض بشكل أكثر قوة ومن الصعب للغاية فصلها عن بعضها البعض. فالماء - على سبيل المثال - يتألف من اتحاد غازي الهيدروجين والأكسجين. ويُطلق على مثل هذا الاتحاد مترابط الجزيئات اسم المركب الكيميائي (انظر ص 26-27).

خليط من الحصى والرمل والماء

المادة المعدنية

توجد المعادن (الفلزات) (انظر ص 16-17) في الصخور التي تعرف باسم الركاز (المعدن الخام). ويندر وجود المعادن في صورتها النقية، لذا يتطلب الأمر في العادة فصلها عن مصدرها الخام. وبمجرد أن يتم فصلها، فإنها تدمج في الغالب مع مواد أخرى لتشكيل السبائك - وهي خليط من المعادن والمواد الأخرى.

الرصاص معدن يبدو صلبًا، لكنه يتشوه ببطء شديد مع مرور العقود

المحاليل والمواد الغروانية (شبه الغروية)

قد تذوب المواد في سائل أو مادة صلبة، مشكلةً بذلك المحاليل، فهي تمتزج بشكل تام مع السائل أو المادة الصلبة، منقسمة إلى مجموعات من ذرات قليلة أو حتى إلى ذرات منفردة (وهذه هي أصغر الجسيمات الموجودة للمادة في العادة (انظر ص 34-35)). وتتألف المادة الغروانية (ص 24-25) من جسيمات المادة أكبر حجماً تمتزج في المادة الصلبة أو السائلة أو الغازية امتزاجاً معلقاً دون ذوبان.

الزجاج مادة شفافة

عالم الغازات

عندما تنفصل جسيمات أي مادة عن بعضها البعض، تتحول هذه المادة إلى غاز. وفي هذه الحالة لا يكون لها شكل محدد، لكنها تتمدد لئلا أي حيز متاح. وقد كان الهواء (أغلبه خليط من غازي النيتروجين والأكسجين) أول غاز يدرك الإنسان وجوده. وقد مرت قرون كثيرة قبل أن يدرك العلماء وجود غازات أخرى بالإضافة إلى الهواء. ويرجع ذلك إلى تشابه الغازات؛ فهي في الأغلب عديمة اللون وشفافة.

يحدث التكاثف نتيجة لتبريد جزيئات بخار الماء وتحولها إلى سائل

المادة السائلة

تتألف السوائل - مثلها مثل الغازات - من مادة يمكنها التدفق والتحرك. لكن على عكس الغازات، فإن هذه المادة تستقر في قاع أي إناء. ونستطيع أن نقول إن جميع المواد تقريباً تتحول إلى سوائل عند درجات حرارة معينة. ويُعد الماء أكثر السوائل أهمية للكائنات الحية، إذ يتكون معظم جسم الإنسان من الماء؛ فهو يشكل معظم الدم البشري الذي ينقل المواد الغذائية الدائبة والفضلات حول الجسم.

يشتمل الماء على غازي الأكسجين وثنائي أكسيد الكربون الذائبين المستمدتين من الهواء

الأجسام الصلبة

لا يمكن للمعدن والزجاج (انظر ص 24-25) اللذين يشكلان جزءاً من هذا المرئي أن يصنعا وعاء لأنواع من النبات والحيوان إذا لم يكن لهما شكل ثابت. وتُعرف المادة التي تحتفظ بشكل محدد بالمادة الصلبة. ومع هذا، فإن معظم المواد الصلبة تفقد شكلها إذا تعرضت للتسخين بشكل كافٍ يؤدي إلى تحولها إلى سائل أو غاز.

تحتفظ المواد الصلبة مثل الصخور بشكل محدد لها

تتألف هذه الفراشة من ملايين التنوعات من أشكال المادة الحية على الأرض

أفكار الإغريق عن المادة

العناصر الأربعة في زند الخشب

كانت فكرة الفيلسوف إبيدوقليس عن العناصر الأربعة مرتبطةً بخواص بعضها. فقد كان التراب جافاً وبارداً، والماء رطباً وبارداً، والنار حارةً وجافةً والهواء حاراً ورطباً. ويمكن رؤية جميع العناصر الأربعة في صورة زند الخشب المحترق في الأسفل، كان إبيدوقليس يعتقد أنه عند تحول مادة ما إلى مادة أخرى - كزند الخشب المحترق الذي ينبعث منه الدخان، ويتسرب منه النسخ (العصارة الغذائية في أوعية النباتات) وينتج في النهاية الرماد - فإن العناصر التي تكون زند الخشب تنفصل أو تتحد من جديد مع بعضها البعض تحت تأثير قوتين. وقد تمثلت هاتان القوتان في الحب (قوة الاتحاد) والكراهية أو التنافر (قوة الانفصال).

الفيلسوف إبيدوقليس



خاض فلاسفة الإغريق القدماء مجادلات قوية حول طبيعة المادة، وخلصوا إلى أن هذا التعقيد الظاهري الذي ميز العالم في حقيقة الأمر في غاية البساطة. وقد اقترح طاليس (حوالي عام 600 قبل الميلاد) أن جميع أشكال المادة تتألف من الماء. أما إبيدوقليس (القرن الخامس قبل الميلاد) فقد رأى أن جميع أشكال المادة تتألف من أربع مواد - أو عناصر - أساسية هي: التراب والماء والهواء والنار ممزجة بنسب متباينة. وفي القرن التالي، أضاف أرسطو لهذه العناصر عنصراً خامساً من السماء، هو الأثير (وهو عنصر كان ينظر إليه القدماء على أنه يملأ الفضاء وتتألف منه النجوم والكواكب). وعلى الجانب الآخر، قدم ليوسيبس (في القرن الخامس قبل الميلاد) نظرية أخرى مفادها أن ثمة نوعاً واحداً فقط للمادة. فقد اعتقد أنه إذا تم تقسيم المادة بشكل متكرر، فإن المحصلة النهائية ستتمثل في جزء من المادة غير قابل للتقسيم أو التجزئة. بينما أطلق تلميذه ديموقريطس (حوالي عام 400 قبل الميلاد) على تلك الأجزاء من المادة التي لا تقبل التجزئة اسم (الذرات atoms) (انظر ص 34-35)، والتي تعني «غير القابلة للتقسيم». لكن أرسطو - الذي لم يؤمن بالذرات - كان الفيلسوف الأكثر تأثيراً خلال الألفية سنة التالية، وكانت لأفكاره المتعلقة بالعناصر الغلبة والانتشار.

سائل زند الخشب

اعتقد الفيلسوف إبيدوقليس أن جميع السوائل - حتى غليظ القوام منها مثل النسخ الذي يتصّب من زند الخشب المحترق - تتألف أساساً من الماء. كما نادى نظريته أيضاً بأن الكميات الصغيرة من العناصر الأخرى ستظل دائماً مختلطةً بالعنصر الرئيسي.

يتكون النسخ من عنصر الماء

يتألف الرماد والحجرات غير كاملة الاحتراق في الأساس من عنصر التراب



نموذج الماء

اعتقد أفلاطون (في القرن الرابع قبل الميلاد) أن الماء يتكون من «العشرين الوجوه»، وهو شكل مجسم يتألف من عشرين وجهاً مثلث الشكل.



نموذج التراب

كان أفلاطون يعتقد أن ذرات التراب عبارة عن مكعبات يمكن تكديسها بإحكام معاً للحصول على الصلابة والقوة.

من الرماد وإلى الرماد

تفترض نظرية العناصر أن الرماد والحجرات غير كاملة الاحتراق تألفت في الأساس من عنصر التراب، مع القليل من عنصر النار. ومع نهاية عملية الاحتراق، لم تكن هناك نيران كافية لإنتاج المزيد من الرماد، لكن بعض النيران تبقت لفترة وجيزة في شكل حرارة. وعليه، فقد اعتقد الإغريق بوجود نزعة طبيعية للركود أو الهبوط ميزت عنصرى التراب والماء.



انمحت أجزاء التصميم الموجود على العملة المعدنية

طمس المعالم

اعتقد الفلاسفة القدماء أنه عندما تبلى أشياء مثل العملات المعدنية والتماثيل وتصبح ملساء مجردة من معالمها بمرور الزمن، فإنها كانت تفقد جسيمات بالغة الصغر وغير مرئية من المادة.



الذرات العنصرية

طور الفيلسوف ديموقريطس نظريته الخاصة بالذرات وأدمجها مع نظرية العناصر. وكأفلاطون، اعتقد ديموقريطس أن هناك أربعة أشكال فقط للذرة، شكل واحد لكل عنصر. كما كان مناهضاً للمعتقدات الدينية التي سادت في عصره، مدعياً أن الذرات تتحرك بشكل عشوائي وأنه ليست ثمة آلهة تتحكم في الكون.

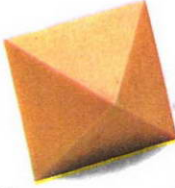


العناصر الخمسة للمادة

يقف الرجل الموجود في هذا النقش على كرتين، تمثلان التراب والماء، ويحمل الهواء والنار في كلتا يديه. بينما نجد أن الشمس والقمر والنجوم تتألف من الأثير؛ العنصر الخامس.

نموذج الهواء

تُمثّل نموذج أفلاطون لذرة الهواء في شكل مجسم ثماني الأوجه.



يتكون الدخان في معظمه من عنصر الهواء، بالإضافة إلى بعض من عنصر التراب الذي يأخذ شكل سناج ممتزج به

لا دخان بلا نار

عندما يتعرض جزء من المادة للاحتراق، كان يُعتقد أن عنصر الهواء بداخلها ينطلق في شكل دخان. فقد اعتقد الإغريق أن الهواء - تمامًا كالنار - يتمتع بنزعة طبيعية للارتفاع.

نموذج النار

وفقًا لأفلاطون، فإن ذرة النار كانت عبارة عن شكل مجسم ذي أربعة جوانب عرف باسم الرباعي الأسطح.



اختراق اللهب

من الممكن رؤية عنصر النار بوضوح تام في اللهب والشرارات، لكن الإغريق كانوا يعتقدون أن كل المواد تنطوي في داخلها على بعض من عنصر النار. ويتميز نموذج أفلاطون لذرة النار بأنه حاد ومدبب. ويرجع هذا إلى أن الحرارة بدت قادرة على اختراق كل جزء من المادة فعليًا.

يتألف اللهب والشرارات من عنصر النار

اكتشاف المادة

تغيرت قليلاً الأفكار المتعلقة بالمادة وسلوكها منذ مئات السنين. بيد أن «الفلاسفة الطبيعيين» في أوروبا خلال القرنين السادس عشر والسابع عشر راجعوا النظريات القديمة المتعلقة بالمادة ثانية. فقد قاموا باختبار هذه النظريات - مع بعض الأفكار الجديدة التي كانت تتعلق بسلوك المادة - من خلال التجارب وعمليات البحث والاستقصاء، بالإضافة لاستخدامهم الميكروسكوب والتليسكوب اللذين كانا قد اخترعا حديثاً آنذاك، وذلك لمعاينة المادة عن قرب. ومن ثم، فقد أصبحت القياسات أكثر دقة عن ذي قبل. وكانت أخبار الاكتشافات تنتشر بين الناس بفضل آلة الطباعة. وعليه يمكن القول إن الثورة العلمية بدأت عند هذه النقطة من التاريخ.



العمل في المعمل

يوضح هذا المعمل الذي يعود إلى القرن السابع عشر بعضاً من العمليات التي كان يستخدمها «الفلاسفة الطبيعيون» في اكتشاف المادة.



يتم تنظيم عملية تدفق حبات الرمال من خلال القناة الزجاجية الضيقة

الساعة الرملية

كانت الساعة الرملية أداة بسيطة مكنت العلماء من حساب سرعة سقوط الأشياء، أو المدة الزمنية التي استغرقتها تفاعل المواد الكيميائية. ولم يكن في الإمكان التوصل إلى أساليب أكثر دقة لقياس الوقت إلى أن تم ابتكار أول ساعة تعمل بالسندول وذلك في عام 1657.

تركيب المكشاف الحراري الذي ابتكره فيلو

تسخين وتبريد المادة

كشفت التجارب العملية المبكرة جداً عن تأثيرات تسخين أو تبريد المادة. وقد ابتكر فيلو البيزنطي المكشاف الحراري الرصاصي حوالي عام 250 قبل الميلاد. وعند تسخين الكرة الموجودة على اليسار، فإن الهواء الذي بداخلها يتمدد ويشق طريقه إلى أعلى الأنبوب المغموس في الماء على اليمين. ولو كانت حرارة التسخين قوية بدرجة كافية، فإن فقاعات الهواء تهرب إلى أعلى. وعند تبريد هذه الكرة، فإن ما بها من هواء يتقلص ويُسحب الماء ثانية عبر الأنبوب.

عدسة المجهر (العينية)

فقائيع هواء بالغة الصغر

كرة الرصاص مليئة بالهواء

يتم وضع الشيء المراد رؤيته على الزجاج

كرة زجاجية تحتوي على الماء

مقياس مدرج منقوش عليه علامات للقياس

علامات من أجل القياس

تتضمن عمليات البحث العلمي في الغالب قياس كمية محددة من السائل. وتشتمل هذه الأسطوانة المعيارية الطويلة على مقياس مدرج مكون من علامات دقيقة من أجل هذا الغرض، بينما تظهر على زجاجة النقل النوعي علامة واحدة فقط في غاية الدقة. وعند وزن السائل بداخلها، يمكن في هذه الحالة حساب كثافته.

علامة دقيقة واحدة

أعجوبة صغيرة

بدأت أجهزة الميكروسكوب تفتح آفاق عالم الدقائق (الأشياء والكائنات الدقيقة) منذ منتصف القرن السادس عشر وما تلاه. وفي منتصف القرن السابع عشر، اكتشف أنتون فان ليفينهوك أن قطرة واحدة من ماء البركة قد تحتوي على 8 ملايين كائن ميكروسكوبي لا يرى بالعين المجردة، لكنها كائنات ونباتات معقدة التركيب. وقد ابتكر إدموند كولبير هذا الميكروسكوب الأكثر تطوراً في لندن عام 1728 تقريباً. وقد استخدم في هذا الميكروسكوب مرآة مائلة - يمكن ملاحظتها في أسفل الميكروسكوب - بهدف عكس الضوء على العينة الموضوعة فوقها على الزجاج.

العدسة الصغيرة تركز الضوء

المرآة المائلة



صورة مكبرة لخنفساء الموت (خنفساء تنقر الخشب وتحدث صوتاً كان يعتبر نديراً بالموت)



التطورات العلمية

كان الفيلسوف الإنجليزي فرانسيس بيكون (1561-1626) يأمل في أن يسهم العلم الحديث في زيادة رفاهية الإنسان. وقد مثل كتابه «أطلنطس الجديدة» الذي صدر في عام 1626 تصويره لمجتمع خيالي - أو بالأحرى مدينة فاضلة - تقوم الحكومة فيه بتنظيم مجموعات من العلماء لإجراء الأبحاث العلمية واستخدام النتائج المتمخصة عنها في تطوير الصناعة.

درجات الدقة

مع معاينة العلماء للمادة عن قرب، كانوا في حاجة إلى أساليب أكثر دقة لقياس ما شاهدوه. وقد ابتكر ميزان الحرارة هذا - أداة لقياس التغيرات في درجة الحرارة - في مدينة «فلورينس» بإيطاليا في القرن الثامن عشر. ويحتوي الجزء المنتفخ من هذه الأداة والواقع في الأسفل على الكحول، الذي يتمدد عندما ترتفع درجة حرارته ويتحرك عبر الأنبوب الملتصق. ويحمل هذا الأنبوب علامات عبارة عن نقاط تفصل بينها مسافات متساوية.

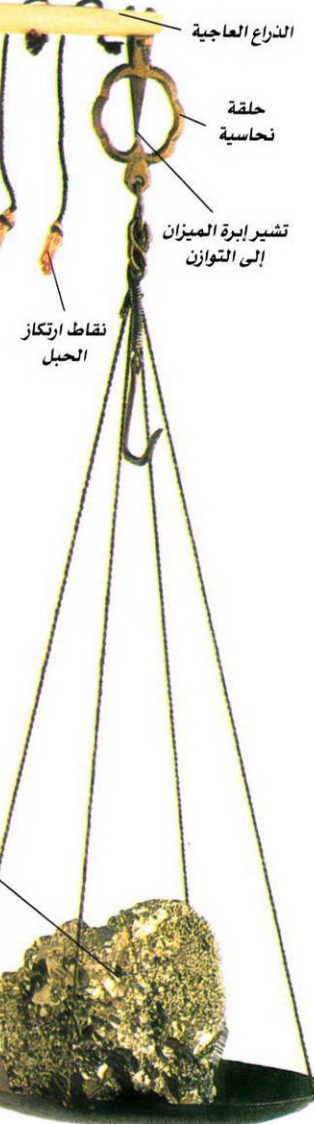


تم توزيع النقاط بانتظام

الجزء المنتفخ المحتوى على الكحول

الكيمياء القديمة

قبل الثورة العلمية التي شهدتها القرن السابع عشر، كانت الكيمياء القديمة (الخيمياء) هي أقرب منهج للدراسة النظامية للمادة. وكانت الكيمياء القديمة تدرس بشغف في مصر والصين والهند منذ بداية القرن الثاني قبل الميلاد على أقل تقدير، وقد وصل هذا العلم من الشرق الأوسط إلى القارة الأوروبية في نهاية المطاف. وقد اكتسب علماء الكيمياء القديمة الكثير من المعارف من المهارات العملية للصباغين وصناع الأدوات المعدنية، كما أفادوا كثيراً من أفكار المشتغلين بالتنجيم. وقد حاول هؤلاء الخيميائيون - دون جدوى - تحويل المعادن «الخسيسة» مثل الرصاص إلى معادن «نفيسة» كالفضة أو الذهب. وقد وصفت هذه السلسلة من العمليات باعتبارها «قتلاً» للمعدن ثم «بعثاً» له من جديد. كما سعى علماء الكيمياء القديمة إلى ابتكار إكسير الحياة؛ وهو عبارة عن جرعة زعموا أنها كانت تمنحهم سر الحياة الأبدية.



الذراع العاجية

حلقه نحاسية

تشير إبرة الميزان إلى التوازن

نقاط ارتكاز الحبل

البحث عن الذهب

استخدم علماء الكيمياء القديمة جميع أنواع الأدوات العلمية والعمليات الكيميائية في سعيهم الغامض وراء الذهب. وقد تخيل شكل المعمل البادئ في الصورة بالأعلى رسام في القرن التاسع عشر.

البيريت «ذهب الحمقى». مركب يتكون من الحديد والكبريت

أهمية وزن المواد الكيميائية

تعد الموازين واحدة من أكثر أدوات القياس أهمية. على هذا الميزان الصيني يتم تحريك الثقل على امتداد الذراع الأطول إلى أن يوازن الجسم الموجود في كفة الميزان. ويمتاز هذا الأسلوب الهام بأنه سريع ومريح ودقيق إلى حد ما. ولم يدرك الكيميائيون أهمية عملية الوزن الدقيق للمواد الداخلة في التفاعل الكيميائي في فهم العمليات التي تتم حتى القرن السابع عشر.



يوضع الإنبيق - الذي يشبه الصنبور - على وعائه



الإنبيق ووعاؤه

المادة النقية

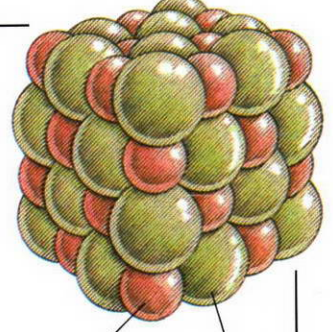
كان علماء الكيمياء القديمة يستخدمون الإنبيق وأوعيته (أدوات كيميائية للتقطير) في تصفية السوائل. ومع تسخين وعاء الإنبيق، فإن بخار السائل الموجود بداخله يتصاعد إلى أعلى ثم يبرد ويتكثف. ثم يتقطر السائل النقي من الإنبيق ويتم تجميده بعد ذلك.

الثقل الموازن المركب

ثقل إغريقي من الرصاص



المادة الصلبة



ذرة الكلور ذرة الصوديوم

منذ أن بدأ البشر في مراقبة العالم من حولهم بعناية، قاموا بتقسيم المادة إلى ثلاث حالات رئيسية، المواد الصلبة، والسوائل (ص18-19)، والغازات (ص20-21). يحتفظ أى جزء من المادة الصلبة

ترابط الذرات في مكانها

كما هو الحال في معظم المواد الصلبة، فإن الذرات (ص34-35) الموجودة في مخطط الملح هنا متماسكة مع بعضها البعض بقوة وثابتة في مكانها وتشكل شكلاً منتظماً.

بشكل محدد تماماً، على عكس السائل أو الغاز. ودائماً ما يتطلب تغيير شكل

المادة الصلبة قدرًا معينًا من القوة، التي قد تكون كبيرة أو صغيرة. فإذا

تعرضت المادة الصلبة للضغط أو الشد قد يتغير حجمها (ونعني هنا مقدار الحيز الذي تشغله

المادة) لكن هذا التغير بصفة عامة لا يكون كبيراً للغاية. وعند

تسخين المواد الصلبة، يتحول معظمها إلى سائل ثم إلى غاز وذلك

مع بلوغها درجات حرارة أعلى. ومع هذا، فإن بعض المواد

الصلبة - مثل حجر الجير (ص36-37) - تتحلل عند تسخينها. وتعد

البلورات (ص14-15) والمعادن (ص16-17) من

أكثر أنواع المواد الصلبة أهمية.

خواص المواد الصلبة

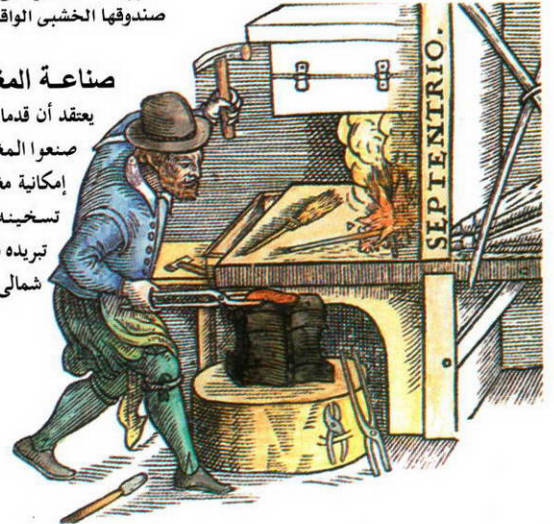
مثل معظم الأشياء الصناعية، تحتوي هذه البوصلة الملاحية التي تعود للقرن التاسع عشر على أنواع عديدة من المواد الصلبة. ولقد تم تفكيك أجزاء البوصلة وعرضها على امتداد هاتين الصفحتين للكشف عن أربع من المواد الصلبة التي تشتمل عليها؛ المعدن وقرص البوصلة والخشب والزجاج. وقد اختيرت جميع المواد الصلبة التي توجد في البوصلة لما تتمتع به من خواص مميزة ومتنوعة.



البوصلة الملاحية في صندوقها الخشبي الواقى

صناعة المغناطيس

يعتقد أن قدماء الصينيين هم أول من صنعوا المغناطيس. فقد اكتشفوا إمكانية مغنطة الحديد من خلال تسخينه إلى درجة التوهج ثم تبريده في أثناء محاذاته لاتجاه شمالي - جنوبي.



الاهتداء إلى الطريق

أسفل قرص البوصلة يوجد مغناطيس يتكون من حديد أو صخر يطلق عليه اسم حجر المغناطيس. وتجذب قطع المغناطيس بعضها أو تنافر مع بعضها، كما أنها تستجيب لمغناطيسية قطبي الكرة الأرضية. وتميل قطع المغناطيس إلى التراجع في خط شمالي - جنوبي إذا كانت حرة الحركة. وتوضح البوصلة للبحار الزاوية الواقعة بين اتجاه السفينة والاتجاه الشمالي - الجنوبي للمغناطيس.



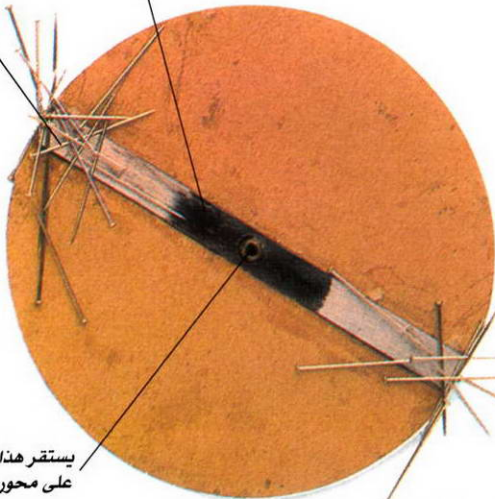
القوة الصلبة

يتكون النحاس الأصفر - الذي هو عبارة عن خليط من المعادن أو ما يسمى سبيكة (ص16-17) - من النحاس والزنك. ويُستخدم في عمل حلقة البوصلة الدوارة وحلقة الاستحكام والمحور. ويتميز النحاس الأصفر بقوته؛ لذا، فلن تبلى دعومات الحلقة المتشابكة بسرعة. ومثل الكثير من المعادن، فإن النحاس الأصفر ليس مغناطيسياً، ولذلك فلن يتداخل مع عمل إبرة البوصلة.

تثبت حلقة الاستحكام البوصلة في علبيتها وتبقيها أسفل الزجاج

المغناطيس

تنجذب الدبابيس إلى طرفي قطعة المغناطيس



يستقر هذا الثقب على محور مدبب

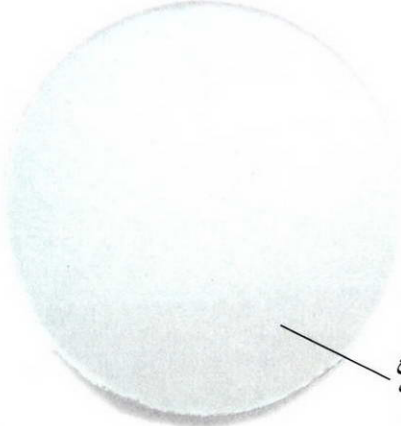


المرونة (القابلية للتمدد)

تمتاز الكثير من المواد الصلبة بأنها مرنة قابلة للتمدد، فهي تعود إلى شكلها الأصلي بعد شدّها أو ضغطها. فعلى سبيل المثال، من الممكن شد الشريط المطاطي (الأسيتيك) لمسافة تزيد على ضعف طوله ثم يعود إلى طوله الأصلي. إلا أنه عند تغيير شكل مادة صلبة بدرجة كبيرة للغاية فإن شكلها قد يتغير بشكل دائم.

الحجم والقوة

درس العالم جاليليو جاليلي (1564-1642) قوة المواد وأوضح أن ثمة حدًا لحجم حيوانات اليابسة. فإذا تضاعف حجم أكبر الديناصورات، فستصبح عظامه بطبيعة الحال أضعف وأقوى. مع هذا، فإن الزيادة في وزن الديناصور ستكون أعظم وتفوق قدرة العظام على احتمالها مما يؤدي إلى تكسرها.



يتشوه الزجاج مع مرور مئات السنين

عنصر الشفافية

من الضروري أن يكون الجزء الأمامي من البوصلة شفافاً وقوياً. لهذا، فهو يصنع من الزجاج الذي هو مادة وسط بين المواد الصلبة والسائلة (ص 24-25). وقد يبدو الزجاج صلباً، لكن مع مرور مئات السنين فإنه يتشوه تدريجياً. وتعود معظم المواد الصلبة مرور الضوء عبرها تماماً، لكن أنقى أنواع الزجاج يمتص قدرًا قليلاً من الضوء المار خلالها.

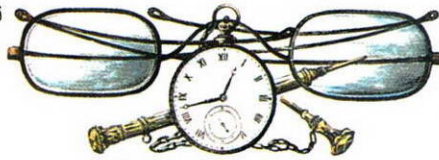
المحور المدب
يدعم البوصلة



يستقر المقبضان النحاسيان في فتحتين بالحلقة الدوارة

خواص الخشب

يجب أن يكون الصندوق الواقي للبوصلة قوياً وصلباً للحفاظ على الشكل المحدد له. وللخشب الكثير من الخواص المختلفة؛ فالخشب المستخدم في صناعة هذا الصندوق قوي وقادر على البقاء لفترة طويلة. لكنه في الوقت ذاته رقيق وخفيف بدرجة كافية لسهولة تعامل الأدوات المعدنية معه، ومن الممكن نحته لتشكيل وعاء مصقول.



نطاقات رؤية مختلفة

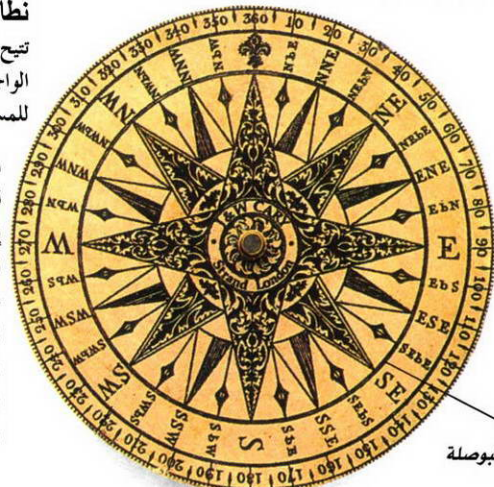
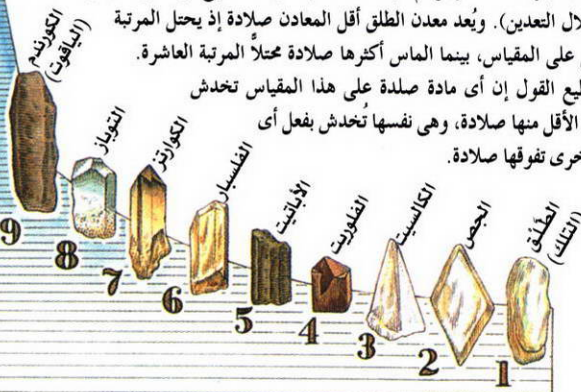
تتيح المواد الشفافة رؤية واضحة وغير مشوهة عبرها، كما هو الحال في الواجهة الزجاجية لساعة اليد. أو من الممكن تشكيلها - بصورة مقصودة - للمساعدة في منحنا رؤية أكثر وضوحاً كما هو الحال في النظارات الطبية.

من المواد الهشة إلى المواد الصلبة

قام العلماء بتقسيم المواد الصلبة وفقاً لدرجة صلابتها - على مقياس مدرج يتراوح من واحد إلى عشرة سمي مقياس «موز» نسبة إلى العالم فريدريك موز (1773-1839). وهذه المواد الصلبة جميعها معادن (أو يزعم أنها كذلك نظراً لأنها تستخرج من باطن الأرض من خلال التعدين). ويُعد معدن الطلق أقل المعادن صلادة إذ يحتل المرتبة الأولى على المقياس، بينما الماس أكثرها صلادة محتملاً المرتبة العاشرة. ونستطيع القول إن أي مادة صلدة على هذا المقياس تخدش المادة الأقل منها صلادة، وهي نفسها تخدش بفعل أي مادة أخرى تفوقها صلادة.

الماس
10

ثمة اختلاف شاسع في درجة الصلادة بين الماس والمعادن الأخرى على المقياس



نقاط اتجاه البوصلة

مؤشرات البوصلة الورقية

تطبع نقاط البوصلة على ورقة أو على قرص البوصلة. وتتم صناعة الورق من خلال استخراج لب الخشب ومعالجته بشكل يجعله ناعماً ومرناً. ويتألف الورق من عدد لا حصر له من الألياف وهو قادر على امتصاص الحبر بشكل جيد لأن الحبر يستقر في الفراغات الواقعة بين الألياف.

عالم البلورات



المجموعات الهندسية الست
كان أبي رينيه هوي (1743-1822) أحد أوائل العلماء الذين كشفوا عن أن أشكال البلورات تسدج تحت ست مجموعات هندسية. وقد أوضح كيفية تكوينها من خلال تكديس وحدات متماثلة في أشكال منتظمة.

لطالما كان ينظر للبلورات بإعجاب وولع منذ العصور القديمة. فهي دائماً تمتاز بجمالها الطاغى كما أن أشكالها تتنوع تنوعاً كبيراً، لكن جميع أشكال البلورات تنتمي إلى ستة أنواع رئيسية فقط. ويرجع الشكل المنتظم لكل بلورة إلى ترتيب الذرات بداخلها (ص34-35). وبمساعدة الميكروسكوبات عالية القدرة، فإن الكثير من الأشياء والمواد التي تبدو للعين المجردة ذات أشكال غير منتظمة - مثل الرواسب الكلسية ومعظم المعادن - قد تظهر في الواقع كتلاً من بلورات دقيقة منتظمة الشكل. الكثير من البلورات تشكل قيمة كبيرة في مجال الصناعة، وبعضها مثل الكوارتز (الذي يستخدم في صناعة ساعات اليد) والسيليكون (المستخدم في صناعة أجهزة الكمبيوتر) يمكن صناعته في المعمل.

المياه المتحجرة

الرواسب الهابطة في الأساس عبارة عن حجر الكلس (الجير)، وقد تكونت من قطرات المياه المساقطة على مدار قرون. وقد نظمت الذرات داخل حجر الكلس نفسها في أنماط بلورية منتظمة.

صناعة ساعات اليد) والسيليكون (المستخدم في صناعة أجهزة الكمبيوتر) يمكن صناعته في المعمل.



مدينة الزمرد

تستخدم البلورات في الغالب كرموز للكمال والقوة. وتظهر مدينة الزمرد السحرية في فيلم «ساحر أوز» الذي تم إنتاجه عام 1939.

يكون الترمالين بلورات طويلة ودقيقة ذات مقطع عرضي مثلث الشكل وله زوايا مستديرة



البلورات الطويلة

تم العثور على بلورات من حجر الترمالين يصل طولها إلى ثلاثة أمتار (10 أقدام). ومن الممكن أن تكتسب هذه البلورات مجموعة متنوعة من الألوان، كما أنها تحظى بقيمة عالية كأحجار كريمة. وعند تسخينها، فإن أحد طرفي بلورة الترمالين يصبح ذا شحنة موجبة، بينما يصبح الطرف الآخر ذا شحنة سالبة.

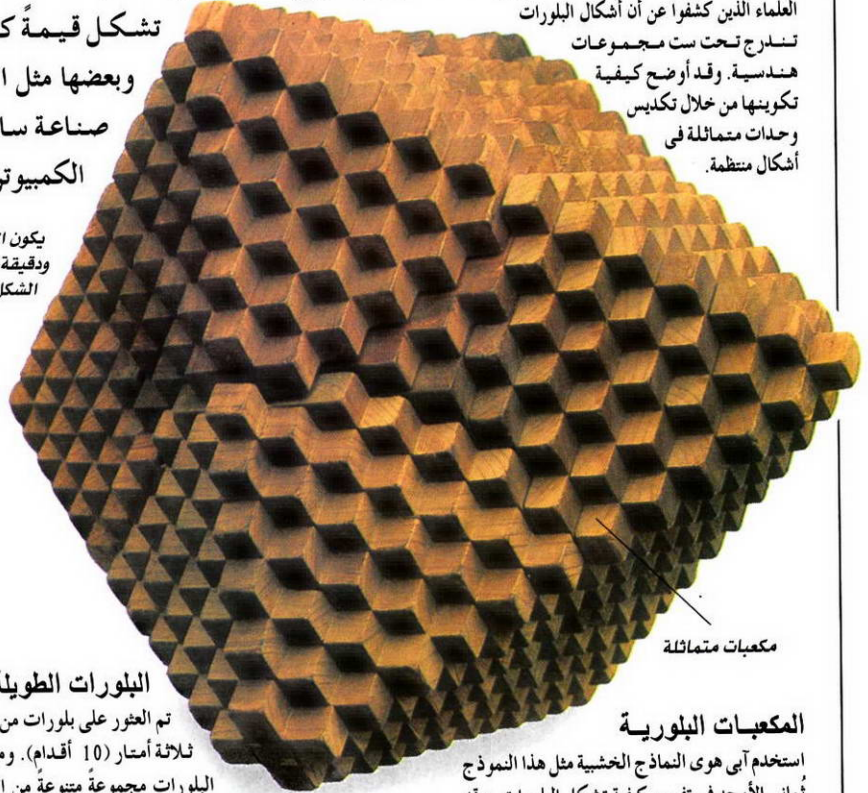
تكونت البلورات إبرية الشكل حيث تصلب الخليط المعدني ببطء



برد الجزء الخارجى من الخليط المعدنى سريعاً وكوّن عدداً قليلاً من البلورات

الخليط المعدنى

إن البلورات الرفيعة المدببة الموضحة في الصورة هي عبارة عن سبائك (ص16-17) من النحاس والألومنيوم.



مكعبات متماثلة

المكعبات البلورية

استخدم أبي هوي النماذج الخشبية مثل هذا النموذج ثماني الأوجه في تفسير كيفية تشكل البلورات. وقد تم ترتيب الوحدات مكعبة الشكل لهذا النموذج البلورى على هيئة طبقات مربعة، كل واحدة منها أكبر من سابقتها بمقدار «حد» إضافي من المكعبات.

برد الجزء الخارجى من البزموت سريعاً وكوّن بلورات ميكروسكوبية



بلورات الكبريت الصفراء

الكبريت الأصفر

تتكون بلورات الكبريت المسطحة عند درجات حرارة منخفضة. بينما تأخذ شكلاً إبرياً عند تعرضها لدرجات حرارة مرتفعة.

البزموت الشبيه بالصندوق

داخل هذه القطعة من البزموت (عنصر فلزى) توجد «أعشاش» دقيقة من الصناديق البلورية التي تشكلت نتيجة للتصلب البطيء للمعدن.



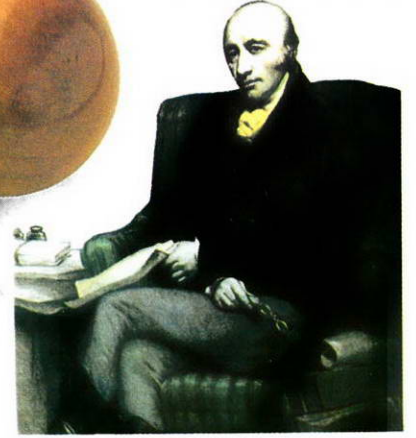
بلورات تكونت حيث تصلب المعدن ببطء

يكون الأراجونيات في الغالب
بلورات ثنائية



الأراجونيات المدهش

توجد بلورات الأراجونيات في الكهوف الجيرية والينابيع الساخنة. وتأخذ هذه البلورات أشكالاً كثيرة، مثل الألياف أو الأعمدة أو الإبر. وعادةً ما تكون بيضاء أو صفراء أو خضراء أو زرقاء اللون.



توضيح بنية البلورات

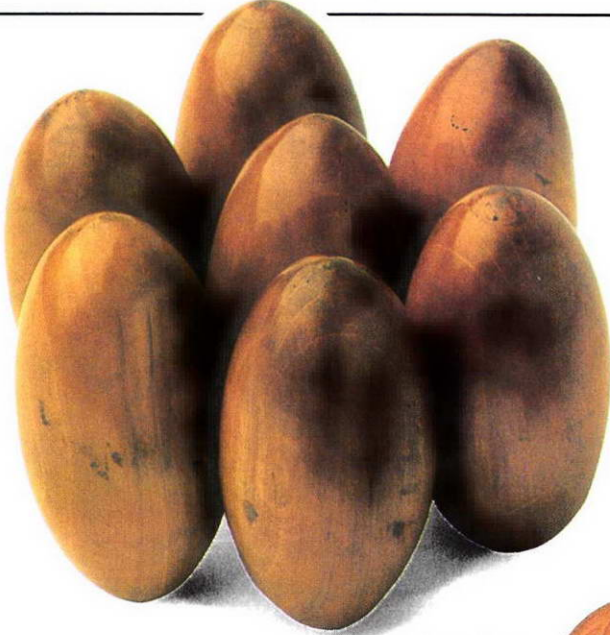
أسهم العالم ويليام هايد ولاستون (1766-1828) بإسهامات مهمة في علم البلوريات (وهو العلم المهتم بدراسة البلورات). فقد أدرك أن البلورة مكعبة الشكل - على سبيل المثال - لا تتكون بالضرورة من مكعبات. لكنها قد تكون تجمعت من ذرات لأشكال أخرى كما هو الحال في نماذجها الخشبية الموضحة في هذه الصفحة. ويمكن القول إن العلماء صاروا على يقين الآن من أن الذرات يمكنها أن تأخذ أشكالاً في غاية التعقيد عندما تتحد معاً.



تمتاز بلورات اللازورد
بكثرة التنوعات بها

المعدن الأزرق

يمتاز معدن اللازورد البحري بلونه الأزرق، كما يوحي اسمه. وكان اللازورد يسحق في الماضي ويستخدم كصبغ، ويحتوي هذا المعدن على النحاس ويوجد مع الرواسب الطبيعية لخام النحاس، وعندما يحول اللازورد إلى جوهرة، فمن الممكن عندئذ تقطيعها بشكل يوضح أوجهها المسطحة المصقولة.



الذرات البيضاوية

في هذا النموذج الذي وضعه ولاستون، نجد أنه تخيل ذرات البلورة في شكل بيضاوي. فكل واحدة منها تحيطها ست ذرات متجاورة على الجوانب، وهو ما يشكل طبقة أفقية قوية.



الطبقات الحرة

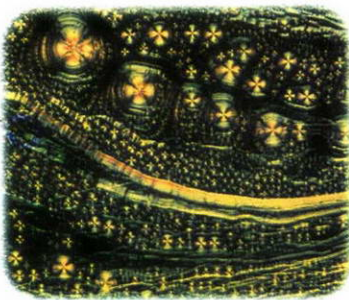
إذا كانت الذرات الموجودة داخل البلورات كروية الشكل، فقد أدرك العالم ولاستون أنه قد يكون لها ذرات مجاورة من جميع الجوانب. ولن تشكل عندئذ تلك الطبقات القوية كما هي ذرات الأشكال الأخرى الموضحة هنا.

الذرات المسطحة

اعتقد ولاستون أنه إذا كانت ذرات البلورة مسطحة، فإنها سترتبط بعضها بقوة أكبر في نقاط تلامس أوجهها المسطحة، وفي هذه الحالة، قد تشكل أعمدة أو أليافاً.

تنظيم البلورات السائلة

ثمة بعض البلورات التي تأخذ شكلاً سائلاً. ومن الممكن ترتيب الجسيمات داخل السائل بشكل مؤقت في شكل صفوف منتظمة وذلك عند تعريضها لتيار كهربائي أو مغناطيسي. تظهر هذه البلورات السائلة الموضحة هنا تحت عدسة الميكروسكوب الإلكتروني. ويؤثر السائل على الضوء تأثيراً مختلفاً عند تشكل البلورات وقد يتغير من الحالة الشفافة إلى الحالة المعتمة أو قد يصبح ملوناً. ونجد في الساعات الكبيرة وساعات اليد الرقمية أو الآلات الحاسبة أو أجهزة الكمبيوتر المحمولة أنه يتم استخدام الكهرباء في تعديل أجزاء الشاشة من الوضع إلى القمامة وذلك بهدف توليد الأرقام أو الحروف المتغيرة.



المعادن والسبائك

يعج سطح النيوزك بالثقوب
نتيجة سخونة المتولدة
أثناء السقوط



الذهب

الذهب معدن نفيس؛ فهو من المعادن النادرة التي لا تفقد بريقها. ومن الممكن طرده في شكل ألواح من الرقائق الذهبية تستخدم في زخرفة الأحرف في المخطوطات المزخرفة كتلك الموضحة في الأعلى.

الحافة القاطعة

يعود استخدام البرونز إلى عام 5000 قبل الميلاد في منطقة الشرق الأوسط، وإلى عام 2000 قبل الميلاد في أوروبا. والبرونز سبيكة من النحاس والقصدير. يمتاز بصلابته الفائقة، وكان يستخدم في صناعة نصال الفئوس والخناجر والسيوف وشفرات الحلاقة.



يعد الحديد والصلب والألومنيوم أكثر المعادن استخداماً. وكل من الحديد والألومنيوم من العناصر الفلزية (ص32-33)، بينما الصلب خليط من الحديد والكربون. ويطلق على مثل هذا الاتحاد - سواء بين المعادن أو بين الفلزات واللافلزات - اسم السبيكة (الخليط المعدني). ومن خلال خلط أحد المعادن بمواد أخرى (فلزية أو لافلززية)، يمكننا في الغالب جعل هذا المعدن أكثر صلابة. وتوجد معظم المعادن في مصدرها الخام (الصخور) متحدة بعناصر أخرى مثل الأكسجين والكبريت. وعن طريق تسخين الخام يمكننا فصل المعدن وتنقيته من الشوائب. والمعادن النقية تكون براقّة، وتكون قابلة للطرق والتشكيل وعمل لفائف من السلك منها. وهي ليست هشة سريعة الانكسار، بل تكون في الغالب لينة. والمعادن موصلات جيدة لكل من التيار الكهربائي والحرارة.

المعدن السماوي

ثمة نوع في غاية النقاء من الحديد يستخرج من الأحجار النيزكية. وهي أجسام سقطت إلى الأرض من الفضاء الخارجي واحترقت جزئياً نتيجة لاحتكاكها بالغلاف الجوي المحيط بالأرض.

يتمدد الزئبق بطول الأنبوب
الرفيع عند ارتفاع درجة حرارته



يحتوي الجزء
المنخفض على
الزئبق

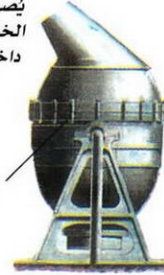
الألومنيوم

يشكل الألومنيوم 1 على 12 من طبقة الصخور القريبة من سطح الأرض. وقد اكتشف هذا المعدن في عام 1809. بيد أن الاستخدام واسع الانتشار له جاء بعد عام 1886. وهو معدن خفيف للغاية واستخدم في بداية الأمر في صناعة الجواهر والأشياء غير المألوفة، مثل هذه البطاقة البريدية المصورة. وتُصنع أجزاء الطائرات في الغالب من سبائك الألومنيوم.

المعدن السائل

يعد الزئبق معدناً سائلاً في درجات الحرارة العادية. وهو يتمدد بدرجة كبيرة نسبياً عندما ترتفع حرارته، ويُستخدم منذ فترة طويلة - ولا يزال - في الأدوات التي تقيس درجات الحرارة مثل هذا الترمومتر الذي يعود إلى القرن الثامن عشر.

يُصب الحديد
الخام المصهور
داخل المحول



هنري بسمر

رجل الصلب

أسهم هنري بسمر (1813-1898) بشكل كبير في إسراع خطى عملية تصنيع الصلب في منتصف القرن التاسع عشر، وذلك باستخدام المحول الشهير الذي تمكن من ابتكاره. إذ كان الهواء يضغط عبر الحديد الخام المصهور (خام الحديد الذي يتم تسخينه في الفرن باستخدام الفحم أو الخشب). وكانت هذه الخطوة تؤدي إلى احتراق الكربون (ص40-41) المستمد من الفحم أو الخشب في ظل انبعاث نافورة من الشرارات. كان يتم بعد ذلك إخراج الحديد النقي - الذي كان لا يزال مصهوراً - من المحول وإضافة كميات محددة من الكربون ومعادن مثل النيكل أو المنجنيز أو الألومنيوم إليه. وكانت هذه المواد الأخرى تحول الحديد المصهور إلى الصلب، وهو السبيكة التي ذاع صيتها لما تمتع به من صلابة وقوة.

الهواء يضغط
عبر مداخل،
ومن ثم يتم
حرق الكربون

يُصب الحديد
النقي في مغرفة



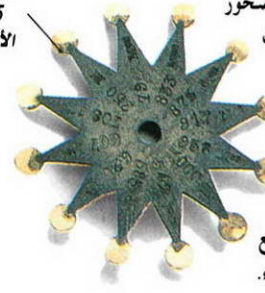
الجرس البرونزي

تعد معادن مثل البرونز مثالية لصناعة الأجراس؛ لأنها تهتز لفترة زمنية طويلة بعد قرعها. ومنذ عام 1000 قبل الميلاد والبرونز يصاغ في أشكال مختلفة من خلال صبه بحالته المنصهرة في قوالب. وبعد أن تتم هذه الخطوة، يجب ترك الأجراس الضخمة تبرد ببطء شديد، وذلك للحيلولة دون تشققها. ويزن جرس الحرية المعلق في مدينة فيلادلفيا بولاية بنسلفانيا الأمريكية حوالي 943 كيلو جراماً (2,079 رطلاً) ويبلغ طوله حوالي متر واحد (ثلاثة أقدام). وقد صنع هذا الجرس في لندن وتم تسليمه بعد انتهاء العمل به في عام 1752، لكنه تشقق ولزم الأمر أن يقوالب مرتين قبل أن يتم تعليقه. لكنه تشقق ثانية في عام 1835 وفي عام 1846. ومنذ ذلك الحين لم يُقرع مطلقاً.



درجة النقاء

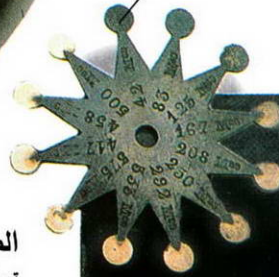
كان الصائغون يحكمون في السابق على نقاء الذهب من خلال حكه على نوع من الصخور الداكنة يطلق عليها اسم محك الذهب. ثم كانت تتم مقارنة الخط الناجم عن الاحتكاك بالخطوط الناجمة عن احتكاك عينات الذهب الموضوعة على «نجمتين». وكان أفضل تطابق بين الخططين ينتج عن قطع ذهبية على الدرجة نفسها من النقاء.



الخطوط الناجمة عن حك العينات على محك الذهب

تتكون العينة من 875 جزءاً في الألف من الذهب

تتكون العينة من 125 جزءاً في الألف من الذهب

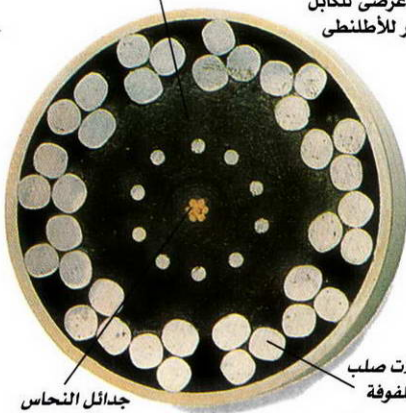


المعادن متعددة الأغراض

تم استخدام العديد من المعادن - لكل منها وظيفة محددة تقوم بها - في صنع هذه الساعة العتيقة. فقد صنعت الزنبركات والسلسلة والتروس المستننة - والتي هي أكثر الأجزاء عرضة للتآكل - من الصلب. بينما صنعت العلبة الحاوية من النحاس الأصفر، الذي هو عبارة عن سبيكة من النحاس والزنك ليست في قوة الصلب. ولإضافة لمسة جذابة على الساعة، تم طلاء النحاس الأصفر بالذهب.

تمنع الحثايرشا (مادة شبيهة بالمطاط تستخرج من الأشجار) تسرب الكهرباء

مقطع عرضي للكابيل العابر للأطلنطي



جدائل النحاس الأصفر

كابلات صلب ملفوفة

تيار المحيط

تم استخدام سلك نحاسي مكون من سبع جدائل في قلب الكابيل الممتد أسفل البحر. وقد اختير النحاس لهذا الغرض نظراً لما يتمتع به من خواص نافعة للغاية. فهو موصل ممتاز للتيار الكهربائي ومن السهل تشكيله ولقته على هيئة أسلاك.

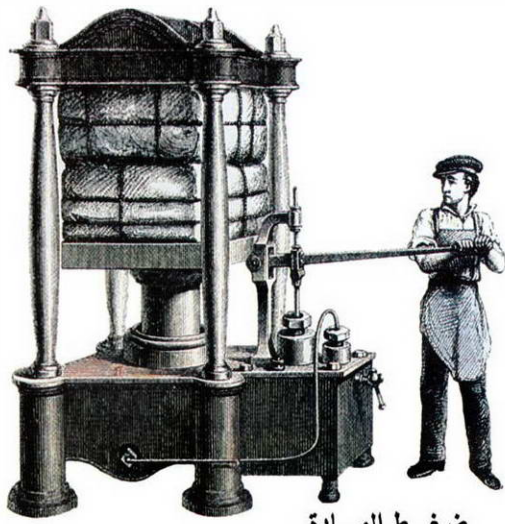


كابلات صلب ملفوفة

التواصل العميق

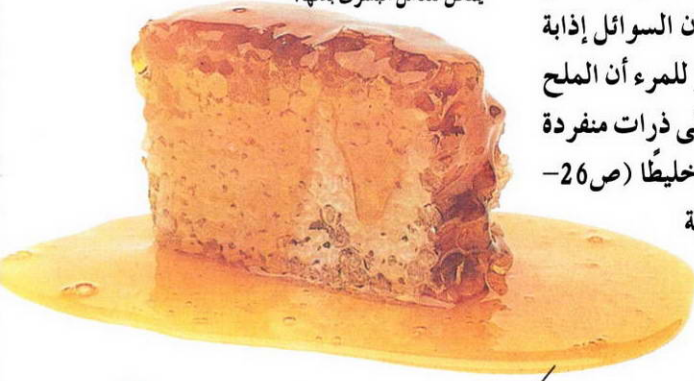
تم مد كابل تلغراف بطول 3,740 كيلو متراً (2,325 ميلاً) لأول مرة عبر قاع المحيط الأطلنطي في عام 1850، رابطاً بريطانيا بالولايات المتحدة. وكان الجزء الخارجي من الكابيل التقليدي يتألف من غلاف قوي من أسلاك الصلب الملفوفة. وكان هذا الغلاف قادراً على مقاومة الصدأ حتى في مياه البحر (وهو المحلول المائي المعروف عنه أنه يؤدي إلى صدأ المعادن سريعاً).

خواص السوائل



ضغط المادة

تعمل معظم السوائل - وبشكل خاص الماء والزيت - كمواد جيدة التوصيل للضغط. وفي عام 1795، سجل جوزيف براماه (1749-1814) براءة اختراعه للمكبس الهيدروليكي الذي كان أساس عمله هو مضاعفة السائل المضغوط لحجم القوة التي يمكن للعامل البشري بذلها.



سائل بطيء الحركة

تشكل قطرات السائل الصغيرة بفعل التوتر السطحي

ينتشر السائل في شكل طبقة رقيقة للغاية

حسب تصور الإغريق الذين كانوا يؤمنون بنظرية العناصر الأربعة، فإن جميع السوائل تحتوي على نسبة كبيرة من الماء (ص 8-9). ومع هذا، فإن الإغريق الذين كانوا يؤمنون أيضاً بالذرة (ص 34-35) كانوا يعتقدون أن الذرات الموجودة في سائل يمكنها أن تنزلق بعضها حول البعض، مما يجعل السائل يتدفق ليأخذ شكل الوعاء المحتوي عليه. وهذه هي أيضاً وجهة النظر الحديثة. فجسيمات السائل يجذب بعضها البعض وتبقى قريبة من بعضها؛ لذا، فلا يمكن ضغطها في حجم أقل أو شدتها لتأخذ حجماً أكبر، لكن عند تسخين أحد السوائل، فإن المسافة بين الجسيمات تزداد مساحتها بشكل عام، ومن ثم يتمدد السائل. أما في حالة تبريده، فإن العكس هو ما يحدث؛ إذ ينكمش السائل. وفي إمكان السوائل إذابة بعض المواد الصلبة. فعلى سبيل المثال، يبدو للمرء أن الملح الموضوع في الماء يخفى ببطء شديد. لكن الملح في حقيقة الأمر يتفكك إلى ذرات منفردة من الصوديوم والكلور (ص 50-51). تنتشر الأيونات خلال الماء مكونةً خليطاً (ص 26-27) يعرف باسم محلول الملح في الماء. ويمكن للسوائل أيضاً إذابة الغازات والسوائل الأخرى.

الحركة البطيئة

تتدفق بعض السوائل بسهولة، بينما يتحرك العسل ببطء شديد ويوصف بكونه «لزجاً». لكن سوائل مثل القطران والزفت (وهي المواد المستخدمة لمنع تسرب المياه من الأسطح) هي أكثر لزوجة من العسل.

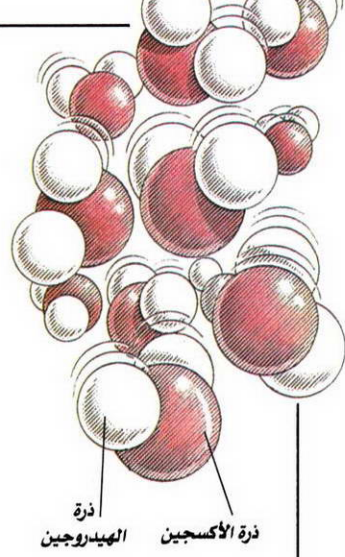
السطح الهالالي

سطح مستو

يتم ضغط الغاز الموجود في السائل في شكل فقاعات كروية أو شبه كروية بفعل السائل المحيط به

الحافة المقوسة

يكون سطح السائل الراكد أفقياً فيما عدا عند حافته، حيث يكون قوساً يطلق عليه اسم السطح الهالالي. وقد يكون اتجاه تقوس السطح الهالالي إلى الأعلى - كما يبدو في الصورة - أو إلى الأسفل.

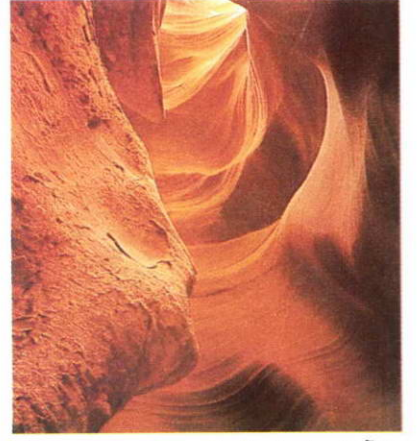


انزلاق الذرات

تتكون أصغر وحدة من الماء من ذرة (ص 34-35) من الأكسجين مرتبطة بذرتين من الهيدروجين. وتنزلق هذه المجموعات من الذرات الثلاث بعضها حول البعض في المياه السائلة.

رفع الأشياء

لأن السائل يتدفق، فمن الممكن دفع شيء ما بداخله مما يجبر بعضاً من السائل على الابتعاد جانباً. لكن السائل المزاح يحاول التدفق ثانية مما يؤدي إلى دفع ذلك الشيء إلى الأعلى. ومن ثم، سيبدو ذلك الشيء أخف من السائل ويمكنه أن يطفو على سطحه مثل هذا القارب.



يؤدي عنق الإناء الضيق إلى زيادة سرعة حركة السائل في أثناء تدفقه منها

التآكل بفعل الماء

مع مرور وقت كاف، تؤدي السوائل المتدفقة إلى تآكل الأسطح الصلبة، حتى الصخور. ويزداد هذا التأثير الكاشط عندما يحمل السائل جسيمات صلبة من الصخور والغرين. وبعض الصخور - مثل الطفل والحجر الرملي - تتميز بمقاومة ضعيفة للتآكل. ذلك الوادي الضيق الموجود في صحراء أريزونا الأمريكية قد تآكل بفعل الفيضانات المتدفقة التي ظلت تختبره لمدة 10,000 عام.

قوة السوائل المتحركة

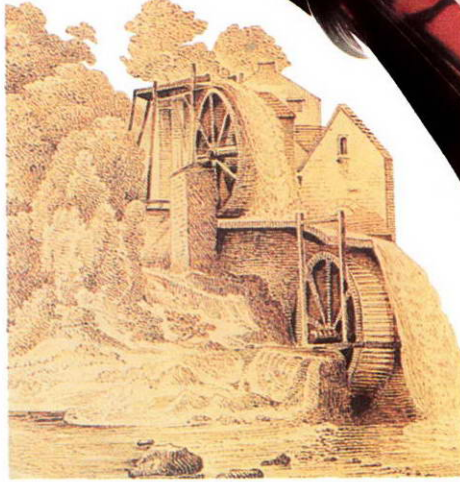
قد ينتج عن تدفق الماء قوة عاتية - كموجات المد العاتية «تسونامي» أو موجات المد بشكل عام - يمكنها أن تكتسح بلدات بأكملها. بينما يتوافر للسائل الأبطأ حركة الوقت الكافي ليتفرق ويتدفق حول العوائق، وبالتالي يكون تأثيره أقل ضرراً. وعند تسرب سائل ما من وعائه فإن التوتر السطحي (قوة الشد الداخلي عند السطح) يحاول جذب السائل مكوناً منه شكلاً ما. لكن نظراً لأنها قوة ضعيفة نسبياً، فلا يمكن للتوتر السطحي سوى جذب كميات صغيرة تأخذ شكل قطرات، أما كميات السوائل الأكبر، فإنها تأخذ أشكالاً مشوشة وغير منتظمة.

سائل سريع الحركة

يأخذ السائل شكل الإناء الذي يوجد به

قوة الماء

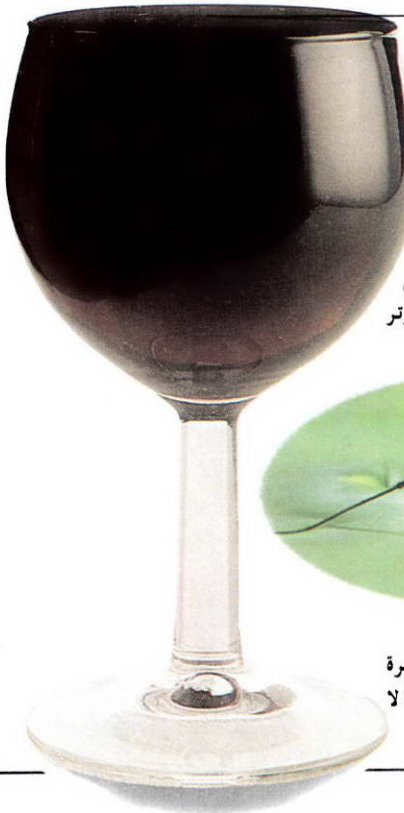
لطالما استخدمت الجداول والأنهار في إدارة السواقي منذ العصور القديمة. فالأنوال المدارة بطاقة المياه انتشرت بكثافة خلال الثورة الصناعية في بريطانيا في القرن الثامن عشر. وتجرى الآن الاستفادة من مياه البحيرات وخزانات المياه والبحار في إدارة توربينات توليد الطاقة الكهربائية على مستوى العالم.



سطح مستو

تجاوز الحد الفاصل

تلتصم الجسيمات بالغة الصغر التي تكون السائل بعضها البعض بفعل جذبها لبعضها. ويؤدي التوتر السطحي إلى جعل سطح السائل يبدو مثل الجلد المطاطي المشدود للبالون. ويبدو الشراب الموجود في هذا الكوب فوق الحافة، لكن التوتر السطحي يحول دون أن يفيض.



المشي على الماء

يسمح التوتر السطحي لأرجل هذه الحشرة بإحداث انبعاجات في المياه، لكنها لا تخترق «القشرة» الممتدة على السطح.

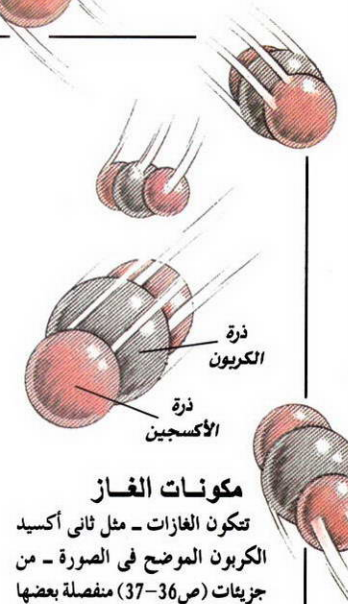
الغازات وخواصها

احتار الفلاسفة القدماء في تحديد طبيعة الغازات. فقد أدرك هؤلاء أن الهواء ليس مجرد حيز خالٍ وخمن البعض أن رائحة العطر تعود إلى انتشار الجسيمات بالغة الصغر، وأن الصقيع يتكون بفعل تكاثف بخار الماء غير المرئي. وقد لاحظ الكثيرون أن الرياح تؤدي إلى انثناء الأشجار وأن تتابع الفقاعات بقوة يجعل الماء يعج بالرغوة. وقد اعتقد هؤلاء الفلاسفة الأوائل أن هناك عنصراً واحداً من الهواء (ص8-9) هو الذي يتصف بـ«خفة الوزن» أي النزعة إلى الارتفاع. وفي القرن السابع عشر، كشف إيفانجليستا تورشيللي (1608-1647) عن أن الهواء - مثله مثل المواد الصلبة والسائلة - له وزن يمكن أن يقاس. وأوضح

الكيميائيون في القرن التالي أن الهواء هو مزيج من الغازات، وحددوا الغازات التي تنطلق في التفاعلات الكيميائية.

وسرعان ما تم استخدام هذه الغازات المكتشفة حديثاً. فعلى سبيل المثال، استخدم الغاز الناتج عن الفحم في توليد الضوء والحرارة.

مكونات الغاز
تتكون الغازات - مثل ثاني أكسيد الكربون الموضح في الصورة - من جزيئات (ص36-37) منفصلة بعضها عن البعض وفي حالة حركة دائمة. وتتسم جزيئات الغاز في العادة بالتعقيد، فهي تتكون من الذرات (ص34-35) المتماسكة بإحكام.



تحرير الأكسجين

عند تسخين مادة صلبة، فإنها تطلق في الغالب غازاً. فبلورات برمنجنات البوتاسيوم تتكون من البوتاسيوم والمنجنيز والأكسجين. وعند تسخينها، تنقسم البلورات إلى مواد أخرى وتطلق غاز الأكسجين. ويحتل الأكسجين كغاز حجماً أكبر كثيراً من حجمه وهو متحد مع المادة الصلبة، فيسرب من طرف الأنبوب. ونستطيع القول إن الغاز أقل كثافة من الماء؛ لذا، فهو يطفو على سطح جرة التجميع في شكل فقاعات.

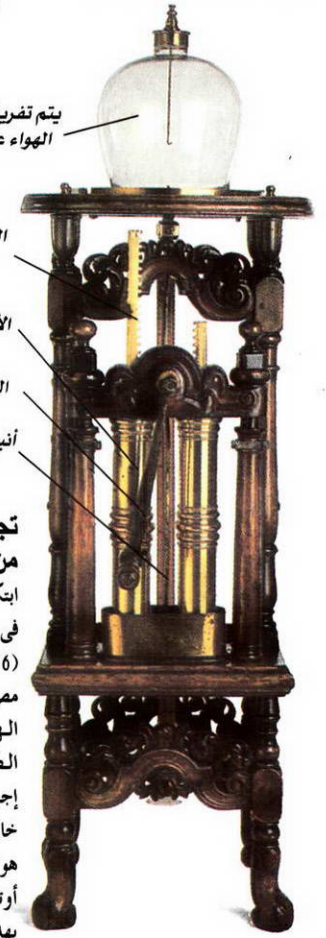
يتم تفريغ القبة الزجاجية من الهواء عند تشغيل المضخة

المكبس

الأسطوانة

المقبض

أنبوب يربط الأسطوانة بالقبة الزجاجية

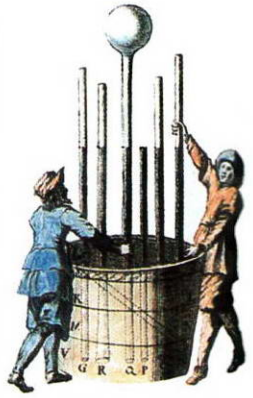
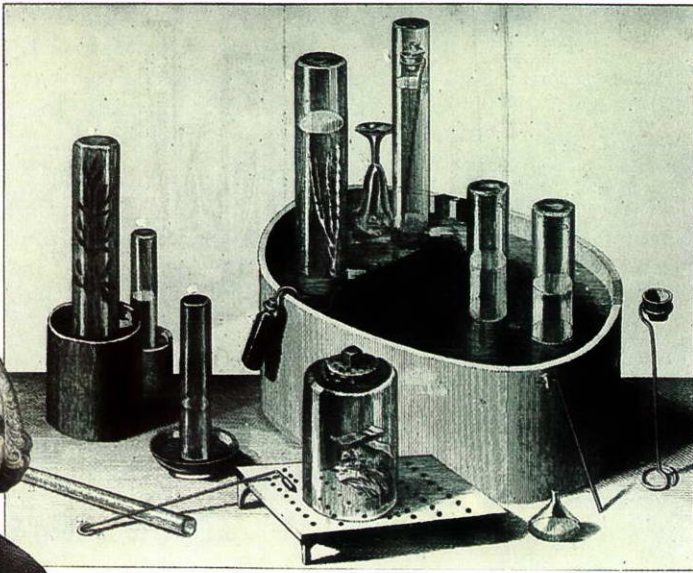


تجارب علمية في وسط خالٍ من الهواء

ابتكرت هذه المضخة الهوائية الموضحة في الصورة على يد فرانسيس هوكسي (1666-1713). وكانت الرافعة مصممة لتشغيل مكبسين مهمتهما تفريغ الهواء من القبة الزجاجية. وبهذه الطريقة، كان من الممكن بعد ذلك إجراء التجارب أسفل القبة في وسط خالٍ من الهواء. وقد ابتكر أول مضخة هوائية في خمسينيات القرن السابع عشر أوتوفون جيريك (1602-1686) بهدف إظهار قوة ضغط الهواء.

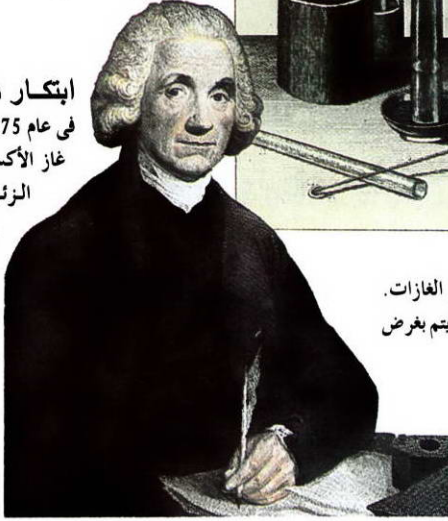
مصدر للإمداد بالغاز

غاز الهيدروجين وصناعة المناطيد
 اكتشف چاك تشارلز (1746-1823)
 قانوناً مهمّاً يتعلق بتمدد الغازات عند
 تسخينها (ص 39). ففي عام 1783،
 اشترك الرجل في أول رحلة تمت في
 منطاد هيدروجيني. ويتميز هذا الغاز
 بوزنه الخفيف للغاية وكذلك بسرعة
 اشتعاله العالية، لكنه كان لا يزال
 مستخدماً في السفن الهوائية خلال
 ثلاثينيات القرن الماضي.



ابتكار ماء الصودا

في عام 1775، اكتشف جوزيف بريستلي
 غاز الأوكسجين خلال تجاربه مع أكسيد
 الزئبق. فقد وجد أن الأوكسجين
 يشكل عنصراً مساعداً في كل
 من التنفس والاحتراق، لكنه
 لم يتوصل لتحديد طبيعته
 بالضبط. وباستخدام ثاني
 أكسيد الكربون من أحد
 مصانع الجعة المحلية لجعل
 الماء ينفور، تمكن بريستلي
 من ابتكار ماء الصودا.

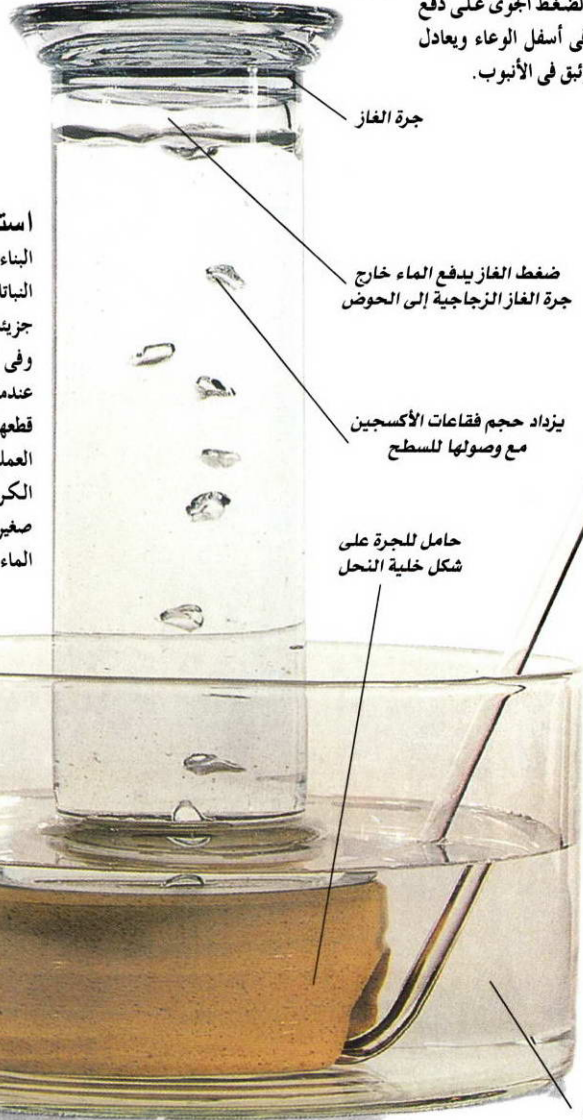


مجموعة قيمة

استخدم جوزيف بريستلي (1733-1804) هذا الجهاز في تجميع الغازات.
 وكانت الغازات تأخذ شكل فقائيع تنطلق خلال الماء وكان تجميعها يتم بغرض
 إجراء الاختبارات العلمية في الجرار الزجاجية.

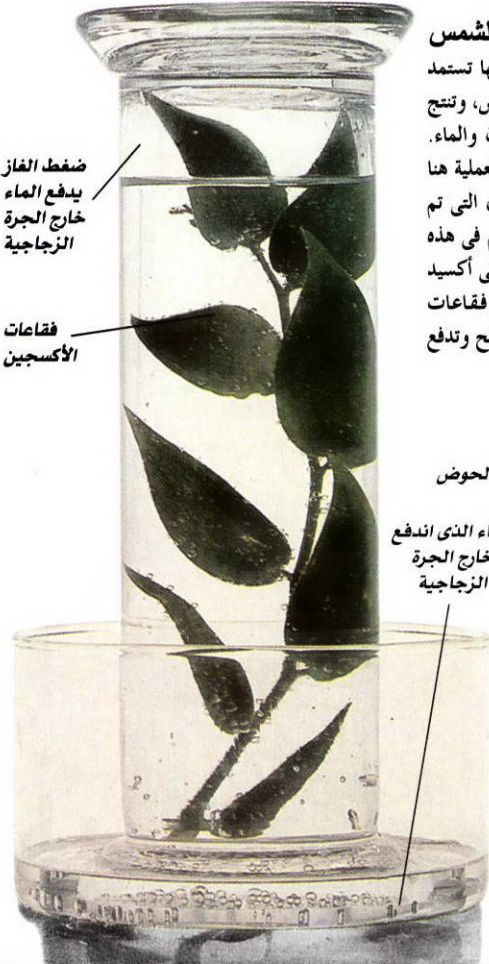
قوة الضغط الجوي

يقيس جهاز الباروميتر التغيرات
 التي تطرأ على الضغط الجوي.
 وقد تميز الباروميتر البدائي
 الذي ابتكره إيفانجليستا
 تورشيللي باشتماله على أنبوب
 زجاجي عمودي ممتلئ بالزئبق.
 وكان طرف الأنبوب المفتوح
 مغموساً في وعاء من الزئبق.
 يعمل الضغط الجوي على دفع
 الزئبق في أسفل الوعاء ويعادل
 وزن الزئبق في الأنبوب.



استخلاص الطاقة من ضوء الشمس

البناء الضوئي هو العملية التي من خلالها تستمد
 النباتات الخضراء الطاقة من ضوء الشمس، وتنتج
 جزيئات الغذاء من ثاني أكسيد الكربون والماء.
 وفي الإمكان مشاهدة أجزاء من هذه العملية هنا
 عندما يتألق ضوء الشمس على الأوراق التي تم
 قطعها حديثاً والمغمورة في المياه. ويتم في هذه
 العملية تحرير الأوكسجين من جزيئات ثاني أكسيد
 الكربون وانتشاره في الماء في شكل فقاعات
 صغيرة. وتطفو هذه الفقاعات على السطح وتدفع
 الماء إلى خارج الجرة.



تغيرات حالة المادة

من الممكن تغيير حالة المادة بعدة طرق. فتسخين المادة الصلبة إلى درجة حرارة يطلق عليها نقطة الانصهار (الذوبان) سيؤدي إلى تغير حالتها؛ إذ ستتحول إلى الحالة السائلة. كما أن تسخين سائل إلى درجة حرارة تعرف بنقطة الغليان له تأثير مماثل؛ إذ ستغير حالة السائل ويتحول إلى غاز. يمكن التأثير على كل من درجة الانصهار ودرجة الغليان للمادة، على سبيل المثال، عند إضافة شائبة مثل الملح إلى الثلج، فإن درجة ذوبان الثلج ستتنخفض. سيذوب الخليط (ص 26-27) المكون من الملح والثلج، بينما سيظل الثلج النقي متجمداً عند درجة الحرارة ذاتها. وإذا أضيف الثلج إلى الماء، فإن ذلك سيرفع من نقطة الغليان ومن ثم سيغلي الماء عند درجة حرارة أعلى من المعتاد. ويؤثر الضغط أيضاً على حالة المادة، فعندما يكون الضغط الجوي منخفضاً؛ فإن درجة غليان الماء تنخفض هي الأخرى. كما أن أي زيادة في الضغط ستؤدي إلى انخفاض درجة ذوبان المادة الصلبة.



الاستسلام للضغط

عندما يضغط أحد الأسلاك على الثلج فإن درجة ذوبانه تنخفض، وبالتالي يذوب الثلج. يخترق السلك الثلج الذي يتجمد ثانية بعد مرور السلك خلاله.

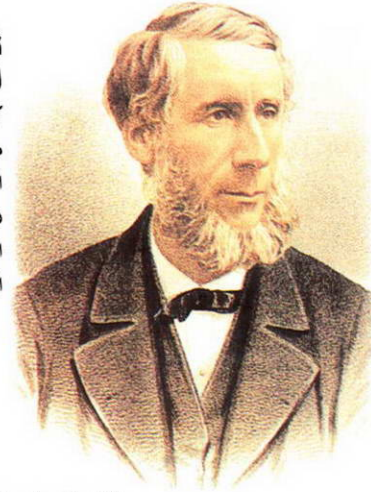
من الحالة الصلبة إلى الغازية نجد في السلسلة المتعاقبة التالية أن تسخين المادة الصلبة - المتمثلة هنا في الثلج - إلى نقطة الذوبان الخاصة بها يغير من حالتها الصلبة إلى السائلة. بينما نجد أن تسخين السائل - الماء - إلى نقطة الغليان الخاصة به يجعله يتغير من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية.

1 الحالة الصلبة

مثل معظم المواد الأخرى، فإن الماء قد يوجد في الحالة الصلبة أو السائلة أو الغازية. وتتمثل حالته الصلبة في الثلج، والذي يتكون عند تبريد الماء السائل بدرجة كافية. وقد يبدو الثلج مختلفاً عن الماء، لكنهما متماثلان تماماً من الناحية الكيميائية.

ثروة من الموضوعات العلمية

كان جون تيندال (1820-1893) مهتماً بالتعرف على كيفية تسبب الحرارة في تغيير حالة المادة. كما أنه درس مجموعة متنوعة من الموضوعات الأخرى مثل أصول الحياة والسبب وراء زرق السماء.



الخصائص المتساقت

كانت صناعة قذائف الرصاص تتم فيما مضى من خلال إسقاط قطرات الرصاص المنصهر من قمة «برج القذف». وبينما هي في الحالة السائلة، فقد كانت قطرات الرصاص الصغيرة تتشكل على هيئة كرات ثم «تتجمد» في هذا الشكل.

مضخة لتفريغ الهواء من القارورة الكبيرة

لكل قطعة ثلج شكل محدد

تفتح المحابس للسماح للهواء بالتدفق من القارورة الصغيرة إلى الكبيرة

خفض مستوى الضغط

يظهر جهاز تيندال - الموضح في الصورة - أن الماء غير الساخن بدرجة كافية لكي يغلي عند مستوى الضغط الجوي العادي سيبدأ في الغليان عند خفض الضغط الواقع عليه.

يتم وضع الماء داخل هذه القارورة

موقد بنزن - مصدر الحرارة

يتم تفريغ كامل للهواء تقريباً من هذه القارورة





الحرارة الخفية

تمكن جوزيف بلاك (1728-1798) من قياس الحرارة اللازمة لتحويل المادة الصلبة إلى سائلة أو المادة السائلة إلى غازية. وقد أطلق على هذه الحرارة اسم الحرارة «الكامنة» أو الخفية.

يتحول الغاز إلى ماء سائل عندما يلمس سطحاً أكثر برودة منه



الجبل المنصهر

عند ثوران أحد البراكين، فإنه قد يقذف بآلاف الأطنان من الحمم، التي هي عبارة عن صخور منصهرة متوهجة بالحرارة مصدرها مركز الأرض. وعندما تبرد الحمم البركانية فإن حالتها تتغير وتتصلب.

3 الحالة الغازية

عند تسخين الماء بدرجة كافية، فإنه يبدأ في التحول إلى بخار، وهو غاز غير مرئي عديم اللون. ولا يمكن «رؤيته» إلا في شكل فقاعات في الماء. ويمكن القول إن ما يعرف في العادة باسم البخار هو في واقع الأمر عبارة عن سديم رقيق من قطرات الماء.

تتكون فقاعات البخار في السائل

لا يمكن رؤية البخار

يأخذ السائل شكل الإناء الذي يوضع فيه



تكونت الثقوب بفعل الفقاعات الغازية

حجر من أحد البراكين

إن حجر الخفاف (زجاج بركاني خفيف جداً مليء بالثقوب يستعمل في الصقل) هو عبارة عن حمم منصهرة بردت بشكل سريع للغاية. وهو يشبه قرص العسل حيث إنه مليء بالثقوب التي هي عبارة عن فقاعات غازية «متجمدة».



صمام الأمان
مقياس الضغط

الاستفادة من الضغط

يرجع قدر الطهو بالضغط ذر القالب الألومنيوم هذا إلى عام 1930 تقريباً. الضغط المرتفع للغاية داخل قدر الطهي يجعل الماء يسخن إلى درجة تفوق نقطة غليانه المعتادة؛ ومن ثم، يطهى الطعام بداخله بسرعة.

2 الحالة السائلة

عند تسخين الثلج، فإنه يتحول إلى ماء سائل. وهذا التغير يحدث عند درجة حرارة محددة تصل في العادة إلى صفر مئوية (32 درجة فهرنهايت). وفي ظل مستوى الضغط الجوي المعتاد، فإن الماء يبقى على حالته السائلة حتى درجة 100 مئوية (212 درجة فهرنهايت).

يأخذ سطح السائل شكلاً أفقياً

المواد الغروانية والزجاج

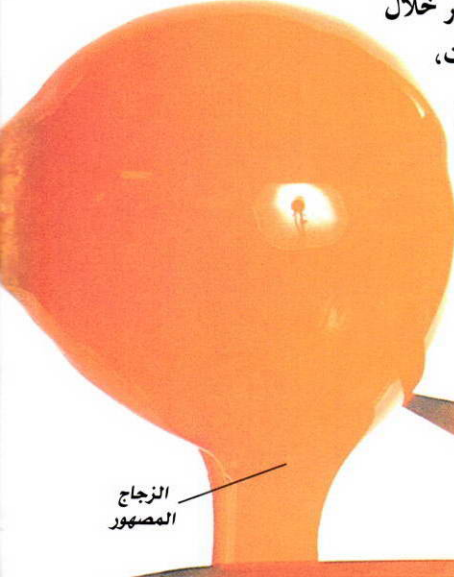
ثمة بعض المواد التي يصعب تصنيفها. على سبيل المثال، يتدفق الرصاص - وهو معدن - ويتحرك مثل السائل بمرور القرون. والزجاج - وهو مادة تبدو صلبة - هو في حقيقة الأمر سائل شديد التبريد ويسيل بمرور عقود زمنية عدة. ونجد أن الذرات (ص34-35) في مثل هذه المواد ليست مترابطة بإحكام في شكل منتظم. لكنها عوضاً عن ذلك تكون شكلاً غير منتظم حيث تتحرك الذرات في حركة دائرية مما يسمح للمادة بالانسياب. ونجد في أحد أشكال المادة التي تعرف باسم المادة الغروانية، أن إحدى المواد تنتشر خلال الأخرى. ويمكن القول إن الجسيمات المنتشرة أكبر كثيراً من الذرات، لكنها في غاية الصغر بدرجة لا تسمح برويتها بالعين المجردة. وتضم المواد الغروانية الزجاج الملون (وهو عبارة عن جسيمات صلبة منتشرة في مادة صلبة) والطين (وهو عبارة عن مادة صلبة في سائل) والدخان (وهو عبارة عن مادة صلبة منتشرة في غاز) واللبن (وهو عبارة عن سائل منتشر في سائل) والضباب (وهو عبارة عن سائل منتشر في غاز) والرغوة (وهي عبارة عن غاز منتشر في سائل).



يستخدم السبج المنحوت في صناعة رأس سهم حاد

الزجاج الطبيعي

يتكون السبج (زجاج بركاني أسود عادةً) من الصخور البركانية المنصهرة. ويبرد هذا الصخر بسرعة ولا يمكن للذرات أن تكون شكلاً منتظماً. وقد اعتادت الشعوب القديمة استخدام صخر السبج في صناعة رءوس الأسهم مثل ذلك الموضح في الصورة.



الزجاج المصهور



القالب المعياري

مجزة قوية

نفخ الزجاج

تم صناعة الزجاج من خلال إذابة الرمل وخلطه بمكونات أخرى ثم تبريد السائل الناتج سريعاً. وقد صنع الزجاج لأول مرة تقريباً في عام 4000 قبل الميلاد في منطقة الشرق الأوسط. وقد تم نفخ الزجاج كي يتناسب بإحكام داخل قالب منذ القرن الأول الميلادي. وتم معظم عمليات نفخ الزجاج في الوقت الحالي آلياً، إلا أن سلسلة الخطوات التالية تعرض للأسلوب التقليدي لنفخ الزجاج. ويمارس هذا الأسلوب التقليدي الآن فقط في صناعة أشياء متخصصة.

حجر الكلس (كربونات الكالسيوم)

1 وصفة الزجاج

يعد الرمل المكون الرئيسي في وصفة عمل الزجاج، وهو الذي يطلق عليه اسم العجينة. بينما يتحمل المكون التالي في العادة في كربونات الصوديوم التي تساعد في صنع زجاج يسهل صهره. وقد يستخدم حجر الكلس (الجير) في إنتاج زجاج مقاوم للماء.

كربونات الصوديوم

الرمل (السليكا)

يعطى أكسيد الحديد اللون الأخضر للزجاج

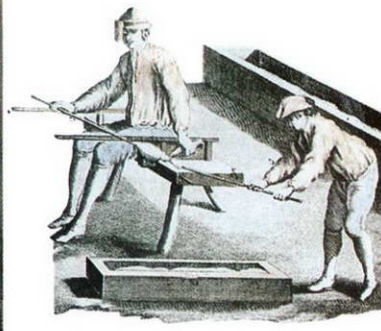
تمطى كربونات الباريوم للزجاج اللون البني

2 قطع الزجاج

يقوم صانع الزجاج بتجميع كمية ضخمة من الزجاج المنصهر عند طرف قضيب حديدي. ثم يُقلب الزجاج في قالب معياري ويتم قطع الكمية المضبوطة باستخدام طرفي المجزة. وهناك العديد من الأساليب التقليدية الأخرى لصناعة الزجاج. فمن الممكن صناعة الزجاج المسطح المستخدم في النوافذ من خلال لف كتلة منصهرة وساخنة من الزجاج على طرف القضيب. ويتم بعد ذلك فردها في شكل قرص ضخم يمكن قطع القطع المسطحة منه. أما الزجاج ذو السطح المزخرف، فيمكن صنعه عن طريق ضغط الزجاج المنصهر في قالب.

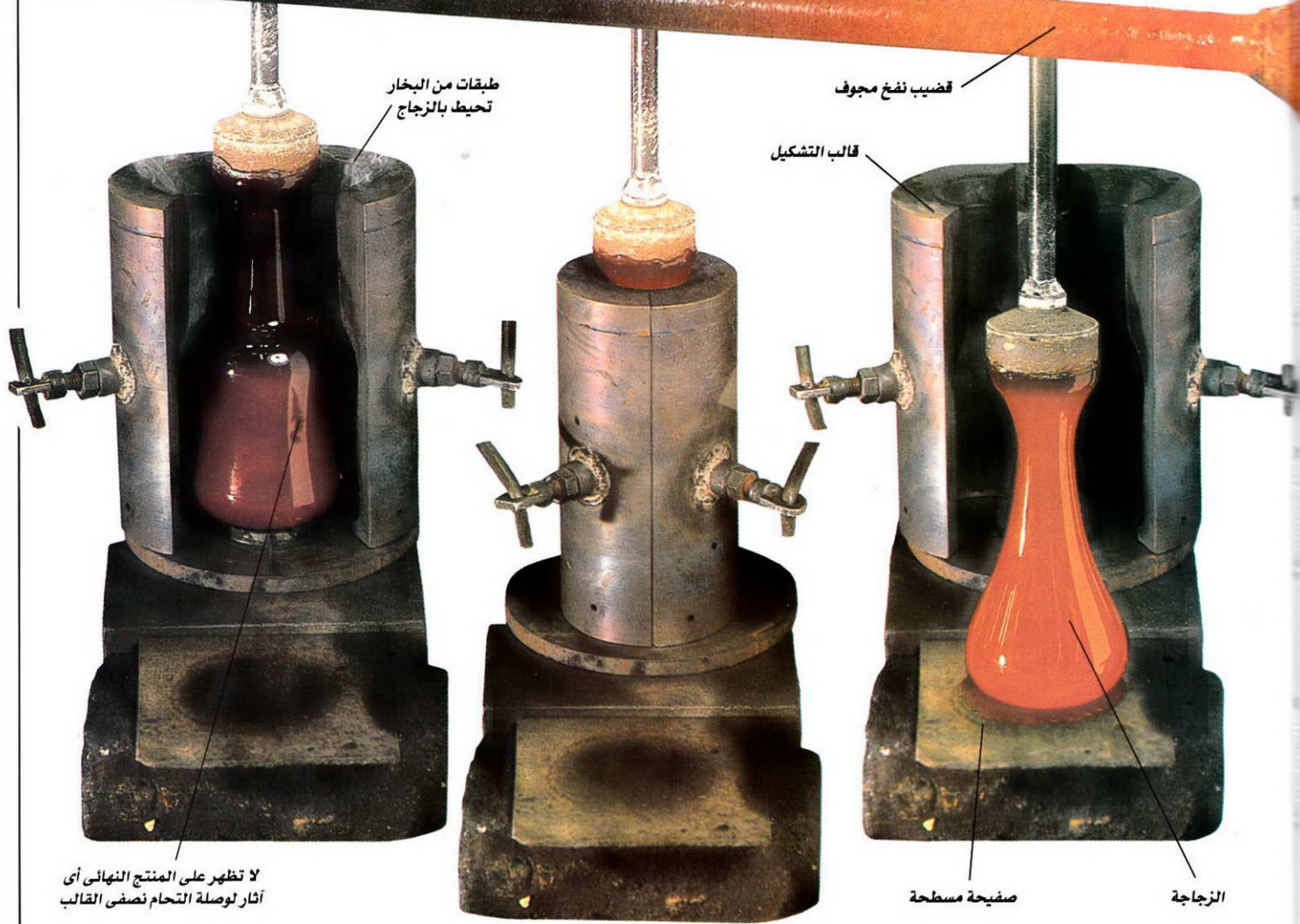
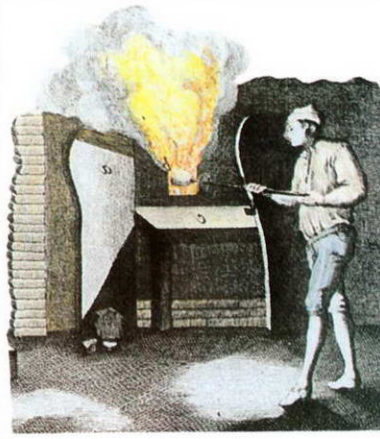
صاحب العمل ومساعده

يصنع صاحب ورشة صناعة الزجاج ساقاً رفيعاً لأحد الأكواب الزجاجية. فهو يلف القضيب الحديدى على ذراعى مقعده للحفاظ على تناسق الأجزاء الزجاجية. ويقوم المساعد بسحب طرف الزجاج باستخدام قضيب حديدي بينما يقوم معلمه بتشكيل وقطع الساق.



ثنى الزجاج

يعيد صانع الزجاج هذا (من القرن الثامن عشر) صهر وتدوير حافة إناء من الزجاج قبل تصحيح شكله. وتزداد رقة الزجاج تدريجياً فى نطاق متصل من درجات الحرارة. وفى الحالة شبه الصلبة، يسهل تشكيل الزجاج بالشكل المرغوب.



لا تظهر على المنتج النهائى أى آثار لوصلة التحام نصفى القالب

5 زجاجة بنية اللون

يتم فتح قالب التشكيل للكشف عن المنتج النهائى - زجاجة يعود إنتاجها للقرن السابع عشر - ويجب نزع هذا المنتج المتخصص من قضيب النفخ. كما يجب صقل فم الزجاجة الخشن من خلال إعادة تسخينه فى الفرن واستخدام أدوات التشكيل. ونظراً لأن الزجاج قد برد بشكل طفيف، فقد ظهر اللون البنى الزاهى الذى حصلنا عليه من خلال المكونات الخاصة التى تمت إضافتها إلى العجينة. ودائماً ما كان يصنع الزجاج فى بداياته المبكرة ملوناً. وقد صنع أول زجاج شفاف غير ملون فى القرن الأول قبل الميلاد.

4 النفخ والقولبة واللف

بعد غلق القالب بإحكام، يتم النفخ برفق فى الزجاج ثانية. يتمدد الزجاج ويأخذ شكل الجزء الداخلى من القالب. وبالإضافة للنفخ، يقوم نافع الزجاج بتدوير قضيب النفخ بسرعة. وهو ما يضمن ألا يتضح على المنتج النهائى أى علامات للوصل بين نصفى القالب أو أى عيوب أخرى. وجدير بالذكر أن الزجاج لا يلمس مادة القالب بشكل مباشر مطلقاً. ويرجع هذا إلى أن الجزء الداخلى من القالب رطب وأن طبقة من البخار تتكون عليه مشكّلة وسادة تحيط بالزجاج.

3 صناعة زجاجة

يتم رفع الكمية المضبوطة من الزجاج المنصهر من القالب المعيارى على قضيب النفخ المجوف ويُعاد تسخينها فى الفرن. ينفخ صانع الزجاج قليلاً من الهواء عبر قضيب النفخ وينقر الزجاج على صفىحة معدنية مسطحة عدة مرات لتشكيله. أصبح الزجاج الآن بحجم وشكل المنتج النهائى تقريباً، والذى هو فى هذه الحالة عبارة عن زجاجة. ويقع خلف الزجاجة قالب التشكيل المفتوح الذى هو على شكل زجاجة. أصبحت الزجاجة الآن جاهزة لوضعها بداخل هذا القالب.

الأخلاق والمركبات

عند مزج كل من الملح والرمل معاً، فإنه يظل في الإمكان رؤية حبيبات كلتا المادتين. ويُطلق على هذا الاتحاد غير المترابط الأجزاء اسم الخليط. ومن السهل فصل حبيبات الملح والرمل - فعند هز الخليط هزة خفيفة، تستقر حبيبات الرمل الأثقل وزناً في القاع. لكن مزج القهوة سريعة التحضير والماء الساخن ينتج عنه اتحاد مترابط الأجزاء أكثر من السابق - يطلق عليه اسم المحلول. ورغم ذلك فلا يزال من السهل فصل مكونات هذا الاتحاد. فبتسخين هذا المحلول على درجة حرارة معتدلة، فستنطلق المياه فقط متحررةً منه في شكل بخار الماء، بينما ستبقى القهوة الصلبة في الكوب. أما أكثر اتحادات المواد ترابطاً فهي الاتحادات الكيميائية. فعند احتراق الكربون (في شكل الفحم النباتي)، فإن أكسجين الهواء يتحد معه ليشكل غازي ثاني أكسيد الكربون وأول أكسيد الكربون. ومن الصعب فصل هذين الغازين، ويطلق عليهما في هذه الحالة اسم مركبات.

تقرير ملون

يمكن فصل أخلاق السوائل أو الغازات من خلال التحليل الكروماتوجرافي (التفريق اللوني). فقد تم غمس ورقة النشأف الموضحة في الصورة في عصارة بتلات زهرة. وقد امتصت الورقة بعضاً من السائل، إلا أن المكونات تدفقت إلى سطح الورقة بمعدلات مختلفة وتميزت بعضها عن بعض في شكل أشرطة من الألوان.



فصل القمح عن القش

كان القمح يدرس في العادة لفصل الحبوب الصالحة للأكل عن القش (القشور). ويشكل كل من الحبوب والقش خليطاً يمكن فصله من خلال «الغربلة». وكان يتم قذف الحبوب في الهواء ويتولى النسيم مهمة ذرو القشور الخفيفة بعيداً، بينما تسقط الحبوب ثابةً.

ورقة النشأف



المكون الأسرع حركة

بتلات مهروسة وكحول أبيض



فصل الذهب عن الأحجار الأخرى

كان المنقبون عن الذهب في القرن التاسع عشر يفصلون الذهب عن الأحجار والأتربة؛ فقد كانوا يغسلون الحصى المستخرج من قاع النهر في وعاء معدني بقليل من الماء. وبهذه الطريقة، كان من الممكن فصل أي من الكتل الذهبية عن الأحجار الأخرى بسبب كثافتها العالية.

أكثر من أربعة عناصر

في كتابه الذي حمل اسم «الكيميائي المتشكك»، والذي نشر في عام 1661، وصف روبرت بويل (1627-1691) العناصر (ص32-33) بأنها مواد لا يمكن تجزئتها إلى أي مواد أبسط من خلال العمليات الكيميائية. وقد أدرك أن هناك العديد من العناصر، وليس فقط مجرد أربعة عناصر (ص8-9). وقد كان بويل أحد أوائل الذين ميزوا بوضوح بين الأخلاق والمركبات.



تحليل المركبات

اخترع يوستوس فون لبيج (1803-1873) هذا المكثف حوالي عام 1830؛ لتحليل المركبات المحتوية على الكربون. وكان يتم تسخين المركب لتحويله إلى غاز يمر بعد ذلك فوق أكسيد النحاس الموجود في الأنبوب الزجاجي. وكان الأكسجين الصادر عن أكسيد النحاس يتحد مع الكربون والهيدروجين الموجودين في الغاز ويكون غاز ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء. وكان هيدروكسيد البوتاسيوم الموجود في الأجزاء الكروية الزجاجية يمتص ثاني أكسيد الكربون. وكان في الإمكان حساب كمية الكربون الموجودة في المركب الأصلي من خلال زيادة الوزن في الأجزاء الكروية.



مفكر متأمل

قدم يوستوس فون لبيج الكثير من الإسهامات التي شكلت دفعات في مجال كيمياء المواد «العضوية». وهو ما كان يعني في الأساس المواد التي تتكون في الكائنات الحية، لكنه يشير الآن إلى معظم المواد المشتتملة على الكربون (ص 40-43). وقد شملت إسهاماته العلمية ابتكار إجراءات قياسية لتحليل الكيمياء للمركبات العضوية، واختراع طريقة لصناعة المرايا من خلال ترسيب طبقة رقيقة من الفضة على الزجاج، وريادته في مجال تصنيع المخصبات الصناعية وتأسيسه لأول مختبر تعليمي حديث في مجال الكيمياء.



يستخدم الضخم النباتي كمصدر للحرارة

تتعرض العينة لقوة شديدة

يحتوي الأنبوب الزجاجي على أكسيد النحاس

الصدأ

مركب الصدأ مادة صلبة حمراء اللون. ويتكون الصدأ عند اتحاد الحديد - وهو مادة صلبة ومادية اللون - بغازي الأكسجين والهيدروجين. وعند تعرض الحديد للهواء، فإن الصدأ يتكون بصورة تلقائية، لكن لا يمكن عكس هذا التفاعل بسهولة؛ إذ من الممكن فقط تحليل المركب ثانية بالطرق الكيميائية.

ملح الأرض

اكتشف في القرن التاسع عشر أن الملح مركب يتألف من مادتين لم تكونا معروفين من قبل، وهما الصوديوم - معدن فضي اللون - والكلور، وهو غاز سام.

يتمص هيدروكسيد البوتاسيوم الموجود في الأجزاء الكروية الزجاجية ثاني أكسيد الكربون

يتصل المقبض بعمود الإدارة من خلال التروس ويهذه الطريقة تزيد سرعة الدوران

تدوير الأخطاط

تفصل أخطاط السوائل أو المواد الصلبة العالقة في السوائل بصورة طبيعية مع مرور فترة من الزمن. ويمكن إتمام هذه العملية عن طريق تدوير العينة في آلة طرد مركزي.

أداة للقياس

حوامل معدنية الأنايب الاختبار

أنبوب اختبار

مكونات آلة الطرد المركزي اليدوية

آلة الطرد المركزي اليدوية تعمل من خلال تدوير مقبضها

آلة طرد مركزي يدوية في حالة تشغيل



كلوريد الكالسيوم الموجود في هذا الأنبوب يمتص الماء وهو ما يسهل حساب كمية الهيدروجين الموجود في المركب



ملح البحر

هذه الأحواض الملحية الصناعية في الهند عبارة عن حفر ضحلة مغمورة بمياه البحر (التي هي خليط من الملح والماء). تبخر المياه وحدها بفعل أشعة الشمس الحارة، بينما يبقى الملح على هيئة مادة صلبة بيضاء اللون.

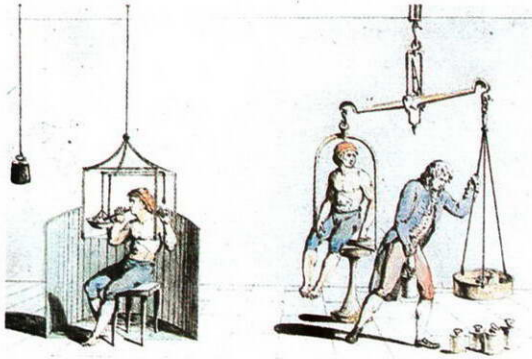
ميزان مزخرف
ذو كفتين

تتحد المادة بغيرها وتفصل وتتغير بطرق لا حصر لها. وخلال هذه التغيرات، تبدو المادة دائماً وكأنها تظهر وتختفي، تتكون الرواسب الجيرية الصلبة على السطح الداخلي لغلاية الشاي، ويجف الماء الموجود في القدر. تنمو النباتات وتفوق الزيادة في وزنها وزن الماء والغذاء الذي امتصته. إن المادة تبقى في جميع ظروف الحياة اليومية - فهي لا تفتنى ولا تستحدث من العدم. فالطبقة المترسبة الموجودة على



الناجي العظيم
تشعثت المادة الأصلية في أي كائن حي مات منذ فترة طويلة لكنها تظل باقية لا تندثر. والحفرية هي آخر أثر مرئي من الكائن العضوي.

السطح الداخلي لغلاية الشاي تتكون من المادة الذائبة التي كانت دائماً موجودة في الماء. ويتحول الماء الموجود في القدر إلى غازات غير مرئية تختلط بالهواء. كما أن الحجم الزائد للنباتات مصدره غاز ثاني أكسيد الكربون غير المرئي الموجود في الهواء. إن المادة لا تفتنى ولا تستحدث إلا في التفجيرات النووية أو في باطن الشمس والنجوم أو في حالات أخرى شديدة التعقيد (ص 62-63).



توازن الحياة

وزن لافوازييه الأشخاص والحيوانات على مدار فترات زمنية طويلة لاكتشاف ما يحدث للهواء والغذاء والشراب بداخلهم. وقد تمكن من حساب كميات الغازات التي يتم استهلاكها من خلال فحص كميات محسوبة من المواد الصلبة والسوائل التي استهلكوها.

وزن المادة

في أواخر القرن الثامن عشر أصبح الميزان أهم وسيلة قياس للكيميائي. فقد كانت عملية الوزن الدقيقة هي الأساس لاقتفاء أثر جميع المواد الداخلة في التفاعل الكيميائي. وهو ما أدى إلى استبعاد نظرية اللاهوب (ص 30-31) - التي تقول بأنه عند احتراق مادة، فإن ثمة مادة تسمى اللاهوب تنطلق دائماً.

القبة الزجاجية تحبس
الغازات بداخلها

كمشرى طازجة

وزن الدليل

يمكن توضيح نظرية لافوازييه المتعلقة ببقاء المادة عن طريق مقارنة وزن المواد قبل وبعد إجراء التجربة العلمية. ونجد في الصورة أن ثمرة الكمشرى قد وضعت أسفل وعاء محكم الإغلاق ووزنت. وقد تركت ثمرة الكمشرى لأيام قلائل ثم أعيد وزنها. وبهذه الطريقة يمكن مقارنة كلا الوزنين لاكتشاف ما إذا تضمنت عملية التحلل تغيراً في الوزن الإجمالي أم لا.



زوجان من الكيميائيين

نادى العالم أنطوان لافوازييه (1743-1794) بمبدأ بقاء المادة في عام 1789. ولم تكن هذه بالفكرة الجديدة - فقد افترض الكثير من المفكرين السابقين له أن المادة شيء أبدي. لكن كان لافوازييه أول من شرح هذا المبدأ بطريقة عملية. فقد اشتهرت أبحاثه، واسعة النطاق، بدقتها الشديدة، فقد قام بإجراء تجارب علمية كانت تجرى في أوعية محكمة الإغلاق، كما قام بعمل سجلات دقيقة للمواد الكثيرة التي اشتملت عليها التفاعلات الكيميائية. وقد استلزم هذا العمل قدرًا كبيرًا من الحرص والجهد، لكن ثمة كيميائي موهوب آخر كان مساعداً له وكان زميل عمل مخلصاً؛ إنها زوجته ماري آن.



تذوب برمنجنات
البوتاسيوم في السائل
وتكون محلولاً

ماء



بلورات برمنجنات
البوتاسيوم

محلول واضح المعالم

غالبًا ما تذوب المواد الصلبة التي تترك في الماء. وإذا كانت هذه المواد الصلبة عديمة اللون - مثل الملح - فمن السهل على المرء أن يعتقد أنها اختفت تمامًا. في حقيقة الأمر، لقد اختلطت هذه المواد تمامًا بالماء وتفككت إلى جسيمات دقيقة انتشرت خلال السائل. أما إذا كانت المادة الصلبة ملونة - مثل برمنجنات البوتاسيوم - فمن الأسهل علينا الاعتقاد بأنها لا تزال حاضرة في السائل. علاوة على هذا، فإن عملية وزن المحلول ستؤكد أن وزنه يطابق تمامًا وزن السائل والمادة الصلبة الأصليين.

تحتوي القبة الزجاجية على
الهواء والغازات الناتجة عن ثمرة
الكمثرى المتفجرة

التكاثف

ثمرة الكمثرى
المتفجرة

كفة الميزان

تشير إبرة الميزان إلى أن الكفتين
متوازنتان تمامًا



التآكل الطبيعي

تتآكل اليابسة باستمرار بفعل الرياح والأمطار والأمواج، لكن يوازن ذلك عمليات البناء الطبيعية لأشكال جديدة من اليابسة في أماكن أخرى.

يا له من دوى عنيف!

عند انطلاق الألعاب النارية في السماء، فإن البارود يحترق إضافة إلى مواد كيميائية أخرى والكربون والورق الذي يغلف الألعاب النارية. وتكوّن المواد المحترقة الغازات وكمية صغيرة من المواد الصلبة. وبالرغم من تآثرها على امتداد مسافة واسعة، فإن المكونات المتجمعة لها نفس وزن الألعاب النارية الأصلية.



ما بعد التفنن

بعد مرور أيام قليلة، بدأت عملية التفنن في الحدوث وصارت أجزاء من ثمرة الكمثرى بنية اللون وطرية. وهناك الآن قدر أقل من الأكسجين في الهواء أسفل القبة الزجاجية، وذلك نظرًا لاحتداد بعضه مع المواد الموجودة في الثمرة. لكن هناك قدر أكبر من غاز ثاني أكسيد الكربون بالإضافة إلى غازات أخرى انبعثت من الثمرة. ويمكن القول إجمالاً أن وزن الوعاء بجانب محتوياته لم يطرأ عليه أي تغير ولو بدرجة طفيفة. ولم يكن الكيميائيون الأوائل يدركون أنه إذا تم رفع القبة الزجاجية قبل إجراء عملية الوزن، فقد يدخل الهواء إلى الوعاء أو يتسرب منه وهو ما يؤثر على وزن الوعاء ومحتوياته.

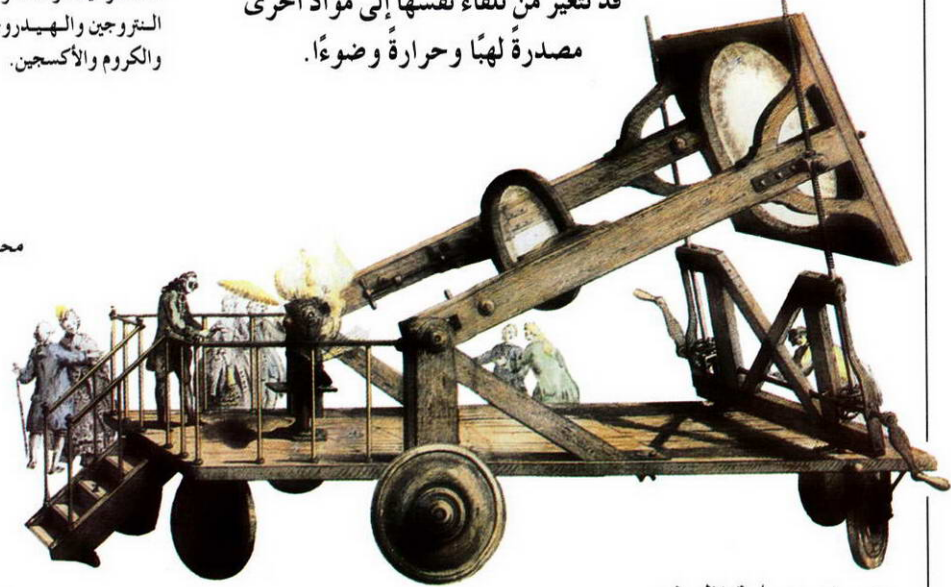
احتراق المادة

يعد تفسير عملية الاحتراق أحد أوائل المنجزات العلمية العظيمة التي شهدتها القرن الثامن عشر. فقد وضع جورج ستال (1660-1734) نظرية تقول بأن ثمة عنصرًا - هو اللاهوب - ينطلق خلال عملية الاحتراق. لكن هذه النظرية جانبها الصواب - فقد كانت تعني أن جميع المواد تفقد من وزنها عند احتراقها. وقد لاحظ العديد من الكيميائيين أن وزن بعض المواد كالمعادن يزداد خلال عملية الحرق، كما رفض أنطوان لافوازييه نظرية اللاهوب بشدة (ص 28-29). فقد رأى أن الهواء يحتوي على غاز يتحد مع المادة عندما تحترق وأطلق على هذا الغاز اسم «الأكسجين». ومن الممكن، في بعض الأحيان، أن تحترق المواد في غازات غير الأكسجين. فبعضها - مثل ثاني كرومات الأمونيوم - قد تتغير من تلقاء نفسها إلى مواد أخرى مصدرة لهبًا وحرارة وضوءًا.

1 الاستعداد للنتفاع
ثاني كرومات الأمونيوم مادة تستخدم في الألعاب النارية المنزلية. وتتكون من النتروجين والهيدروجين والكروم والأكسجين.

2 الشرارة الأساسية الأولى

عند إشعال المادة بواسطة اللهب، فإن ذراتها تكون مواد أقل تعقيدًا وتنتج حرارة وضوءًا.



مصدر حرارة نظيف

كان العالم أنطوان لافوازييه مهتمًا بشكل خاص بالتفاعلات الكيميائية التي تتطلب قدرًا عظيمًا من الحرارة. لكن ثمة مشكلة لازمت تجاربه العلمية تمثلت في الحصول على حرارة شديدة و«نظيفة» لأن المواد المتفاعلة كانت غالبًا ما تلوث بالدخان والسنج الصادر عن مصدر الحرارة (الذي كان في العادة اللهب). وكان الحل الذي توصل إليه هو هذه العدسة الحارقة العملاقة القابلة للحركة - أو العدسة الخدبة - التي سحر بها أعين الجماهير الفرنسية في عام 1774.

تركيز ضوء الشمس

تحدث الحرارة الكثير من التغيرات في المادة؛ إذ يمكنها التسبب في تفاعل المواد المختلفة بعضها مع البعض أو قد تساهم في إسراع وتيرة التفاعل. ويتم توليد الحرارة في هذا المثال من خلال تركيز ضوء الشمس بواسطة عدسة محدبة ضخمة ليسقط على قارورة تحتوي على الثلج. وهو ما يؤدي إلى ذوبان الثلج - وهو تغير فيزيائي وليس كيميائيًا. وعند تركيز ضوء الشمس على ورقة، فقد تحترق هذه الورقة دون لهيب بل إنها قد تشتعل. وهذا تغير كيميائي وهو أيضًا مثال لعملية الاحتراق.

بنوب الثلج في القارورة



لهب أشد وأقوى

3 تفكك المادة

تتحول المادة سريعاً إلى أكسيد الكروم وهو مركب يتكون من الكروم والأكسجين، وإلى نيتروجين وبخار ماء - وكلاهما غاز غير مرئي.

4 النهاية الرمادية

تتفكك بلورات ثاني كرومات الأمونيوم البرتقالية مخلقةً ركاماً ضخماً من أكسيد الكروم. بينما يتسرب غاز النيتروجين وبخار الماء في الهواء.

رماد أكسيد الكروم الرمادي - الأخضر

ينطلق الهواء عبر هذا الجزء

يدفع الهواء عبر الأنبوب المعدني الرفيع

حملج الكيميائي

كان الكيميائيون يستخدمون هذا الحملج (أنبوب النفخ) من القرن التاسع عشر لدفع تيار من الهواء القوي المركز بدقة على المواد التي يتم تسخينها داخل اللهب مما يزيد درجة حرارته في البقعة المعرضة للهواء.

يخرج اللهب الذي يمكن التحكم فيه من قمة الموقد

يزيد السطح الواسع من كمية الحرارة المنبعثة

احتراق أفضل

تم ابتكار هذه النسخة المتطورة من موقد الغاز المعمل في عام 1874. وقد زادت من كمية الحرارة التي يمكن الحصول عليها.

حديد مطلي بالميثان

الصمام متعدد الاستخدامات

يكمن سر موقد بنزن في صمام الهواء القابل للضبط والموجود في قاعدة الأنبوب، الذي يمكن فتحه بدرجات متفاوتة لتغيير شدة اللهب.

صمام الهواء

إحدى بنات أفكار بنزن

يوفر موقد الغاز الذي ابتكره روبرت بنزن (1811-1899) لهباً حاراً يمكن التحكم فيه، ولا يزال مستخدماً في المختبرات العلمية إلى الآن.

يأتي مصدر الغاز عبر هذا الأنبوب

موقد بنزن مصنوع من الخزف الصيني المقاوم للهب

موقد بنزن يرجع إلى عام 1889

جدولة العناصر



البطارية الكهربائية

صمم همفري ديفي (1778-1829) بطارية من ابتكاره بعد علمه باختراع أليساندرو فولتا للبطارية الكهربائية في عام 1800، وقد كانت ضخمة الحجم واشتملت على 250 صفيحة معدنية. واستخدمها في أغراض التحليل الكهربائي وتحضير العينات النقية من المعادن الجديدة.



طرف متصل بالبطارية

العناصر مواد نقية - فهي لا تحتوى على أى شيء آخر ولا يمكن تجزئتها إلى مواد أقل تعقيداً. وقد اكتشف الكثير من العناصر خلال القرنين الثامن عشر والتاسع عشر، خاصةً من خلال استخدام عمليات مثل التحليل الكهربائي والتحليل الطيفي. فى التحليل الكهربائي يتم تمرير تيار كهربائي خلال المركبات بغرض تفكيكها (ص50-51). أما فى التحليل الطيفي فيتم تحليل الضوء المنبعث من المواد الساخنة بمنظار التحليل الطيفي (ص56-57) وذلك لإظهار غط الألوان المميز للعنصر. وقد تمكن ديمتري مندليف (1834-1907) من ترتيب العناصر فى «الجدول الدورى» الذى يتخذ من الأنماط الموجودة فى خواص العناصر - كنشاطها التفاعلى - أساساً له.

عصير الكتب

www.ibtesama.com/vb
منتدى مجلة الإنسامة

الصوديوم يكشف عن ذاته

يحترق ملح الطعام (كلوريد الصوديوم) فى هذا الاختبار ويعطى لهباً أصفر اللون، وهو ما يكشف عن وجود عنصر الصوديوم.



تفكيك الملح إلى عناصره الأساسية

اكتشف همفري ديفي الصوديوم من خلال التحليل الكهربائي للملح الذائب فى جهازه. وقد استخدم ديفي التحليل الكهربائي للحصول على المعادن الأخرى التى تتمتع بخواص مشابهة لخواص الصوديوم، مثل الباريوم والبوتاسيوم والمنغنسيوم والكالسيوم والأسترونيم. ثم استخدم البوتاسيوم لاستخراج عنصر جديد؛ ألا وهو البورون.

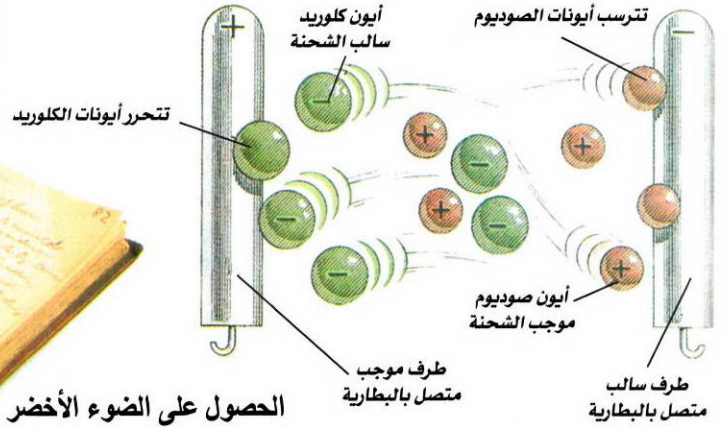
اختبار اللهب

يعود صندوق أدوات اختبار اللهب هذا إلى القرن التاسع عشر. وهو يشمل أنبوب نفخ لإذكاء النار وملاقيط صغيرة ومواد كيميائية مختلفة لعملية الاختبار. وفى اختبار اللهب يتم وضع كميات قليلة للغاية من المادة على سلك يوضع فى اللهب. وغالباً ما يشير لون اللهب إلى هوية المادة. فعلى سبيل المثال، يحول البوتاسيوم اللهب إلى اللون البنفسجى، والنحاس الأصفر يحوله إلى اللون الأخضر المائل إلى الزرقة. وتتطلب اختبارات اللهب الاستعانة بموقد بنزن كمصدر للهب (ص31).



التحليل الكهربائي للمواد

يتكون ملح الطعام من أيونات الصوديوم والكلوريد - أي ذرات صوديوم موجبة الشحنة، وذرات كلور سالبة الشحنة (ص50-51). وعند إذابة الملح، تتحرك الأيونات بعضها حول البعض. وعند وضع الصفائح المعدنية المتصلة بالبطارية في الملح المذاب، فإن الصفائح الموجبة تجذب أيونات الكلوريد، بينما تجذب الصفائح السالبة أيونات الصوديوم.



الحصول على الضوء الأخضر

اكتشف ويليام كروكس، في عام 1861

(ص48) عنصراً جديداً - هو الثاليوم - من خلال

التحليل الطيفي. وتعرض الصور عيناته الكثيرة من مركبات

الثاليوم، مع إحدى مفكراته التي تروى تفاصيل اكتشافه. وقد

تمكن كروكس من كشف الكميات الضئيلة من العنصر الجديد

نظراً لأنه يشع ضوءاً أخضر اللون عند وضعه في لهب حار.

تم وضع مركب سائل في الصحن الزجاجي بغرض تحليله كهربائياً



الجدول الدوري

يمكن وصف خواص العناصر وفهمها باستخدام الجدول الدوري. وهو يعرض لما يزيد على 100

عنصر، مرتبة بصورة رأسية في أعمدة (تسمى المجموعات) وبصورة أفقية في صفوف

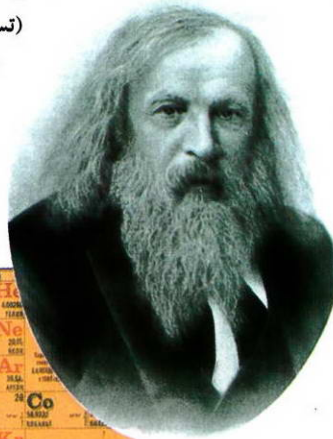
(تسمى الدورات). وتغير الخواص بصورة منتظمة على طول كل مجموعة وعلى

امتداد كل دورة، لكن العناصر في كل مجموعة تتمتع بخواص متماثلة بشكل

عام. على سبيل المثال، تحتوي المجموعة الثامنة على الغازات الخاملة غير

التفاعلية (الغازات النبيلة) مثل الأرجون (Ar)، في حين تحتوي المجموعة

الأولى على المعادن شديدة التفاعلية مثل الصوديوم (Na).



ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ЭЛЕМЕНТОВ Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА																																													
1	H	He																H	He																										
2	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar	K	Ca																											
3	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni																											
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr																											
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe																											
6	Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn																											
7	Fr	Ra	Ac	Ku															U	Th																									
<table border="0" style="width:100%; text-align:center;"> <tr> <td>Ce</td><td>Pr</td><td>Nd</td><td>Pm</td><td>Sm</td><td>Eu</td><td>Gd</td><td>Tb</td><td>Dy</td><td>Ho</td><td>Er</td><td>Tm</td><td>Yb</td><td>Lu</td> </tr> <tr> <td>Th</td><td>Pa</td><td>U</td><td>Np</td><td>Pu</td><td>Am</td><td>Cm</td><td>Bk</td><td>Cf</td><td>Es</td><td>Fm</td><td>Md</td><td>No</td><td>Lr</td> </tr> </table>																		Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr
Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu																																
Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr																																

واضع الجدول الدوري

قدّم ديمتري مندليف في جدولته الدوري

تصحيحاً لعلومات كيميائية كانت

مقبولة فيما مضى، كما أنه نجح في

التنبؤ بوجود عناصر جديدة. ويقوم

الجدول الدوري الروسي الموضح في

الصورة على أساس جدول مندليف

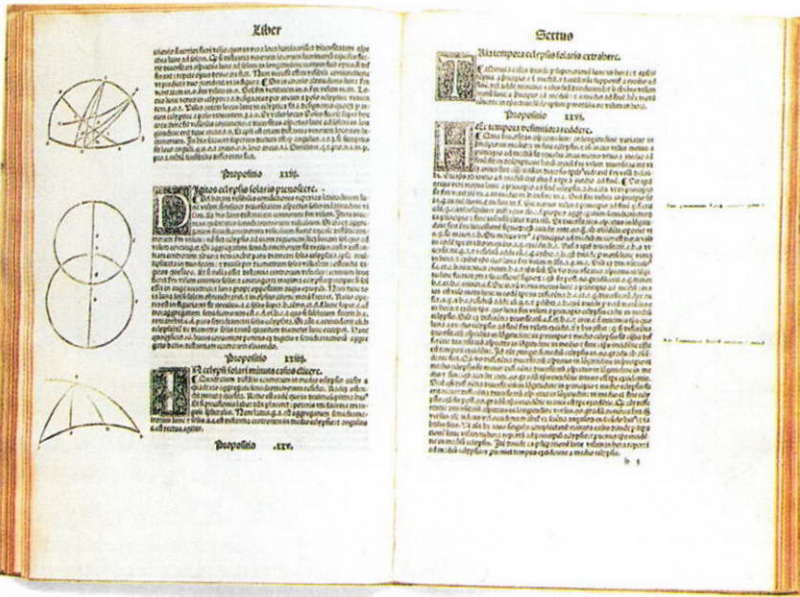
الأصلي الذي وضعه في عام 1869.

الذرات البنائية

مع اكتشاف العلماء للمزيد من العناصر، أخذوا يتأملون الطبيعة الأساسية للمادة. وقد حظيت الفكرة القديمة المتعلقة بالذرات (ص 8-9) بدعم قوى من جون دالتون (1766-1844) وذلك في عام 1808. فقد رأى أن لكل عنصر ذرته الفريدة الخاصة به وأن كل مركب يتألف من اتحاد معين لمجموعة من الذرات. كذلك أوضح أن أوزان الذرات بعضها بالنسبة لبعض يمكن تحديدها من خلال وزن العناصر الداخلة في تكوين مركبات معينة. وبهذه الطريقة يمكن الوصول إلى الوزن المقارن للذرة، ولكن ليس الوزن الفعلي - كل ما يمكن قوله في هذا الشأن أن الذرة أثقل بمرات كثيرة للغاية من الهيدروجين، مثلاً، الذي يعتبر أخف الذرات.

معاينة الذرات عن قرب

الذرات تكون العالم بأسره تماماً كما تكون الحروف الهجائية الكتاب. وقد كان العلماء في حاجة إلى النظر للذرات عن قرب لدراستها، كما يحتاج القراء إلى إنعام النظر عن كتب في الصفحة لدراسة الحروف التي تتكون منها.



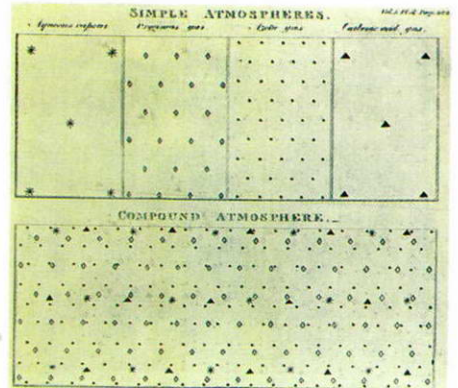
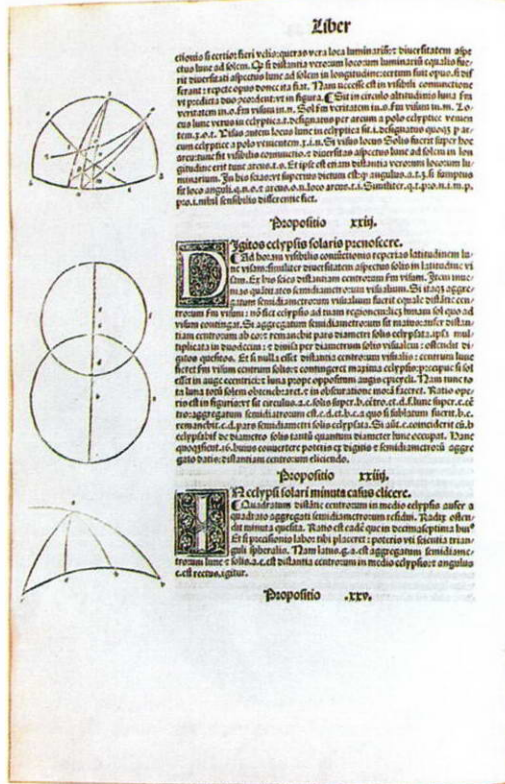
1 كتاب العالم

إن مجرد نظرة سريعة على أي كتاب توضح أنه يتألف من العديد من الأشياء، مثل الصور والنصوص ذات الأحرف المطبوعة الكبيرة أو الصغيرة والفصول المختلفة. وعلى نحو مماثل، فإن لمحة سريعة على «كتاب العالم» توضح لنا أنه منظومة مشكالية (*) من أنواع عديدة من المواد الكيميائية. لكن هذه النظرة السريعة وحدها لا تكشف لنا عما إذا كان العالم مؤلفاً من ذرات أم لا.

(*) المشكال: أداة تحوى على قطع متحركة من الزجاج الملون ما إن تغير أوضاعها حتى تمكس مجموعة لا نهاية لها من الأشكال الهندسية المختلفة الألوان.

2 صفحة واحدة في كل مرة

إذا ركز القارئ على صفحة واحدة من «كتاب العالم» (المادة) وتجاهل بقية الصفحات، فإنه لا يزال يجد أمامه عينة من العالم كبيرة للغاية مقارنة بالذرة. وعلى نحو مشابه، نجد أنه عند دراسة المادة بأسلوب علمي فلا بد من عزل جزء صغير، على سبيل المثال، من خلال معاينة إحدى المواد في قارورة في المعمل. وللحصول على رؤية أكثر تفصيلاً للمادة، يحتاج العلماء إلى استخدام الأدوات العلمية.

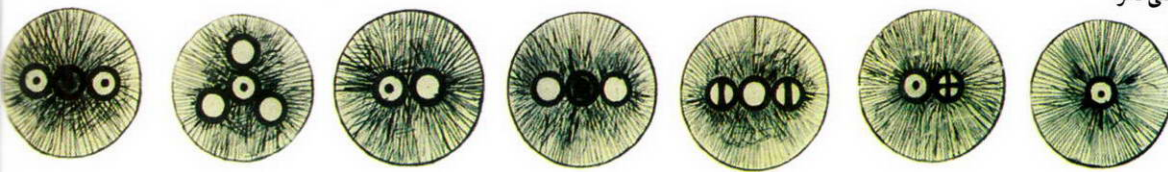


الذرات الجوية

رسم جون دالتون هذه المخططات في عام 1802. فقد كان خبير أرصاد متقد الذكاء وكان يعرف أن الهواء يتكون من العديد من الغازات - الأكسجين وبخار الماء وثنائي أكسيد الكربون والنيتروجين (انظر المخطط العلوي). طور دالتون نظريته الذرية في ظل تفسيره لأسباب بقاء هذه الغازات مختلطة بعضها ببعض، وليس في شكل طبقات منفصلة.

الموائع المرنة

افترض دالتون أن الغازات تتألف من ذرات متباعدة عن بعضها ويمكنها التحرك على نحو مستقل. وهو السبب الذي يفسر إمكانية ضغط الغازات وتمددتها. وقد أطلق على الغازات اسم «الموائع المرنة»، وتخيل ذراتها مثل هذه الدوائر.



جون
دالتون



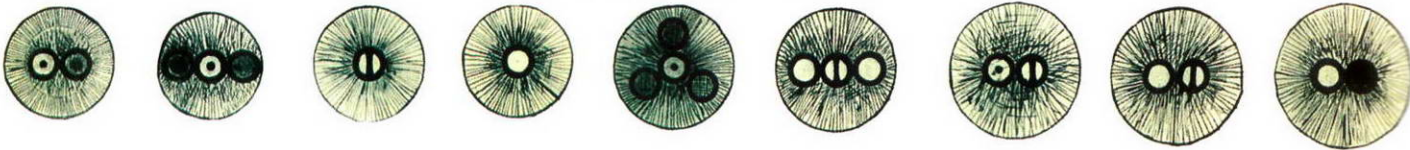
ذرات وعناصر دالتون

في عام 1808، نشر جون دالتون نظريته الذرية، التي كان ينادى من خلالها بأن المادة بجميع أشكالها تتكون من ذرات لا يمكن تحزتها، وأن كل عنصر يتكون من ذرات ذات وزن مميز، وأن المركبات تتكون عند اندماج ذرات العناصر المتباينة معاً بنسب محددة. وتعرض الصورة في الأسفل للرموز التي وضعها دالتون لذرات العناصر البالغ عددها 36، والتي اعتقد في وجودها (يوجد الآن أكثر من 100 عنصر). ويمكن القول إن بعضاً من عناصر دالتون الموضحة هنا - مثل الكلس (الجير) والصودا - هي في حقيقة الأمر مركبات وليست عناصر. كما قام دالتون بحساب وزن ذرة كل عنصر من خلال مقارنتها بالهيدروجين.

ELEMENTS

○	Hydrogen	1	⊕	Strontian	46
⊖	Azote	5	⊗	Barytes	68
●	Carbon	5	⊖	Iron	50
○	Oxygen	7	⊕	Zinc	56
⊖	Phosphorus	9	⊖	Copper	56
⊕	Sulphur	13	⊖	Lead	90
⊖	Magnesia	20	⊖	Silver	190
⊖	Lime	24	⊖	Gold	190
⊖	Soda	28	⊖	Platina	190
⊖	Potash	42	⊗	Mercury	167

عناصر دالتون



Propositio xliij.
Quadrato distat centro in medio eclipsis aufer a quadrato aggregati semidiametrorum residui. Radix ostendit minuta quesita. Ratio est eadē que in decimaseptima huius. Et si precisionis labor tibi placeret: poteris vti scientia trianguli sphericalis. Nam latus.g.a.est aggregatum semidiametrorum lune et solis.a.e.est distantia centrum in medio eclipsis: et angulus e.est rectus.igitur.

3 تنوع لانهاية له

عند إلقاء نظرة مقربة على جزء من أحد النصوص، نجد أنه يتألف من الكثير من الكلمات المختلفة، وبأسلوب مشابه، فإنه بمساعدة التحليل الكيميائي والأدوات المعملية، فمن الممكن أن نرى كيف أن المادة تتألف من عدد هائل من المواد المختلفة.

quadrato aggregati semidiametrorum residui. Radix ostendit minuta quesita. Ratio est eadē que in decimaseptima huius. Et si precisionis labor tibi placeret: poteris vti scientia trianguli sphericalis. Nam latus.g.a.est aggregatum semidiametrorum lune et solis.a.e.est distantia centrum in medio eclipsis: et angulus e.est rectus.igitur.

4 نظرة قاصرة

قد يمنحنا الميكروسكوب رؤية مفصلة لعينة صغيرة من المادة، لكن هذه العينة قد تكون مؤلفة من مجموعة متنوعة من المواد. والأمر شبيه بالجملة التي تتكون من الكثير من الكلمات المختلفة.

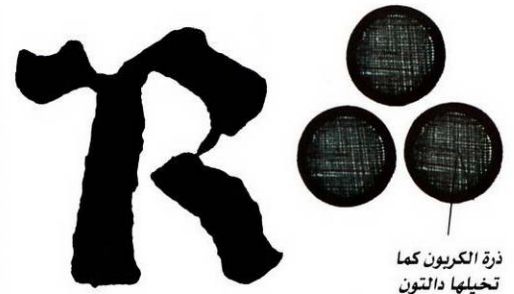
Ratio

5 كلمات المادة

إن «الكلمات» في «كتاب العالم» هي «مجموعات الذرات» أو «الجزئيات» (ص 36-37). ونجد في صفحات هذا الكتاب أن حروف الهجاء العربية البالغ عددها 28 حرفاً تشكل كلمات. بينما تتكون الجزئيات من حوالي 90 نوعاً مختلفاً من الذرات.

6 الأحرف المنفردة

الأحرف الموجودة على الصفحة المطبوعة توازي الذرات. وكما أن الأحرف تتجمع لتكون الكلمات، فإن الذرات تشكل الجزئيات. وليس ثمة حد لعدد الكلمات التي يمكن تكوينها من الأحرف الهجائية، وكذلك الحال بالنسبة لعدد المركبات التي يمكن تكوينها من الذرات. ومع هذا، فليست جميع التركيبات الممكنة تأليفها من الأحرف مسموحاً بها أو مقبولة، وكذلك جميع المجموعات المتولفة المكونة من الذرات.



ذرة الكربون كما تخيلها دالتون

الجزئيات



من الممكن أن توجد الذرات في حالة منفردة في بعض الغازات، لكنها تشكل في الكثير من المواد مجموعات يطلق عليها اسم «الجزئيات». على سبيل المثال، يتكون جزء الماء من ذرة أكسجين (O) متحدة مع ذرتي هيدروجين (H). وتمثل الصيغة الكيميائية له بـ H₂O. وهناك بعض الجزئيات التي قد تكون أكبر من هذا، فهي تحتوي على آلاف من الذرات. وقد أدرك العلماء في منتصف القرن التاسع عشر أن بإمكان الروابط الكيميائية تفسير أشكال ارتباط الذرات ببعضها لتشكيل الجزئيات. والرابطة مثل الخطاف الذي يمكنه أن يرتبط بخطاف مماثل في ذرة أخرى. على سبيل المثال، تحتوي ذرة غاز النتروجين على ثلاثة خطافات، بينما تحتوي ذرة

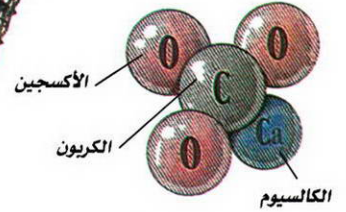


نموذج لجزء المونوكلوروميثان - نوع من المذيبات. يعود إلى القرن التاسع عشر

الهيدروجين على خطاف واحد. وفي إمكان كل رابطة في ذرة النتروجين الالتحام بالرابطة الموجودة في ذرة الهيدروجين، وهو ما ينتج عنه جزء النشادر NH₃ وهو الغاز الذي ينطلق من أملاح الشم.

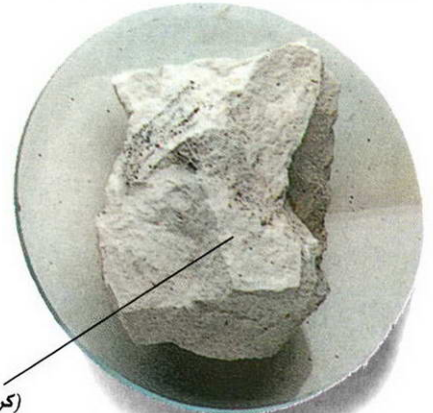
يتفتت حجر الكلس عند تسخينه

جزء كربونات الكالسيوم (CaCO₃)



1 المادة الأولية

حجر الكلس (الجير) هو صخر ضارب إلى البياض يحمل الاسم الكيميائي كربونات الكالسيوم. وكما يوحي الاسم فإن جزء حجر الكلس يحتوي على ذرات من الكالسيوم والكربون، لكنه يحتوي أيضاً على الأكسجين. وترتبط كل ذرة من الكربون بإحكام بثلاث ذرات من الأكسجين، وتتصل هذه المجموعة بذرة واحدة من الكالسيوم بشكل أقل ترابطاً.



حجر الكلس (كربونات الكالسيوم)

موقد بنزن



أفكار إيطالية
 رأى «أميديو أفوجادرو» (1776-1856) أن الحجمين المتساويين من أي غازين يوجد بهما نفس العدد من الجزيئات، شريطة أن يكون الغازان عند درجتي الحرارة والضغط ذاتهما. وقد تعرضت هذه الفكرة للتجاهل التام لما يقارب 50 عاماً إلى أن أعلن عنها الكيميائي الإيطالي آخر هو ستانيسلاو كانيتسارو (1826-1910). وقد نالت هذه الفكرة قبولاً سريعاً حينها وساعدت في توضيح الكثير من التفاعلات الكيميائية.

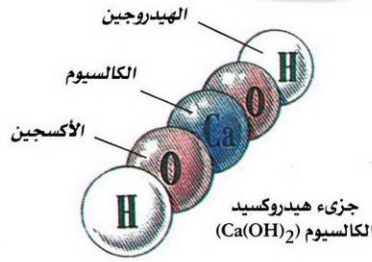
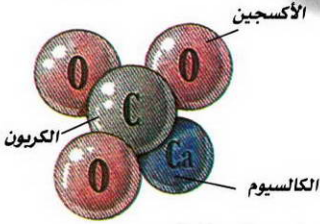


اقتراح وجيه
 كان «جونز جاكوب بيرزيليوس» (1779-1848) من أوائل من أشاروا إلى تماسك الذرات ببعضها في الجزيئات من خلال القوى الكهربائية (ص 60-61).



مسحوق سهل التفتت (أكسيد الكالسيوم)

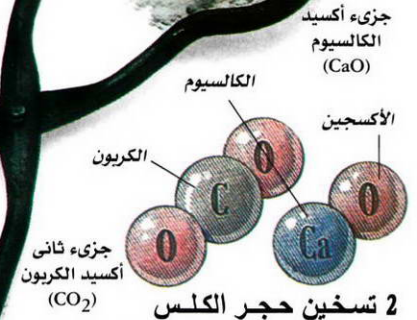
جزء كربونات الكالسيوم (CaCO₃)



3 إضافة الماء

عند إضافة الماء إلى مسحوق أكسيد الكالسيوم فإن تفاعلاً قوياً ينتج عن ذلك؛ ولهذا، ينفخ المسحوق وتبعث الحرارة منه. ويحدث هذا نتيجة قيام جزيئات أكسيد الكالسيوم والماء - H₂O - بإعادة ترتيب نفسها لتشكيل جزيئات هيدروكسيد الكالسيوم، وهي مادة ناعمة عجينية. وكما يوحي اسمه، فإن هذا الجزيء يحتوي على الكالسيوم والهيدروجين والأكسجين. والصيغة الكيميائية له هي (Ca(OH)₂) - وهي توضح وجود زوجين من الأكسجين والهيدروجين (OH) مرتبطين بذرة كالسيوم.

4 العودة إلى كربونات الكالسيوم
 تحفز جزيئات هيدروكسيد الكالسيوم وتتجحر. وتنطلق جزيئات الماء (H₂O) في الهواء، بينما يتم امتصاص جزيئات ثاني أكسيد الكربون (CO₂) من الهواء. ويتحول هيدروكسيد الكالسيوم (Ca(OH)₂) إلى كربونات الكالسيوم (CaCO₃) وهو الشكل المطابق من الناحية الكيميائية للمادة الأولية. ويمكننا القول إن كربونات الكالسيوم التي أعيد تشكيلها تبدو مختلفة عن حجر الكلس الأصلي؛ إذ لم يتم تشكيلها تحت ضغط شديد في باطن الأرض.



2 تسخين حجر الكلس

عند تسخين حجر الكلس فإنه يتحول إلى مسحوق ناعم سهل التفتت يطلق عليه اسم أكسيد الكالسيوم. ويحدث هذا الأمر نتيجة تفتت كل جزيء من كربونات الكالسيوم الأصلية إلى جزيئين صغيرين. وأحد هذين الجزيئين يتألف من ذرة كالسيوم (Ca) مرتبطة بذرة أكسجين (O) مكوناً CaO (أكسيد الكالسيوم). بينما يتكون الجزيء الآخر من ذرة كربون مرتبطة بذرتي الأكسجين الأخرين مكوناً CO₂. وهو غاز ثاني أكسيد الكربون الذي يتسرب إلى الهواء.



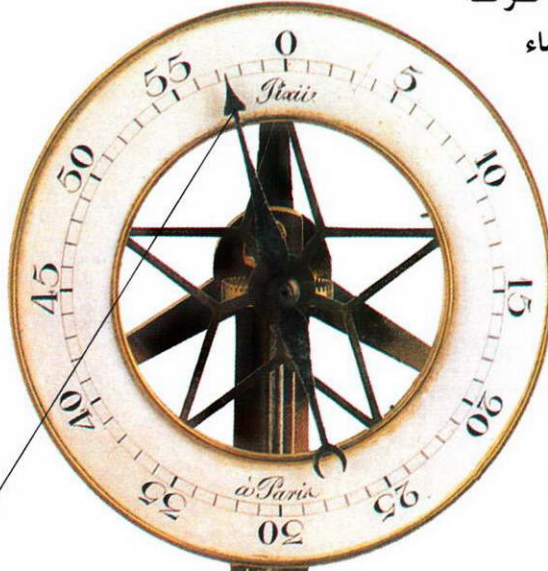
حركة الجزيئات



حبوب اللقاح تم تكبيرها عدة مرات. وهي مفتاح التوصل لحركة الجزيئات

كانت هناك نظرية واسعة القبول حتى منتصف القرن الثامن عشر، مفادها أن الحرارة عبارة عن «سائل» يحمل اسم السائل الحراري، لكن في عام 1799 لاحظ الكونت رمفورد (1753-1814) أن ثمة كميات لا حصر لها من الحرارة يمكن توليدها في ثقب ماسورة المدفع. وقد افترض أن عملية الثقب كانت تزيد من حركة الذرات التي يتألف منها المعدن. وقد حظيت هذه الفكرة بالدعم والتأييد عندما أجرى جيمس جول (1818-1889) عددًا من التجارب العلمية بهدف قياس قدر الشغل المطلوب لتوليد قدر محدد من الحرارة. عند تعريض المادة للحرارة تزداد حركة

الجزيئات وترتفع درجة الحرارة. وأدرك العلماء تدريجيًا أن الفروق بين الحالات الثلاث للمادة - الصلبة والسائلة والغازية - (ص22-23) تنتج عن حركة الجزيئات. فالجزيئات في المادة الصلبة ثابتة، لكن من الممكن أن تهتز، بينما نجد أن الجزيئات في المادة السائلة تتحرك هنا وهناك، لكنها تظل متصلة، أما في المادة الغازية فإن الجزيئات تطير بحرية وتتحرك في خطوط مستقيمة إلى أن تصطدم ببعضها أو بالأشياء الأخرى.



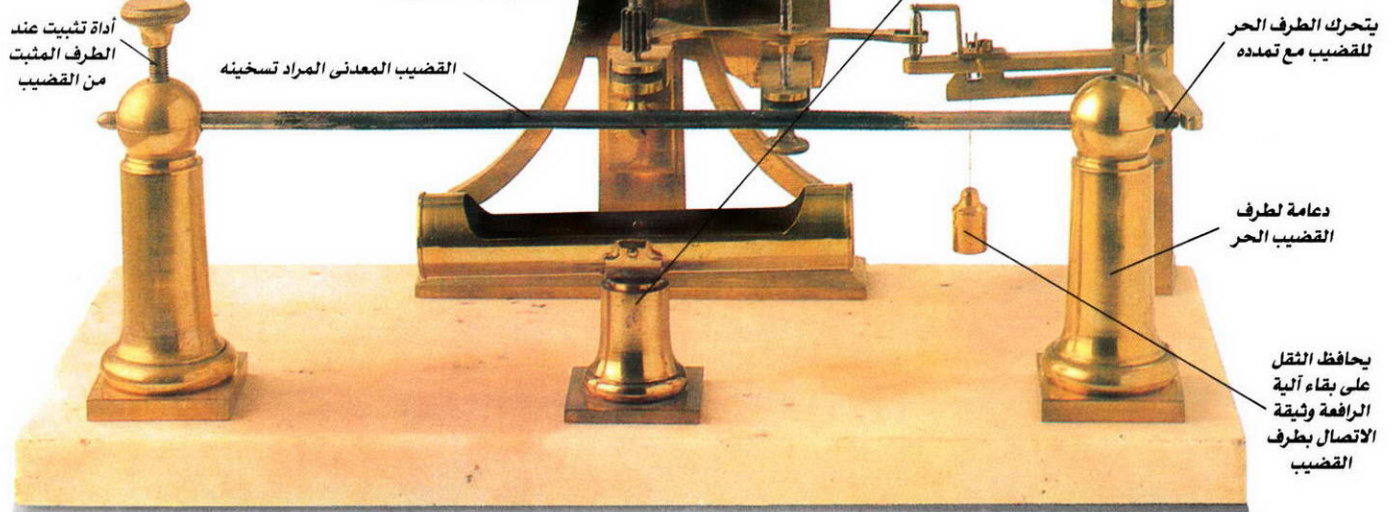
تراقص حبوب اللقاح

في عام 1827، قام روبرت براون (1773-1858) بمعاينة حبوب اللقاح تحت الميكروسكوب. وقد كانت الحبوب معلقة في سائل، وكانت في حركة مستمرة. اعتقد براون أن الحركة تولدت في جزيئات اللقاح، لكن كلاً من ألبرت أينشتاين (ص55) في عام 1905، وجين بيرين (1870-1942) في عام 1909 فسرا الأمر على أن حبوب اللقاح كانت تتلقى ضربات وصددمات من حركة جزيئات السائل.

يتحرك المؤشر حول القرص المدرج لتوضيح درجة تمدد القضيب

قياس التمدد الحراري

عند تسخين مادة صلبة، فإن اهتزاز جزيئاتها يتزايد، ويحتاج كل جزيء عندئذ حيزاً أكبر للاهتزاز، ومن ثم تتمدد المادة الصلبة. وتوضح هذه الأداة - البيرومتر (مقياس درجات الحرارة المرتفعة)، والذي يعود للقرن التاسع عشر - كيف أن طول القضيب المعدني يزداد عند تسخينه بواسطة لهب الغاز الموضوع أسفله، ثم ينكمش ثانيةً عندما يبرد.



تدور الرفاعة عندما يتغير طول القضيب

موقد يعمل بالكحول الأبيض لتسخين القضيب

يتحرك الطرف الحر للقضيب مع تمدده

دعامة لطرف القضيب الحر

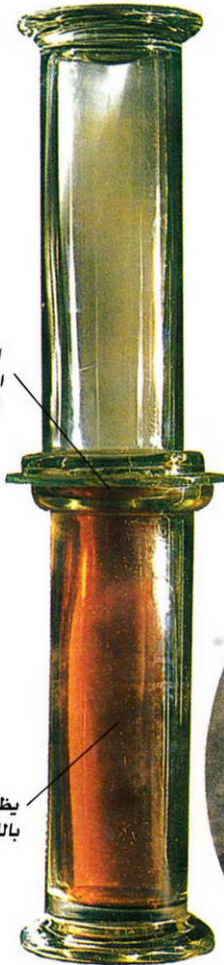
يحافظ الثقل على بقاء آلية الرفاعة وثيقة بالاتصال بطرف القضيب

أداة تثبيت عند الطرف المثبت من القضيب

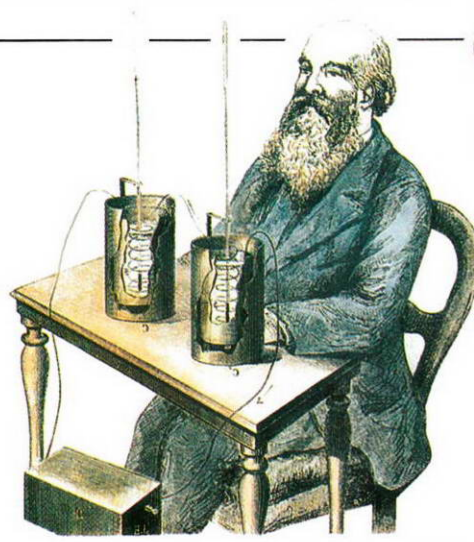
القضيب المعدني المراد تسخينه



الشريحة
الزجاجية
الفاصلة



يظهر البروم
باللون البنّي



مقبض لتدوير الثقل

الخيط المتصل بالثقل
الساقط يدير القضيب

قياس درجات الحرارة

قام جيمس جول بقياس «معدل التبادل» بين الحرارة والشغل الميكانيكي والطاقة الكهربائية.

التحول إلى الحرارة

في أربعينيات القرن التاسع عشر استخدم جيمس جول جهاز احتكاك الماء هذا في قياس كمية الحرارة التي يتحول إليها قدر معلوم من «الشغل» الميكانيكي. وقد تم إحداث الشغل بواسطة ثقل يعمل على تدوير بدالات في وعاء من الماء. وقد حدث الريشات المثبتة من دوران الميابه، ومن ثم تحول الشغل المبدول إلى حرارة. وقام جول بقياس ارتفاع درجة حرارة الماء، وحسب كمية الحرارة المتولدة. وأضافت النتائج التي خلص إليها دليلاً مادياً إلى النظرية التي تقول إن الحرارة تتولد عن حركة الجزيئات.

حركة الغازات

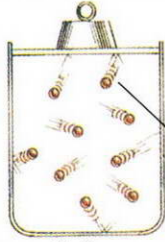
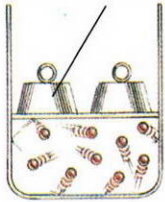
كان «لودفيج بولتسمان» (1844-1906) أحد العلماء الأوائل الذين افترضوا أن الجزيئات الموجودة في الغازات تتحرك بسرعات متباينة (بينما افترض من سبقه من العلماء ببساطة أن جميع الجزيئات تتحرك بالسرعة نفسها). وقد استنتج هذا العالم أن في إمكان جزيئات الغاز الدوران والاهتزاز وكذلك الحركة خلال الفراغ.



قابلية التحرك إلى أعلى

تتمدد الغازات لتشغل الحيز المتاح. ويظهر في هذه الصورة غاز البروم - وهو غاز أثقل من الهواء الجوى - وقد وضع في الجرة السفلية. لكن عند إزالة الشريحة الفاصلة، فإن جزيئات البروم تنتشر في الجرة العلوية.

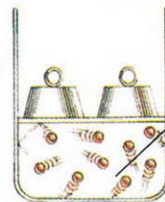
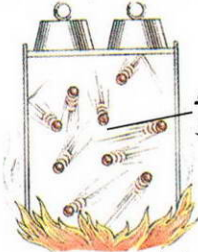
تضاعف الضغط الخارجى



تولد
الجزيئات
ضغطاً عند
ارتطامها
بجدران
الوعاء

قانون بويل

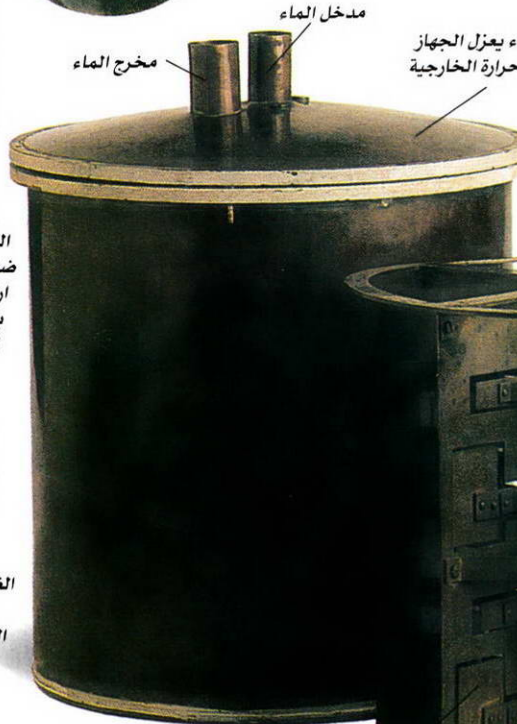
رأى بويل (ص 26) أنه عند دفع أحد الغازات في وعاء ذي حجم أصغر منه، فإنه يولد ضغطاً هائلاً. ويرجع هذا إلى أن الجزيئات تصطدم بجدران الوعاء بصورة متكررة أكثر.



الغاز تحت
وطأة
الضغط

قانون تشارلز

رأى تشارلز (ص 21) أنه عند تسخين أحد الغازات فإنه يولد ضغطاً هائلاً، وسوف يتمدد إذا كان ذلك في الإمكان، فالجزيئات تتحرك بشكل أسرع وتصطدم بشدة أكبر مع جدران الوعاء.



الوعاء يعزل الجهاز
عن الحرارة الخارجية

مخرج الماء

مدخل الماء

بدالات

تقاوم الريشات
الثابتة حركة الماء

حلقات وسلاسل الكربون



الدائرة المغلقة
تشبه بنية جزيء البنزين
- أحد أشكال الكربون -
نوعاً يتلصق ذيله.

ضغط يعود إلى ما قبل التاريخ

إن الفحم عبارة عن البقايا المتحجرة من الأشجار والنباتات الأخرى التي دفنت في المستنقعات. وعلى مدى ما يزيد على 345 مليون سنة تحولت هذه البقايا إلى صخور سوداء ناعمة بفعل الضغط الهائل والمستمر من طبقات الصخور الأخرى. ويتألف الفحم في الأغلب من الكربون وبعض من الهيدروجين والأكسجين والنيتروجين والكبريت. ويمتص الكربون الموجود في الفحم الأكسجين من الهواء ويحترق بشدة، لذا فهو مصدر وقود نافع.

الفحم النباتي

يتم الحصول على الفحم النباتي - أحد أشكال الكربون -

عند تسخين مواد مثل الخشب أو العظام

أو السكر على درجات حرارة عالية في ظل

انعدام وجود الهواء. والفحم النباتي مادة

لينة يسهل أن تترك أثراً كالخبر، كما

أنه مادة ممتازة تستخدم في

الرسم.

الجرافيت

الجرافيت

الجرافيت - الذي يعرف أيضاً

بالرصاصية (نبات استوائي جميل الزهر) -

هو شكل من أشكال الكربون يوجد على هيئة معدن

لين. ومن السهولة لقله وتكسيهه إلى رقائق. والجرافيت هو

المكون الأساسي لأقلام الرصاص وهو يستخدم على نطاق

واسع كزيت تشحيم.

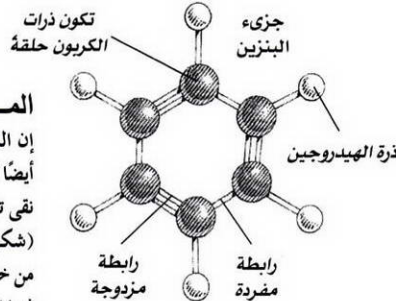
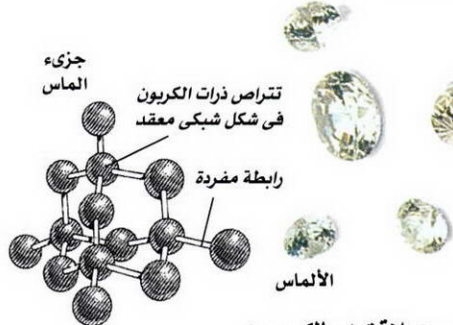


البنزين



أثناء النوم

حاول فريدريك كيكوله (1829-1896) لفترة طويلة اكتشاف كيفية ارتباط ذرات الكربون الست في جزيء البنزين بذرات الهيدروجين الست. وقد توصل إلى الحل في أثناء نومه، فحلّم بصف من ذرات الكربون والهيدروجين وقد اتخذت شكل حلقة مغلقة كتعبان يتلصق ذيله.



الماس وعلاقته بالكربون

إن الماس هو أكثر المواد الطبيعية صلابة. وهو حجر كريم، لكنه يستخدم أيضاً كطرف قاطع في المقاب أو في صقل المواد. ويتألف الماس من كربون نقي تماماً، كما أن ذراته مترابطة في شكل شبكة ثلاثية الأبعاد في غاية القوة (شكل متكرر داخل البلورة). وترتبط كل ذرة بأربع من الذرات المجاورة لها من خلال الروابط الكيميائية المفردة. ويتكون الماس في المواقع التي تعرض فيها الكربون لضغوط جيولوجية ودرجات حرارة هائلة في باطن الأرض.

البنزين المحير

عند تسخين الفحم بشدة يمكن الحصول على سائل عديم اللون - هو البنزين. ويُعد تركيب البنزين هو الأساس لعدد هائل من مركبات الكربون المهمة. وقد حير تركيب جزيء البنزين الكيميائيين إلى أن فكر كيكوله فيه كحلقة من ذرات الكربون متصلة بذرات الهيدروجين.



حقائق عن الدهون

الزبدة هي خليط من الدهون - التي هي مواد مشتملة على الكربون وذات أهمية كبيرة لتخزين الطاقة في الكائنات الحية، بينما تسمى المواد المائلة، والتي تكون سائلة عند درجة حرارة الغرفة بالزيوت.

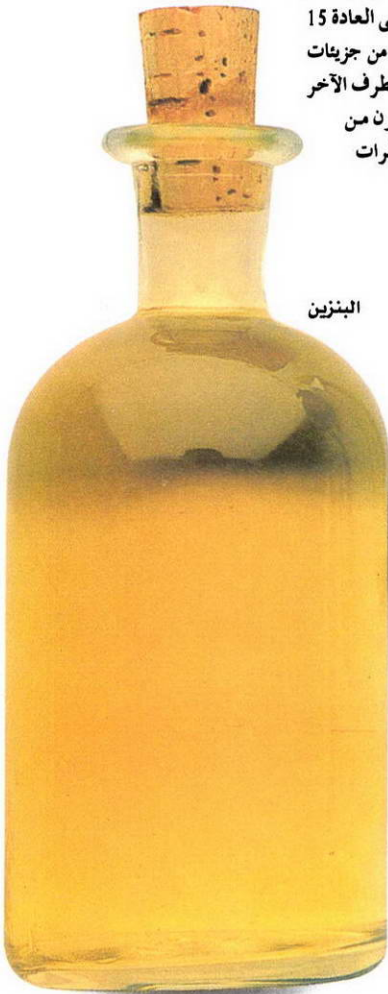
الزبدة دهون
صالحة للأكل

ديوس زينة مصنوع
من الكهرمان الأسود

التنظيف بالكربون

يتكون الصابون من مواد ذات سلاسل طويلة من ذرات الكربون - يبلغ عددها في العادة 15 أو 17. ويتصل طرف كل جزيء من جزيئات الصابون بالماء، بينما يتصل الطرف الآخر بالزيت. وهو ما يمكن الصابون من تفكيك الزيت والشحم إلى قطرات صغيرة في الماء.

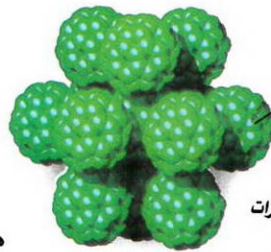
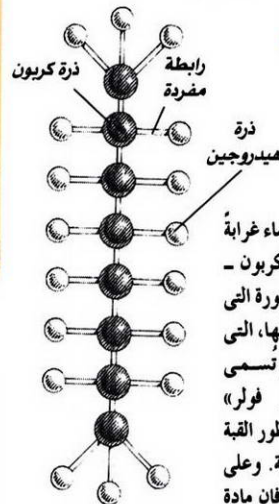
البنزين



الجمال الأسود

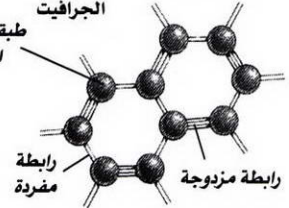
الكهرمان الأسود هو نوع من الفحم يطلق عليه اسم الليجيت، وهو يتألف في معظمه من الكربون. ويمتاز الكهرمان الأسود ببلونه الأسود المخملي القاتم، ومن السهل نقشه وتلميعه. وقد استخدم في صناعة الحلي منذ فجر التاريخ.

جزء
الأوكتين



تحتوي كل مجموعة
على 60 ذرة كربون

جزء
الجرافيت



الكربون كروي الذرات

أحد أكثر أشكال الكربون التي اكتشفها العلماء غريبة يتألف من مجموعات كروية من ذرات الكربون - قطرها جزء من البليون من المتر. وتمثل الصورة التي تظهر بلون غير حقيقي هنا أبسط أشكالها، التي تحتوي كل كرة فيها على 60 ذرة. وهي تسمى باكمينستر فولرين نسبة إلى «باكمينستر فولر» (1895-1983) المهندس المعماري الذي طور القبة الجيوديسية الشبيهة بهذه المجموعات الكروية. وعلى الرغم من أن اكتشافها لم يأت إلا مؤخراً، فإن مادة باكمينستر فولرين شائعة إلى حد كبير ويمكن العثور عليها في جسيمات السناج.

طبقات الذرات

إن كلاً من الجرافيت والماس هما شكلان متبلران من الكربون. وعلى عكس الماس، نجد أن ذرات الكربون الموجودة في الجرافيت تتصل ببعضها على هيئة طبقات مسطحة. وتتصل كل طبقة منها اتصالاً ضعيفاً بالطبقة التي تليها؛ ومن ثم من الممكن أن تنزلق الذرات الموجودة في الطبقات بسهولة فوق بعضها.

المادة الحية

ليست الحيوانات والنباتات سوى أشكال من المادة الحية معقدة بدرجة مذهلة، ففي إمكان هذه الكائنات النمو والتوالد والحركة والاستجابة لظروف بيئتها. وكان كثيرون من العلماء يعتقدون حتى أواخر القرن التاسع عشر أن ثمة «مبدأ حيويًا» يجب أن يكون هو المتحكم في سلوك هذه المادة الحية، لكن مثل هذه الاعتقادات تغيرت عندما أصبح في مقدور العلماء اصطناع مجموعة من المواد العضوية (وهي المواد التي وجدت من قبل في الكائنات الحية فقط) ومن ثم بدءوا في تفسير كيمياء العمليات التي تتم داخل الكائنات الحية. وكان يعتقد فيما

أشكال أصلية
من نموذج
الحمض النووي
DNA لكل من
واطسون وكريك



ذباب في الحساء

في ستينيات القرن التاسع عشر أدرك لويس باستور أن أشكال الحياة الجديدة تنتج عن المادة الحية فقط وذلك عندما غلى قارورة من الحساء وتركها. فعندما وقع الغبار المحمل في الهواء في الحساء، نمت الكائنات الميكروسكوبية به. لكن عندما لم يصل للحساء إلا الهواء الخالي من الغبار لم ينم أي شيء.

تحليل المادة العضوية

قام العلماء بالفحص الدقيق للكثير من المواد «العضوية» خلال القرن التاسع عشر. وقد استخدم هذا الجهاز (في الصورة على اليمين) في ثمانينيات القرن التاسع عشر لقياس التروحين في البولة.



تم ملء أنبوب القياس بالماء المقطر
أنبوب مركزي

تم وضع المحلول المشبع بـكلوريد الصوديوم (ملح الطعام) في كوب زجاجي

تم وضع محلول هيبوبروميت الصوديوم هنا

عندما فتح الصنبور، امتزجت المحاليل معاً وأنتجت النتروجين وجرى تجميعه في أنبوب القياس

تمتص النباتات الخضراء وتطلق غاز ثاني أكسيد الكربون في الهواء

تم وضع عينة من البولة تحتوى على تركيز غير معروف من النتروجين هنا

تمتص الصخور وتطلق غاز ثاني أكسيد الكربون في الهواء



مضى أن الذباب وغيره من الكائنات الصغيرة الأخرى تتطور متكونة تلقائياً من المادة المتعفنة، لكن «لويس باستور» (1822-1895) أوضح أن أشكال الحياة الجديدة لا تنبع إلا من الكائنات الحية الموجودة بالفعل، فما تمكن العلماء من تخليق كائن حي في مختبر علمي من مادة غير حية مطلقاً، وهو ما يجعلنا نتجاهل تلك الأقاويل التي تزعم تطور الحياة على الأرض من «حساء» من الجزئيات غير الحية.

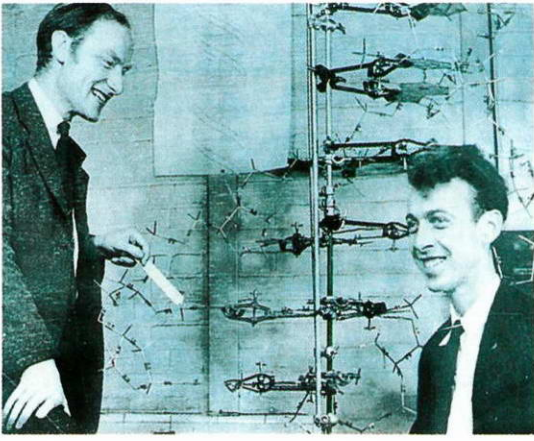
التعرف على البولة

مثلت عملية التركيب الاصطناعي للبولة (اليوريا) - وهي مادة كيميائية تحتوى على النتروجين توجد في مخلفات الحيوانات - نقطة تحول في فهمنا للحياة. وقد تمكن فريدريك فولر (1800-1882) من تركيب البولة في عام 1828 من النشادر وحمض السيانك.



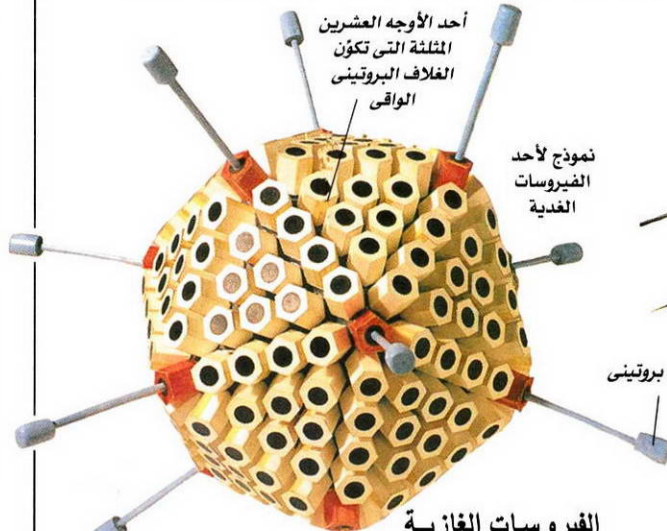
دورة لا تنتهي مطلقاً

إن الكربون هو أساس جميع أشكال المادة الحية، فهو يدور بين الهواء والمحيطات والصخور والكائنات الحية، وتمتص النباتات الخضراء غاز ثاني أكسيد الكربون (CO₂) من الهواء. وتستخدم الكائنات آكلة النباتات الكربون الموجود في النباتات في بناء الأنسجة. ويعود الكربون ثانية إلى البيئة من خلال المخلفات الحيوانية وكذلك عند تحلل أجسام الحيوانات الميتة. كما تمتص الصخور والماء ثاني أكسيد الكربون وتطلقه في الهواء، وبالتالي تكمل الدورة.



حل اللغز

في عام 1953، تمكن كل من جيمس واتسون (1928-) وفرنسيس كريك (1916-) من اكتشاف نقطة محورية في سير أغوار لغير المادة الحية، هي بنية الحامض النووي الريبي منقوص الأكسجين DNA. فقد وجدت هذه المادة في الخلايا الحية، وهي المسؤولة عن نقل المعلومات الجينية من الآباء إلى الأبناء. وللحامض النووي سلسلتان من الذرات مرتبطتان معاً في شكل حلزوني مزدوج (أشبه بالسلم الحلزوني). بينما تتمثل «الدرجات» في مجموعة من الذرات تسمى القواعد. وتسلسل هذه القواعد هو الذي يكشف عن فحوى «الرسالة» الجينية.



أحد الأوجه العشرين
المثلثة التي تكون
الغلاف البروتيني
الواقى

نموذج لأحد
الفيروسات
الغدية

نتوء بروتيني

الفيروسات الغازية

تقع الفيروسات على الحد الفاصل بين المادة الحية وغير الحية. ولا يمكن لهذه الفيروسات التوالد إلا من خلال غزوها لخلية حية وتغيير الحمض النووي بها، ومن ثم تصبح الخلية مصنعاً لإنتاج المزيد من الفيروسات.

أقدم الأحماض

هذه بلورات للجلايسين - أحد الأحماض الأمينية - وقد جرى تكبيرها بدرجة كبيرة. يوجد ما يقارب 20 حامضاً أمينياً في جميع الكائنات الحية تقريباً. ويحتمل أن يكون الجلايسين أول حامض أميني تكون في «حساء» الجزريشات غير الحية (الذي يعرف كذلك باسم «الحساء الأصلي»).



تمثل القضبان
الروابط الكيميائية

تمثل نقاط التقاء
القضبان الذرات

تمثل صفائح الألومنيوم
القواعد الأربع المختلفة

تكوين الشفرة الجينية

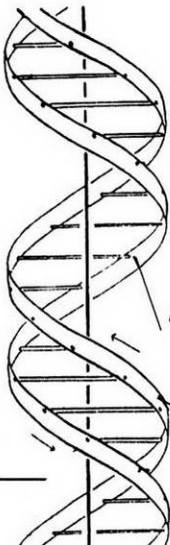
ابتكر العالمان واتسون وكريك نموذج الحامض النووي (دي. إن. إيه) هذا في خمسينيات القرن العشرين. ويضم هذا النموذج عدداً ضخماً من التراكيب المتكررة، وهو يمثل المعلومات اللازمة لتكوين وبقاء الكائن الحي.

تكون جزيئات السكر
(المجموعات خماسية
الجوانب من الذرات) العمود
الفقري، للحامض النووي

الشكل
الحلزوني
المزدوج
للحامض
النووي

تكرر بنية الحامض النووي
نفسها في شكل حلزوني

يحتوي كل خيط (جديلة)
على معلومات جينية



تصميم الجزيئات

في منتصف القرن التاسع عشر، بدأ الكيميائيون في استخدام معرفتهم الجديدة بالجزيئات العضوية (ص 42 - 43) في صناعة مواد جديدة ذات خصائص قيمة. فقد صنع «ألكسندر باركس» (1813-1890) مادة الباراكسين - وهي عبارة عن عاج صناعي - في عام 1862. وفي عام 1884، صنع «هيلير دو شاردونيه» (1839-1924) الرايون - وهو أول نسيج ألياف صناعي - من



طقم أسنان صناعية يعود إلى سبعينيات القرن التاسع عشر

خلال محاكاة التركيب الكيميائي للحريير. وقد أصبح المطاط أكثر صلابةً ونفعا عبر عملية تقسية المطاط بمعالجته بالكبريت، والتي ابتكرت في عام 1839. وقد كان ليو باكولاند (1863-1944) أول من أدخل عصر اللدائن (البلاستيك)، فقد ابتكر مادة الباكليت في عام 1909. واللدائن عبارة عن بوليمرات - جزيئات ضخمة متعددة الأجزاء تشتمل على آلاف المجموعات المتماثلة من الذرات المتصلة ببعضها. وفي الإمكان تشكيل اللدائن من خلال التسخين والضغط، ثم تثبت بعد ذلك على الشكل الذي اتخذته. ومن خصائص اللدائن أنها غير متفاعلة ولا تسبب اضطراباً في كيمياء الجسم عند استخدامها كمفصل تعويضي للورك - على سبيل المثال، لكن التخلص من نفايات اللدائن يمثل مشكلة كبيرة؛ فمعظم اللدائن لا يتحلل. وبالإضافة إلى اللدائن، فقد صمم خبراء الكيمياء المحذون الكثير من المنتجات الأخرى النافعة مثل العقاقير والمنظفات والسيارات.



بديل الحرير

تم إنتاج النيلون - وهو ألياف صناعية يمكن غزلها ونسجها - على نطاق واسع لأول مرة في أربعينيات القرن الماضي. وقد استخدم في الأساس في صناعة الجوارب والملابس الداخلية.

الجمع بين الصلابة والمرونة

صُنعت كرات البلياردو هذه من مادة السليلوليد - وهي عبارة عن بلاستيك صلب. كذلك تمتاز بمرونتها، وقد استخدمت كقاعدة للأفلام الفوتوغرافية وفي صناعة ياقات قمصان الرجال.

عينة من الأيزوبرين

المطاط الصناعي

تمّ ابتكار مطاط الأيزوبرين المخلق في عام 1892. وهي مادة أكثر مقاومة للبلل من المطاط الطبيعي. وأصبحت هذه المادة في غاية الأهمية بالنسبة للحلفاء خلال الحرب العالمية الثانية، عندما استولى خصومهم على مزارع المطاط في جنوب شرقي آسيا.



سماعة تليفون مصنوعة من الباكليت

مادة الباكليت

استخدمت أولى اللدائن الصناعية على الإطلاق - وهي مادة الباكليت - في صناعة التليفونات الأولى وغيرها من الأجهزة الكهربائية. وقد تم تطوير هذه المادة في الولايات المتحدة عام 1909.

منتجات الأيونيت

تمت صناعة هذا الجزء من آلة الساكسفون الموسيقية من مادة الأيونيت - نوع من المطاط المقسى (المقوى). وهو يعرف أيضاً بالفلكانيت.

يشبه الأيونيت خشب الأبنوس

مجفف شعر مصنوع من مادة الباكليت



كرة البلاطة

تستخدم البلاطة - وهي مادة تشبه المطاط - في صناعة الغطاء الخارجي لكرات الجولف. تجدر الإشارة إلى الندرة الشديدة لوجود مادة البلاطة الطبيعية في الوقت الحالي؛ ومن ثم فقد اقتضت الحاجة وجود شكل اصطناعي منها.



في إطارات النظارات

يستخدم نوع صلب وعالي الكثافة من مادة البوليثين في بعض الأحيان لصناعة إطارات النظارات. لكن استخدامها الأكثر شيوعاً يظهر في صناعة صناديق التغليف.

أقلام الحبر المجزعة

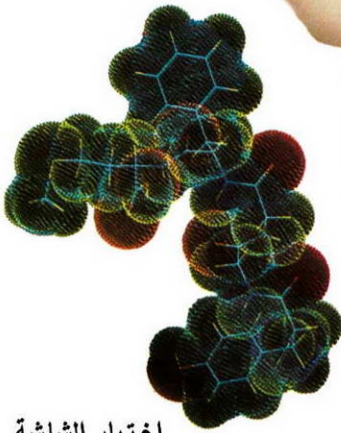
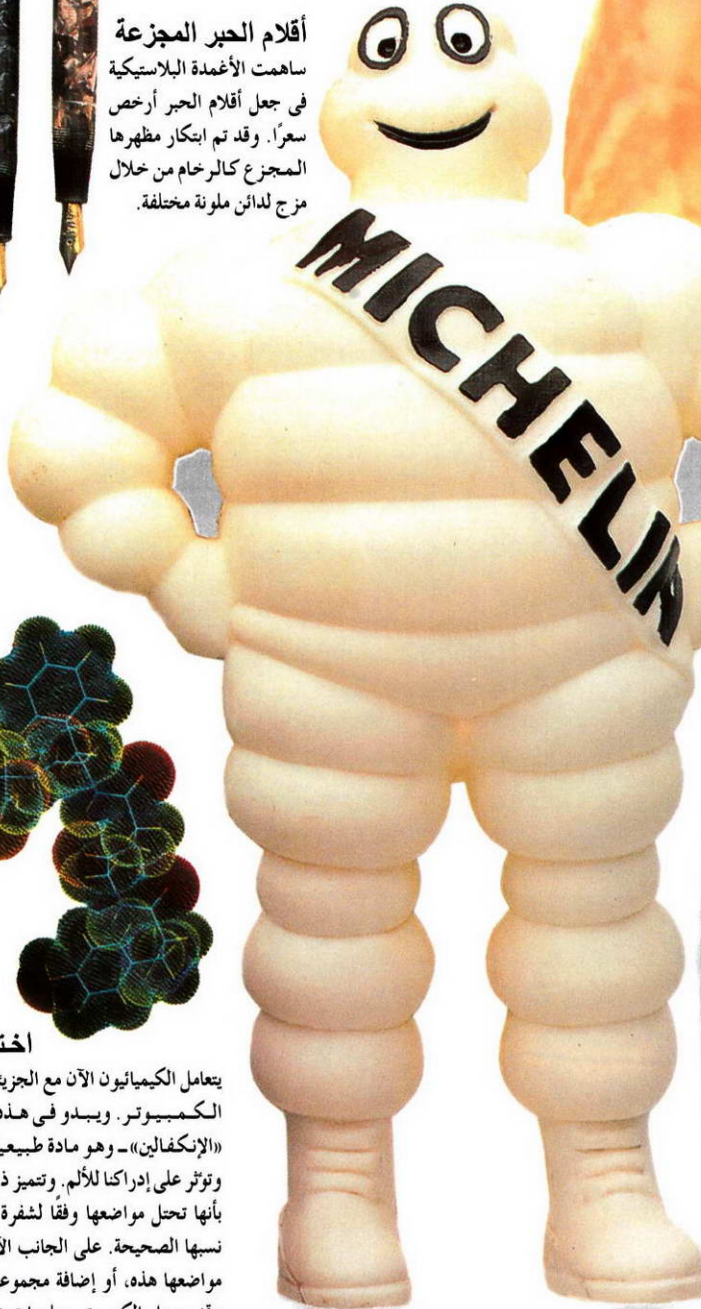
ساهمت الأعمدة البلاستيكية في جعل أقلام الحبر أرخص سعراً. وقد تم ابتكار مظهرها المجزع كالرخام من خلال مزج لدائن ملونة مختلفة.



الغطاء الخارجي لكرة الجولف، وهو مصنوع من مادة البلاطة

غطاء بلاستيكي مقاوم للحرارة

مادة البانديلاستا هي مادة تمت تقسيها بالتسخين أثناء صنعها، وهي بالتالي مادة مقاومة للحرارة.



اختبار الشاشة

يتعامل الكيميائيون الآن مع الجزيئات على شاشات الكمبيوتر. ويبدو في هذه الصورة جزيء «الإنكفالن» - وهو مادة طبيعية توجد في المخ وتؤثر على إدراكنا للألم. وتتميز ذرات هذا الجزيء بأنها تحتل مواضعها وفقاً لشفرة الألوان وهي في نسبها الصحيحة. على الجانب الآخر، يمكن تعديل مواضعها هذه، أو إضافة مجموعات جديدة إليها. وقد سجل الكمبيوتر معلومات تتعلق بالقوى بين الذرات (ص 60-61)؛ لذا فإن المجموعات غير الممكنة من الناحية الكيميائية غير مسموح بها. ومن الممكن اختبار الجزيء المقترح بدقة على الشاشة، وهو ما يوفر الكثير من الوقت الثمين الذي يقضيه العلماء في أبحاثهم المعملية.

الشخصية البلاستيكية

تستخدم دمية رجل ميشلان في الترويج لإطارات السيارات من نوع ميشلان، وهي إطارات مصنوعة من المطاط المقسى.

أجهزة حارة

تشكل مادة البالكليت عازلاً جيداً لكل من الحرارة والكهرباء، وقد استخدمت في صناعة أشياء مثل مجفف الشعر هذا الذي يعود إلى ثلاثينيات القرن العشرين.

غطاء من البالكليت مجزع بعض الشيء



النشاط الإشعاعي



أشعة بيكيريل

في أثناء دراسته للأشعة السينية (وهي الأشعة التي يمكنها اختراق مواد معينة) اكتشف أنطوان بيكيريل (1852-1908) بمحض الصدفة نوعاً جديداً من الأشعة غير المرئية القادرة على اختراق الأشياء. وفي عام 1896، وجد أن فسي إمكان بلورات مركب اليورانيوم أن تشوش الفيلم الفوتوغرافي حتى إذا كان الفيلم ملفوفاً في غلاف من الورق الأسود.

في عام 1880 كان الاعتقاد السائد حينها أن الذرة لا يمكن اختراقها وأنها غير قابلة للتغيير. لكن بحلول عام 1900 اتضح أن هذه النظرة لم تكن صحيحة على الإطلاق، فقد ظهر للعالم اكتشاف مهم جديد، ذلك هو النشاط الإشعاعي؛ الذي يعني انبعاث إشعاعات غير مرئية بواسطة أنواع معينة من الذرات، وهو أمر يحدث بشكل تلقائي ولا يتأثر بالتفاعلات الكيميائية أو درجة الحرارة أو العوامل الفيزيائية. وهذه الإشعاعات هي ألفا أو بيتا أو جاما. وبذل إرنست رذرفورد (1871-1937) أقصى ما في وسعه لتوضيح ماهية النشاط الإشعاعي. وقد وجد أن جسيمات أشعة ألفا عبارة عن ذرات هليوم دون إلكترونات (ص 48 - 49) وأن جسيمات أشعة بيتا عبارة عن إلكترونات سريعة. وعند انطلاق جسيمات أشعة ألفا أو بيتا من الذرة، فإن الذرة المتخلفة عن هذه العملية تصبح من نوع مختلف. ومثل هذه التغييرات قد تتسبب في انبعاث أشعة جاما - التي هي عبارة عن نوع من الإشعاع الكهرومغناطيسي. ومن ثم صارت عملية تحويل المعادن الخسيسة إلى ذهب وفضة - وهي الحلم الذي طالما راود علماء الكيمياء القديمة طويلاً في ظل سعيهم الدؤوب لتحويل عنصر إلى آخر - أمراً ممكناً بالفعل. وقد أصبح الجميع على دراية الآن بأن التعرض للإشعاعات، سواء في شكل جرعات كبيرة، أو جرعات صغيرة على مدى فترات زمنية طويلة، يمكن أن يسبب للإنسان المرض والوفاة أيضاً. وبالرغم من هذا، فإن للنشاط الإشعاعي استخدامات مهمة كثيرة. على سبيل المثال، من الممكن فحص الأشياء المعدنية بالأشعة السينية، مع أشعة جاما، كما يمكن أيضاً تعقب العقاقير التي تتحرك في أنحاء الجسم من خلال العناصر الاستشفافية ذات النشاط الإشعاعي، ويمكن تحديد العصور التاريخية التي ترجع إليها الاكتشافات الأثرية من خلال قياس نشاطها الإشعاعي.

صورة كاريكاتيرية للزوجين كوري

زوجان فضوليان!

تمكنت «ماري كوري» (1867-1934)

بمساعدة زوجها بيري (1859-1906) من اكتشاف أن البتشلند الموجود في خام اليورانيوم يتمتع بنشاط إشعاعي يفوق كثيراً اليورانيوم النقي. فقد أدركا أنه لا بد أن البتشلند يحتوي على مواد إضافية ذات نشاط إشعاعي أعلى بكثير. وفي عام 1902 - وبعد أربع سنوات من الجهد المضني - تمكن الزوجان من فصل كميات ضئيلة للغاية من عنصرين جديدين، هما البولونيوم والراديوم. ومثل جميع العلماء الرواد الآخرين الذين تعاملوا مع النشاط الإشعاعي، فقد كان الزوجان على معرفة ضئيلة بأخطار النشاط الإشعاعي، وهو ما أدى إلى وفاة ماري كوري بسرطان الدم. فالمستويات الإشعاعية العالية التي تعاملت معها تتضح على قارورتها الزجاجية - فقد أدى

تعرضها للإشعاع إلى تحولها من اللون الشفاف إلى اللون الأزرق.



خام اليورانيوم

البتشلند هو صخر أسود مائل إلى اللون البني يتألف في الأساس من اليورانيوم المتحد كيميائياً مع الأكسجين. ويكون بلورات تسمى اليورانيينيت. وكان البتشلند ينظر إليه فيما مضى على أنه عديم الفائدة، أما الآن فهو مصدر أساسي لكل من اليورانيوم والراديوم.

القارورة الزجاجية التي كانت «ماري كوري» تستخدمها



منظار اكتشاف الوهج

ابتكر ويليام كروكس (ص 48) منظار أشعة ألفا بهدف اكتشاف جسيمات أشعة ألفا. ويعمل هذا المنظار من خلال ارتطام جسيمات أشعة ألفا بشاشة مغطاة بكبريتيد الزنك، وهو الأمر الذي ينجم عنه وهج ضئيل يرى عبر عدسة المنظار.



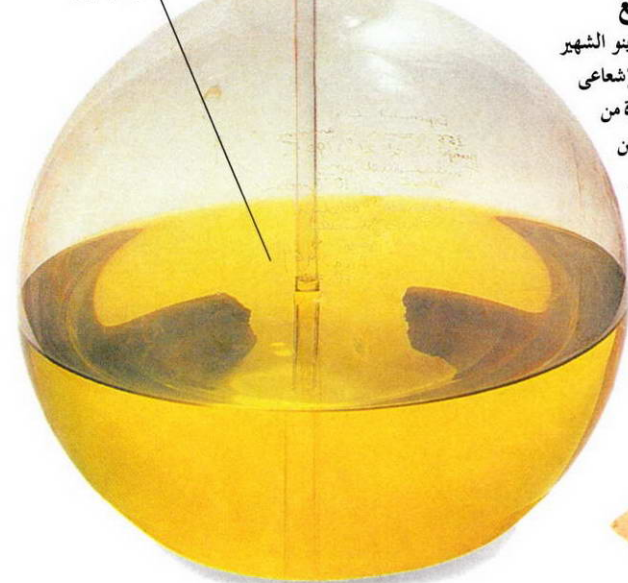
الطاقة الإشعاعية للصخور

ثمة مستوى منخفض من النشاط الإشعاعي موجود في كل شيء حولنا، حتى في أجسامنا. وترتفع هذه المستويات في المناطق التي توجد بها صخور الجرانيت، ومرجع هذا إلى احتواء الجرانيت على اليورانيوم، وينبعث من الجرانيت غاز الرادون الذي من الممكن أن يتراكم في منازلنا ويشكل مصدر تهديد لصحتنا.

محلول ذو نشاط إشعاعي

تم تحضير هذا السائل - وهو نترات اليورانيل - في عام 1905 بواسطة «فريدريك سودي» كجزء من بحثه في عملية تحويل العناصر. ويحتوي هذا السائل على اليورانيوم والراديوم، وهو ذو نشاط إشعاعي مرتفع. ويمكن القول بأن لونه الأصفر الساطع يماثل لون مركبات اليورانيوم تماماً.

توضح العلامات المنقوشة على القارورة أن السائل يحتوي على 255 جراماً من اليورانيوم المنقى و 10^{12} جراماً من الراديوم



الغلاف الخارجي النحاسي

نافذة الميكا (مادة شبه زجاجية تستعمل عازلاً كهربائياً)



مقياس جييجر

أعطى «هانز جييجر»

(1882-1945) عداد

جييجر هذا - وهو أداة لقياس

مستويات الإشعاع - إلى جيمس

تشارلوت (ص 52 - 53) في عام

1932. ويعمل هذا النموذج الأولي

كالتالي: يتم احتواء غاز ذي ضغط منخفض في

أسطوانة نحاسية مزودة بمقبض. ويتم تمرير

فولت كهربائي بين هذا الغلاف الخارجي وسلك

رفيع يمتد على طول مركز الغلاف. وعند دخول

جسيمات أشعة ألفا أو بيتا إلى العداد عبر

نافذة موجودة عند أحد طرفي العداد،

فإنه يولد انفجاراً محدوداً للتيار

الكهربائي بين الغلاف

الخارجي والسلك،

والذي يتم رصده

على العداد.

يمتد هذا السلك الرفيع على طول العداد

مقبض معزول

طرف لولبي

موصل



فيزيائيان في حالة عمل

توضح الصورة كلا من إرنست رذرفورد (على اليسار)

و«هانز جييجر» وهما جالسان في معملهما في جامعة

«مانشستر» حوالي عام 1908 وبينهما جهاز اكتشاف

جسيمات ألفا. وقد أدرك «جييجر» و«رذرفورد» أن

جسيمات أشعة ألفا كانت عبارة عن ذرات من الهليوم دون

الإلكترونات.

جزء من الصورة الموجودة على الكفن

تأريخ كفن تورينو بالكربون المشع

أشيع أن هذا الوجه الظاهر على كفن مدينة تورينو الشهير

هو وجه المسيح. وقد كشف تحليل النشاط الإشعاعي

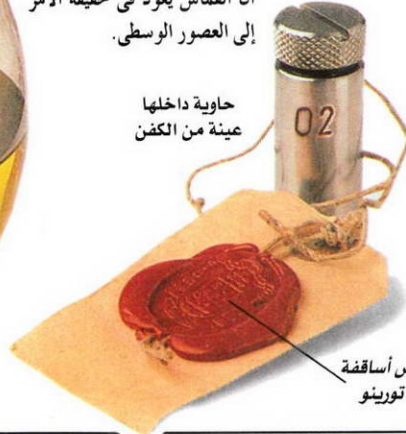
لأحد أشكال الكربون المأخوذ من عينات صغيرة من

الكفن المحفوظ الآن في مدينة تورينو الإيطالية عن

أن القماش يعود في حقيقة الأمر

إلى العصور الوسطى.

حاوية داخلها عينة من الكفن



ختم رئيس أساقفة مدينة تورينو



داخل الذرة



الأشعة الغامضة

ابتكر ويليام كروكس (1832-1919) أنبوباً زجاجياً يشتمل على حيز مفرغ. وقد استخدم هذا الأنبوب في دراسة أشعة الكاثود (وهي الإلكترونات التي تبعث بواسطة الكاثود - طرف سالب الشحنة - عند تسخينه). وقد وضع بعض العقبات الصغيرة في مسار الأشعة، التي أُلقت «بظلال»، موضحة أن اتجاه حركتها كان من الكاثود إلى الطرف الموجب (الأنود - القطب الموجب). وكان في إمكان الأشعة الالتفاف قليلاً في الأنبوب، وخلص كروكس إلى أن الأشعة تألفت من جسيمات مشحونة، وقد أصبح الأنبوب يعرف فيما بعد باسم أنبوب كروكس.

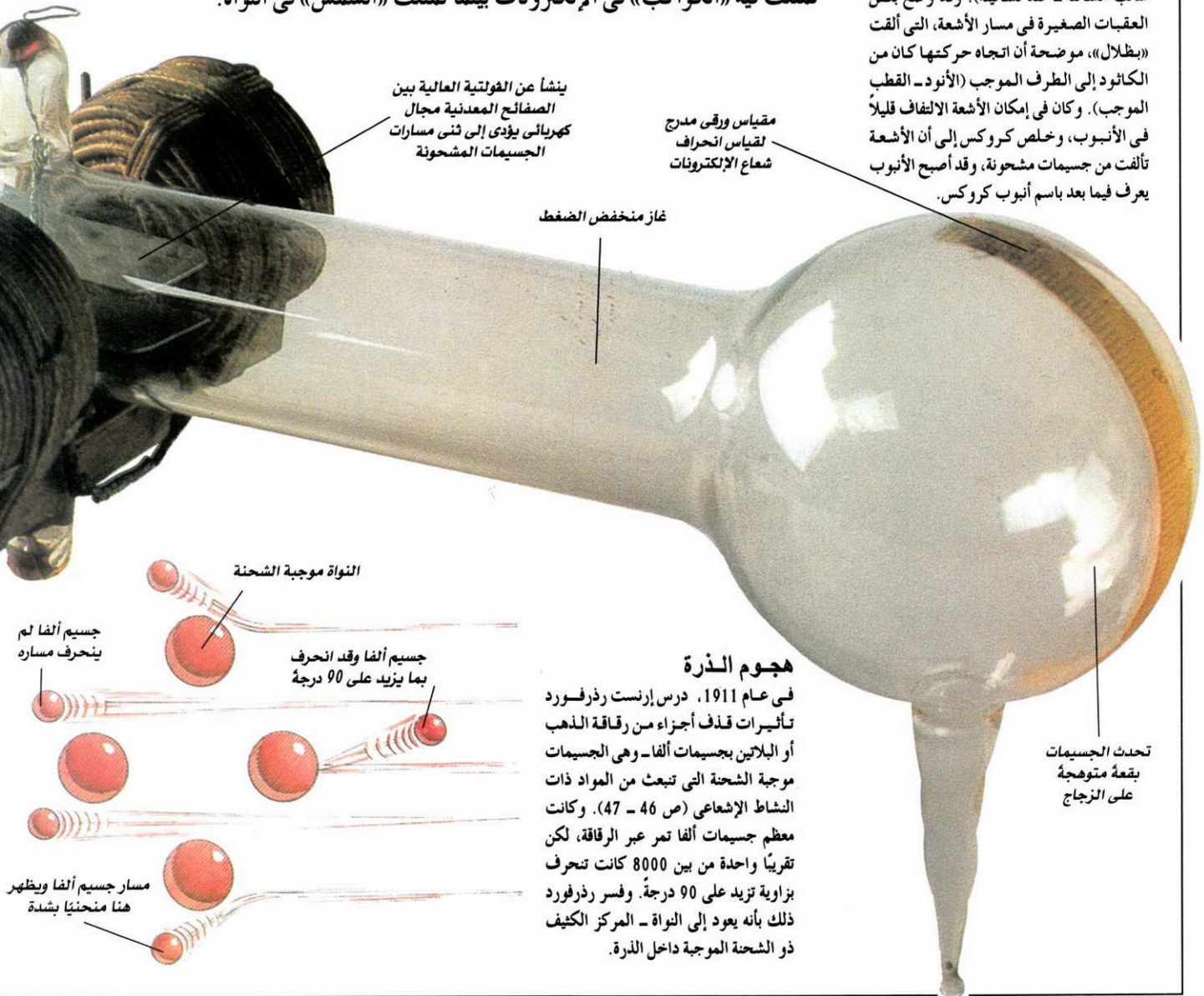
مثلت التجارب العلمية التي أجراها «ج.ج. طومسون» (1856-1940) في عام 1897 أول المفاتيح في حل لغز تركيب الذرة. فقد اكتشف هذا العالم وجود جسيمات أصغر من الذرة في أشعة الكاثود. وقد رأى هذه الأشعة تمر بين أطراف عالية الفولتية في أنبوب زجاجي ممتلئ بغاز ذي ضغط منخفض. وتحمل هذه الدقائق - التي أطلق طومسون عليها اسم الجسيمات وعُرفت فيما بعد باسم الإلكترونات - شحنة كهربائية سالبة وكان وزنها أخف بحوالي 2000 مرة من ذرة الهيدروجين. وكانت هذه الجسيمات هي نفسها بصرف النظر عن الغاز الذي استخدم في الأنبوب، وبصرف النظر عن المعدن الذي صنعت منه الأطراف. وقد رجح هذا الاكتشاف وجود الإلكترونات في جميع أشكال المادة. على الجانب الآخر، يجب أن تحتوي الذرات أيضاً على شحنة كهربائية موجبة لتحقيق التوازن مع الإلكترونات ذات الشحنة السالبة. وقد قام إرنست رذرفورد (ص 46-47) بسبر غور الذرات ذات الجسيمات المنتجة في تجاربه عن النشاط الإشعاعي، واكتشف أن الشحنة الموجبة متركرة في نواة بالغة الصغر. وفي نهاية المطاف، خلص رذرفورد إلى استنتاج أن الذرة تشبه نظاماً شمسياً بالغ الصغر، تمثلت فيه «الكواكب» في الإلكترونات بينما تمثلت «الشمس» في النواة.

ينشأ عن الفولتية العالية بين الصفائح المعدنية مجال كهربائي يؤدي إلى نفي مسارات الجسيمات المشحونة

مقياس ورقى مدرج لقياس انحراف شعاع الإلكترونات

غاز منخفض الضغط

تحدث الجسيمات بقعة متوهجة على الزجاج



هجوم الذرة

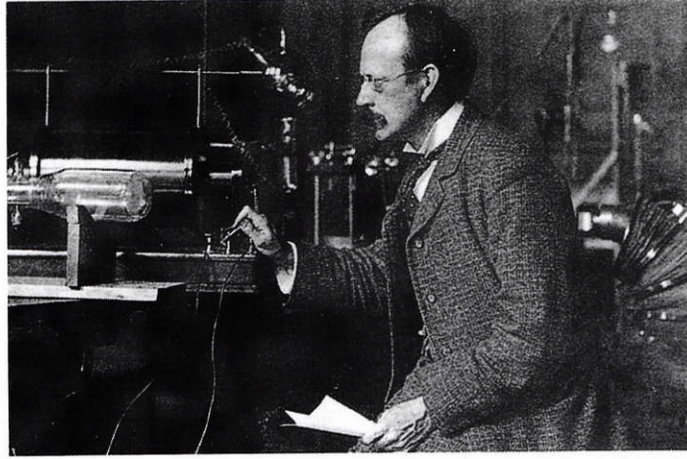
في عام 1911، درس إرنست رذرفورد تأثيرات قذف أجزاء من رقاقة الذهب أو البلاتين بجسيمات ألفا - وهي الجسيمات موجبة الشحنة التي تبعث من المواد ذات النشاط الإشعاعي (ص 46 - 47). وكانت معظم جسيمات ألفا تمر عبر الرقاقة، لكن تقريباً واحدة من بين 8000 كانت تنحرف بزاوية تزيد على 90 درجة. وفسر رذرفورد ذلك بأنه يعود إلى النواة - المركز الكثيف ذو الشحنة الموجبة داخل الذرة.

النواة موجبة الشحنة

جسيم ألفا لم ينحرف مساره

جسيم ألفا وقد انحرف بما يزيد على 90 درجة

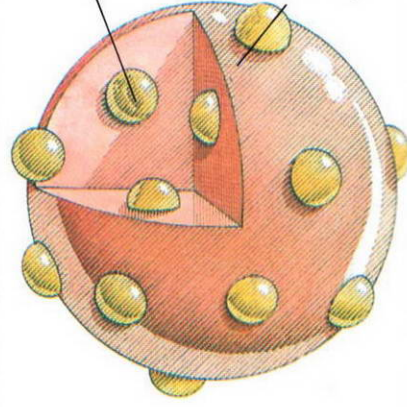
مسار جسيم ألفا ويظهر هنا منحنياً بشدة



اكتشافات طومسون

كان طومسون يسي أن يصبح مهندس سلك حديدية، لكنه بدلاً من هذا أصبح فيزيائياً لامعاً. فقد درس أشعة الكاثود بنجاح عظيم؛ لأنه نجح في تحقيق درجات منخفضة للغاية من ضغط الغاز في أنبوب كروكس المعدل. وقد أحدث اكتشاف طومسون للإلكترون - وهو الوحدة الأساسية للتيار الكهربائي الموجودة في جميع أشكال المادة - ثورة في نظريات الكهرباء والذرات. كما أكد أيضاً على وجود النظائر (ص 52-53) - وهي العناصر التي لكل منها أنواع متعددة من الذرات المتماثلة كيميائياً والمختلفة في الوزن.

«الغلاف الجوي، المحيط بالشحنة الموجبة بالإلكترونات»



ذرة بودنج البرقوق

في نظرية بودنج البرقوق هذه يقترح طومسون أن كل ذرة تتألف من عدد من الإلكترونات، وقدر من الشحنة الموجبة لتحقيق التوازن مع شحناتها السالبة. وقد اعتقد أن الشحنة الموجبة شكلت «غلافاً جويّاً» تتحرك خلاله الإلكترونات مثل البرقوق في بودنج البرقوق.

عصير الكتب
www.ibtesama.com/vb
منتدى مجلة الإنسامة

الكاثود المسخن (الطرف السالب) ينتج الإلكترونات



تمر الإلكترونات عبر شقوق طويلة في الأنود (الطرف الموجب)

إلكترون سالب الشحنة

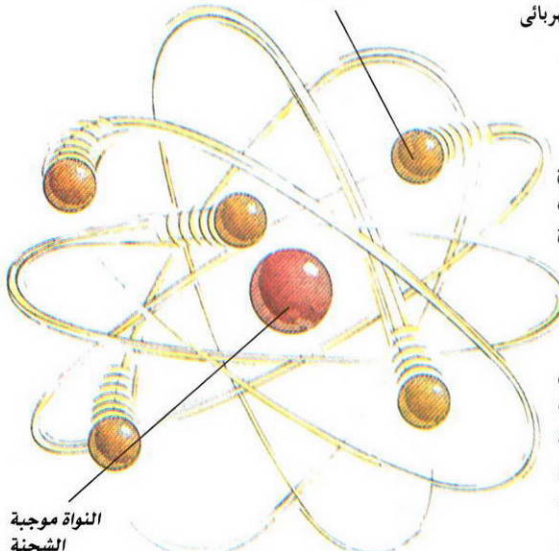
سلوك ملفوفة الإحداث المجال المغناطيسي الذي يثنى مسار الجسيمات المشحونة

حساب وزن الإلكترون

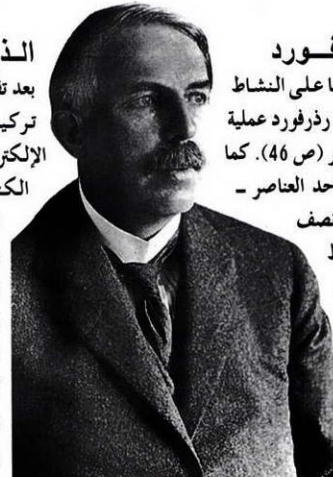
هذا هو جهاز طومسون الأصلي لدراسة أشعة الكاثود. وقد احتوى على غاز ذي ضغط منخفض مرت خلاله أشعة الكاثود. وقد أدى المجال الكهربائي إلى ثني مسارات الأشعة وقام طومسون بقياس مقدار هذا الانثناء. تم غلق المجال الكهربائي وتشغيل المجال المغناطيسي، وقيس مقدار الانثناء مرة أخرى. قدر طومسون أنه إذا كان للجسيمات نفس شحنة أيون الهيدروجين (وهو ذرة غير مكتملة) الناتج في التحليل الكهربائي (ص 50-51) فيجب أن تكون أخف منه بحوالي 2,000 مرة.

الذرة النووية

بعد تفسير رذرفورد لتشتت جسيمات ألفا، أصبح تركيب الذرة أكثر وضوحاً. فقد كان يعتقد أن الإلكترونات سالبة الشحنة تتحرك حول النواة الكثيفة موجبة الشحنة مثل الكواكب التي تدور حول الشمس. مع هذا، فقد كانت هناك بعض المشكلات في نموذج «النظام الشمسي» هذا. فوفقاً لقوانين الفيزياء في ذلك الوقت، فقد كان ينبغي أن تنهار هذه الذرة على الفور في انفجار أشعة كهرومغناطيسية. ومن المعروف الآن أن الذرة لا تنهار لأنه لا يسمح للإلكترونات إلا بقدر محدد من الطاقات، انظر (ص 50-51).



النواة موجبة الشحنة



اكتشافات رذرفورد

خلال تجاربه التي أجراها على النشاط الإشعاعي، اكتشف إرنست رذرفورد عملية تحويل عنصر إلى عنصر آخر (ص 46). كما درس فترة عمر النصف لأحد العناصر - وهي الوقت اللازم لتحلل نصف عينة من عنصر ذي نشاط إشعاعي أو لشحوله إلى عنصر آخر. وقد نشر رذرفورد اكتشافاته هذه في عام 1904 في كتابه الذي حمل اسم «النشاط الإشعاعي».

الإلكترونات والأغلفة والروابط



أصبحت بنية الذرة في بدايات القرن العشرين أكثر وضوحًا، لكن قوانين الفيزياء في ذلك الوقت لم تستطع تقديم تفسير لعدم سير الإلكترونات في طريق لولبيّ سريع باتجاه النواة. وقد ساعد «نيلز بور» (1885-1962) - وهو تلميذ رذرفورد - في حل هذا اللغز من خلال اقتراحه بأن الإلكترونات يسمح لها بطاقات معينة فقط. وقد وجد أن الإلكترونات ذات أقل معدل طاقة مسموح به تدور عند أقرب نقطة من النواة، بينما تدور الإلكترونات ذات أعلى معدل طاقة مسموح به عند أبعد نقطة عن النواة. وسرعان ما اكتشف أن ثمة حدًا لعدد الإلكترونات الخاصة بكل طاقة. هذا، ونستطيع القول إن الإلكترونات الموجودة في الذرة تتصرف وكأنها مترامية - حيث تحل الإلكترونات ذات الطاقات الأقل في المقدمة - في «أغلفة» حول النواة. والإلكترونات الموجودة في الغلاف الأبعد عن الذرة هي التي تحدد الخواص الكيميائية لها. كما أن الذرات ذات الأغلفة الخارجية «الممتلئة» بالإلكترونات هي أقل تفاعلاً من تلك الذرات ذات الإلكترون الواحد في غلافها الخارجي. وتتصل الإلكترونات الخارجية أو ترتبط بالذرات الأخرى لتكوين الجزيئات. وقد فسرت هذه الصورة الجديدة للذرة لتفاعلات الذرات في عمليات مثل التحليل الكهربائي.

تكلفة تمثال إيروس
في عام 1884، كان تمثال إيروس هذا (إله الحب عند الإغريق) المصنوع من الألمنيوم باهظ الكلفة، لكن صار في الإمكان الآن إنتاج الألمنيوم بتكلفة رخيصة من خلال التحليل الكهربائي.

قوانين تحرير العناصر

اكتشف «مايكل فاراداي» (1791-1867) قوانين التحليل الكهربائي في عام 1833. فقد وجد أن في الإمكان تحرير العناصر عن طريق قدر معين من الكهرباء أو من خلال ضعفين أو ثلاثة أضعاف هذا القدر. فالأمر يعتمد على عدد الإلكترونات الخارجية.

التحليل الكهربائي واكتشاف العناصر

تم اكتشاف الكثير من العناصر الجديدة في القرن التاسع عشر، وذلك من خلال تمرير تيار كهربائي خلال المحاليل أو المواد المنصهرة. وقد تم تحضير هذه العينات من المعادن من خلال التحليل الكهربائي، حيث استمد التيار الكهربائي من البطارية. وبواسطة التحليل الكهربائي يمكن فصل المركبات إلى عناصر عن طريق تزويد الأغلفة الخارجية للذرات بالإلكترونات أو إزالتها منها.

تدفق الإلكترونات

من الممكن ربط الخلايا الكهربائية مثل «خلية ثاني الكرومات» هذه معًا لصناعة البطارية. وتتفاعل صفائح الكربون والزنك مع حمض الكروميك الموجود في الجرة الزجاجية مما يؤدي إلى انتقال سائل من الإلكترونات من الزنك إلى الكربون.

تتدفق الإلكترونات إلى داخل صفيحة الكربون من الممكن إخراج صفيحة الزنك من حمض الكروميك لقطع التيار

تتدفق الإلكترونات خارج صفيحة الزنك وحول الدائرة الكهربائية المتصلة بالأطراف

صفيحة الكربون

جرة زجاجية ممتلئة بـ حمض الكروميك



تحليل الماء

استخدمت هذه الأداة بواسطة «مايكل فاراداي» (انظر الصورة على اليمين) لدراسة عملية تحليل الماء بواسطة الكهرباء. وفي أثناء هذه العملية انطلق غاز الهيدروجين من أحد القطبين الكهربائيين، بينما انطلق غاز الأكسجين من القطب الآخر. وتم قياس كمية هذين الغازين، وكذا كمية الكهرباء اللازمة لتحريرهما من الماء. وبهذه الطريقة توصل فاراداي إلى قوانين التحليل الكهربائي. ويُطلق على كمية الكهرباء المستخدمة في التحليل الكهربائي اسم «ثابت فاراداي».

أنبوب لتجميع الأكسجين أو الهيدروجين

تم توصيل الأطراف ببطارية

قطب من البلاتين
تم ملء الكرة الزجاجية بالماء وقليل من الحمض

قناع لتجنب التسمم بغاز الكلور

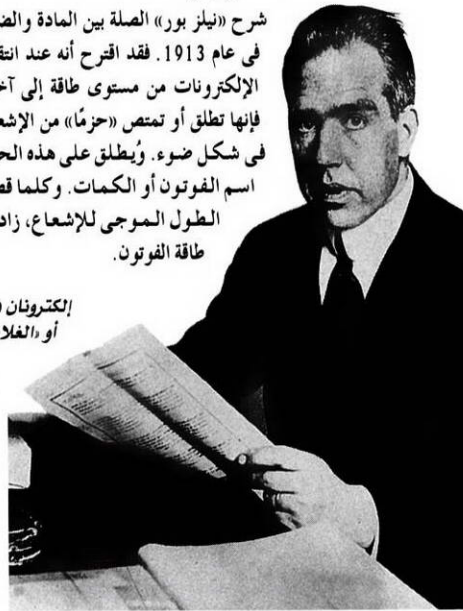
طائرة مصنوعة من الألومنيوم

الروابط الفلزية

تتشارك ذرات الفلزات في إلكتروناتها الخارجية؛ فهي تساهم في تكوين «بركة» من الإلكترونات المشتركة التي تتجول بحرية من ذرة إلى أخرى. إن سهولة حركة الإلكترونات هي السبب وراء كون الفلزات موصلات جيدة لكل من الحرارة والكهرباء.

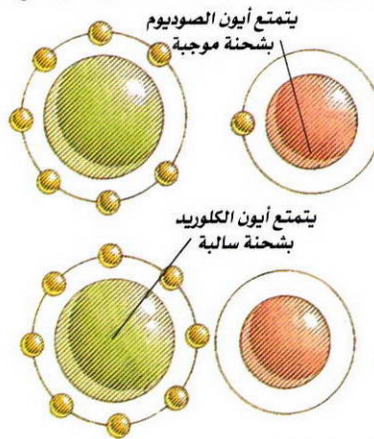
الضوء والمادة

شرح «نيلز بور» الصلة بين المادة والضوء في عام 1913. فقد اقترح أنه عند انتقال الإلكترونات من مستوى طاقة إلى آخر، فإنها تطلق أو تمتص «حزماً» من الإشعاع في شكل ضوء. ويُطلق على هذه الحزم اسم الفوتون أو الكمات. وكلما قصر الطول الموجي للإشعاع، زادت طاقة الفوتون.



ذرة «بور»

وفقاً لنظرية «بور» عن الذرة، فإن الإلكترونات البعيدة عن النواة تمتص بقدر أكبر من الطاقة، ويمكن للإلكترون القفز إلى مستوى أعلى من خلال امتصاص الطاقة. ويمكن لهذا الأمر أن يحدث في درجات الحرارة المرتفعة أو عند اصطدام الفوتونات ذات القدر الكافي من الطاقة بالذرة. وإن كانت هناك فجوة في المستوى الأدنى، فمن الممكن أن يسقط الإلكترون إلى ذلك المستوى مطلقاً الطاقة في شكل إشعاع.



الروابط الأيونية

تلتحم أيونات الصوديوم والكلوريد ببعضها بواسطة الشحنات الكهربائية المتضادة، حيث «تقبل» ذرة الصوديوم إلى فقد إلكتروناتها الخارجي نظراً لعدم استقرار الذرة، وبالتالي تصبح الذرة غير المكتملة (الأيون) موجبة الشحنة. على الجانب الآخر، «تميل» ذرة الكلور إلى اكتساب إلكترون لملء غلافها الخارجي ومن ثم اكتساب شحنة سالبة إضافية.



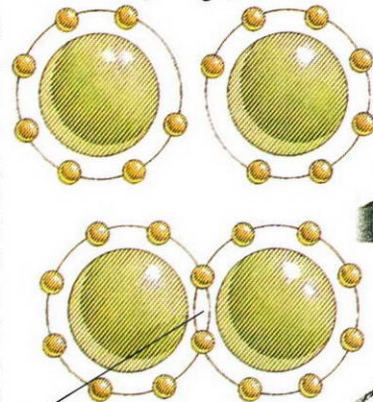
كلوريد الصوديوم (ملح الطعام)

قناع لتجنب التسمم بغاز الكلور



الروابط التساهمية

من الممكن أن تتشارك الذرات في الإلكترونات الموجودة في أغلفتها الخارجية لتكوين أغلفة ممتلئة وبالتالي تشكيل رابطة «تساهمية». وفي إمكان ذرات الكلور - ذات الإلكترونات السبعة في الغلاف الخارجي - أن تجتمع في شكل أزواج، حيث يشترك كل زوج في إلكترونين. فتحمل كل ذرة فعلياً ثمانية إلكترونات في الغلاف الخارجي. ومثل الكثير من الغازات الأخرى؛ فإن الكلور يوجد في العادة في شكل جزيء مكون من ذرتين. ومن السهل كسر هذه الرابطة مما يجعل الكلور تفاعلياً وخطيراً.



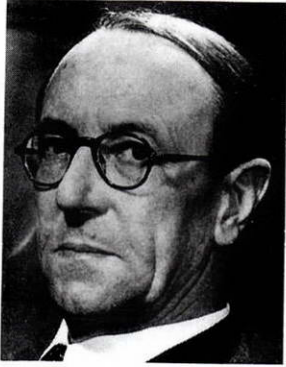
سحب القموض

حلت «سحب» الإلكترونات القائمة (انظر الصورة على اليسار) محل مدارات إلكترونات «بور» المحددة بدقة، وهي السحب التي يمكن رؤيتها من خلال الميكروسكوب الإلكتروني. وقد صار من المعروف الآن أن الإلكترونات تبدو كأموج، إضافة إلى كونها مثل الجسيمات. ومن المرجح أن يوجد الإلكترون حيث تكون «سحابة» الإلكترونات كثيفة. لكن ثمة فرصة محددة دائماً - وإن كانت ضئيلة - للعثور عليه على مقربة أو على مسافة من النواة.

يمكن ذرات الكلور التجمع في شكل أزواج، ويشترك كل زوج في إلكترونين



بنية النواة



مع بدايات القرن العشرين أصبح معروفًا للجميع أن الذرة تحتوي على نواة موجبة الشحنة. وقد أشار إرنست رذرفورد (ص 46-47) إلى أن النواة تحتوي على جسيمات موجبة الشحنة تسمى «البروتونات» (وهي كلمة يونانية تعني الأشياء الأولى). وقد كشف العالم عن وجودها في عام 1919 من خلال استخراجها من أنوية النتروجين باستخدام جسيمات أشعة ألفا. وعلى الجانب الآخر، اكتشف جيمس شادويك (1891-1974) جسيمًا آخر في النواة في عام 1932 - ألا وهو النيوترون، وهو عبارة عن جسيم غير ذي شحنة له نفس كتلة البروتون. وتشتمل جميع الأنوية على البروتونات والنيوترونات. وعدد البروتونات هو الذي يحدد عدد الإلكترونات التي تدور حول النواة، ومن ثم الخواص الكيميائية للذرة (ص 50-51). ولجميع العناصر نظائر مختلفة - وهي عبارة عن ذرات لها نفس العدد من البروتونات ولكنها ذات أعداد مختلفة من النيوترونات.

مكتشف الجسيم الجديد
اكتشف «جيمس تشادويك»، وهو أحد تلامذة «رذرفورد»، النيوترونات من خلال تعريض معدن البيريلايوم لجسيمات أشعة ألفا. وقد لاحظ انبعاث نوع جديد من الجسيمات من نواة هذا المعدن، ألا وهو النيوترون. ثم درس بعد ذلك الديوتريوم (المعروف أيضًا بالهيدروجين الثقيل). وقد اكتشف نظير الهيدروجين هذا في عام 1932 وهو يستخدم في المفاعلات النووية.

يتم إنتاج أيونات من نوع خاص هنا

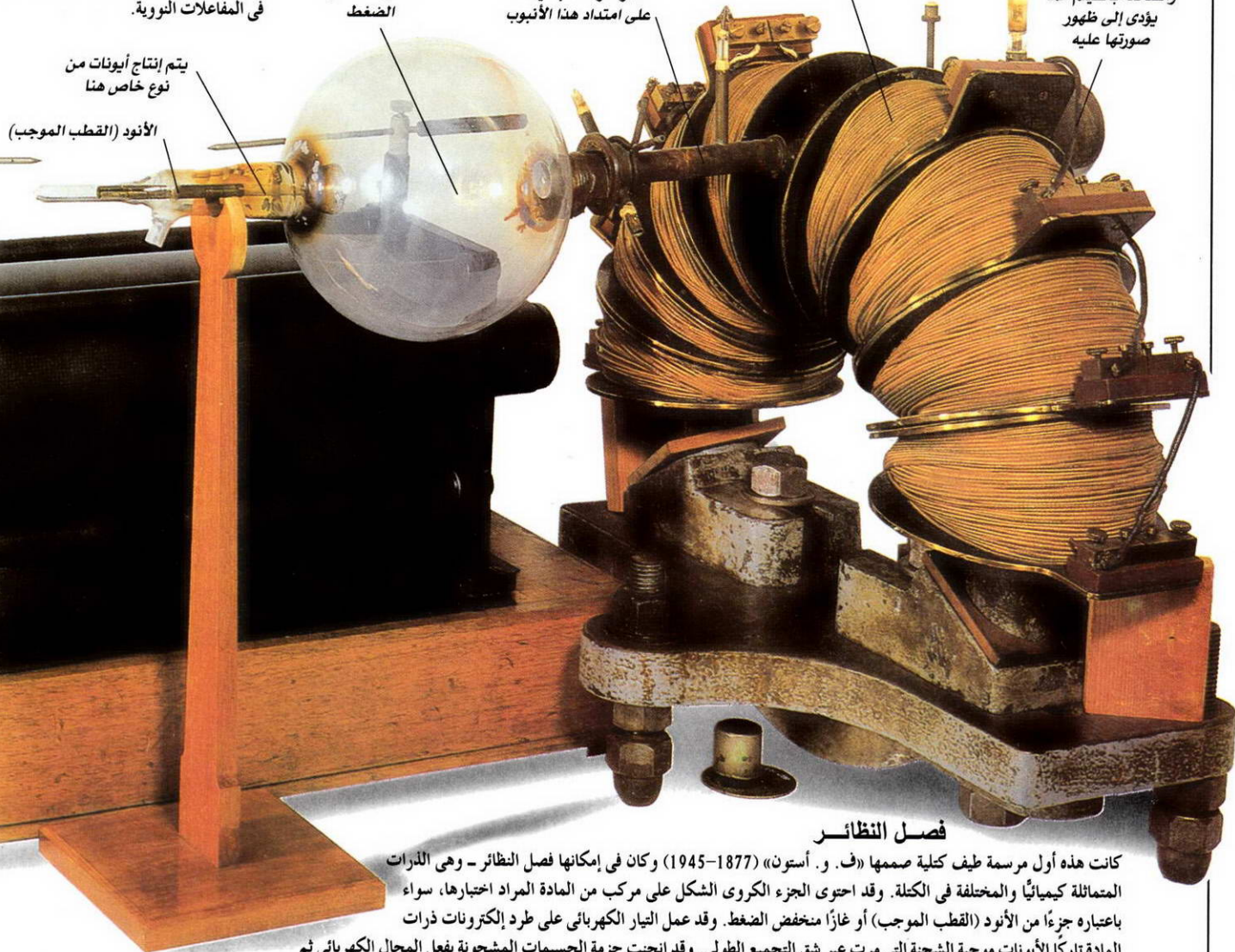
الأنود (القطب الموجب)

الغاز منخفض الضغط

تمر حزمة الجسيمات على امتداد هذا الأنبوب

يؤدي المجال المغناطيسي المتولد داخل المغناطيس الكهربائي إلى انحراف الجسيمات

تصطدم الأيونات المنفصلة وفقًا للكتلة والشحنة بالفيلم مما يؤدي إلى ظهور صورتها عليه



فصل النظائر

كانت هذه أول مرسة طيف كتلية صممها «ف. و. أستون» (1877-1945) وكان في إمكانها فصل النظائر - وهي الذرات المتماثلة كيميائيًا والمختلفة في الكتلة. وقد احتوى الجزء الكروي الشكل على مركب من المادة المراد اختبارها، سواء باعتبارها جزءًا من الأنود (القطب الموجب) أو غازًا منخفض الضغط. وقد عمل التيار الكهربائي على طرد إلكترونات ذرات المادة تاركًا الأيونات موجبة الشحنة التي مرت عبر شق التجميع الطولي. وقد انحنى حزمة الجسيمات المشحونة بفعل المجال الكهربائي ثم بفعل المجال المغناطيسي. وقد انتشرت هذه الجسيمات فوق نطاقات منفصلة على فيلم فوتوغرافي وفقًا لشحنة وكتلة الأيونات.

الإلكترونات والبروتونات والنيوترونات

كان «رذرفورد» يعتقد أن النواة تتألف من بروتونات وعدد أقل من الإلكترونات. وقد اعتقد أن كل إلكترون كان مقترناً بشدة ببروتون لتكوين «زوج متماثل» متعادل (غير ذي شحنة كهربائية). وفي عام 1932، أنتج «جيمس تشادويك» نوعاً من الأشعة لم يثن في المجال الكهربائي، لكنه كان أشد اختراقاً من أشعة جاما. وكانت هذه الأشعة تتكون من جسيمات غير ذات شحنة - عرفت باسم «النيوترونات» - كانت في كتلة ذرات الهيدروجين. وأدرك «تشادويك» أن هذه النيوترونات قد تكون جسيمات في حد ذاتها، وليست اندماجاً ما بين بروتون وإلكترون. ويمكن القول إن هذه الرواية تحظى اليوم بالقبول. مع هذا، فإن فرص النيوترون الحر «للانحلال» إلى بروتون وإلكترون خلال 15 دقيقة تصل إلى 50 بالمائة. وفي حالة اصطدام البروتون والإلكترون فإنهما سينتجان نيوتروناً.

أدوات عالم

كانت علبة السجائر الكرتونية هذه «صندوق أدوات» «تشادويك». فقد استخدم أجزاءً من شمع البارافين في مراقبة النيوترونات. كما استخدم رقائق الفضة والألومنيوم بدرجات سمك مختلفة كحواجز لتحديد قوة اختراق الأشعة.

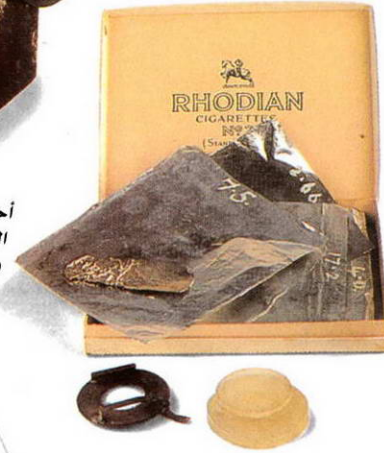
أداة الكشف عن النيوترون

بداخل هذا الجهاز المشير للاهتمام، والذي ابتكره «تشادويك»، تصطدم جسيمات أشعة ألفا المستمدة من مصدر مشع بهدف مصنوع من معدن البيريليوم. وفي الإمكان اكتشاف النيوترونات المنطلقة فقط عند اصطدامها ببروتونات قطعة من شمع البارافين. وقد تم رصد هذه البروتونات بواسطة عداد «جيجر» (ص 46-47).



غرفة تحتوي على مصدر ذي نشاط إشعاعي

تم تثبيت الأنابيب بمضخة هوائية لإخراج الهواء من الغرفة



أحد الإلكترونات الستة التي تدور حول النواة وهي سالبة الشحنة

الكربون - 12

تحدد الخواص الكيميائية للكربون من خلال إلكتروناته الستة سالبة الشحنة. وتحقق هذه الإلكترونات الستة التوازن مع بروتونات النواة الستة موجبة الشحنة. ونجد في ذرة الكربون - 12، أن النواة تشمل أيضاً على ستة نيوترونات - لها نفس كتلة البروتونات تقريباً - وهو ما يمنح الذرة العدد الكلي 12.

أحد البروتونات الستة موجبة الشحنة
أحد النيوترونات الستة متعادلة الشحنة

أحد الإلكترونات الستة التي تدور حول النواة وهي سالبة الشحنة

الكربون - 14

إن نظير الكربون - 14 يماثل من الناحية الكيميائية الكربون العادي. فهو يحتوي على ستة بروتونات وستة إلكترونات، لكن الكربون - 14 يشتمل على نيوترونين إضافيين مما يمنحه العدد الكلي 14. جدير بالذكر أن هذا النظير ذو نشاط إشعاعي، ويتحلل 50 بالمائة منه كل 5,730 عاماً. ويمكن القول إن المستويات البيئية منه مستقرة تقريباً؛ وذلك لأن ذرات الكربون - 14 الجديدة تتكون باستمرار بفعل الأشعة الكونية التي تصطدم بذرات الكربون العادي.

أحد البروتونات الستة موجبة الشحنة
أحد النيوترونات الثمانية متعادلة الشحنة

مصدر الطاقة

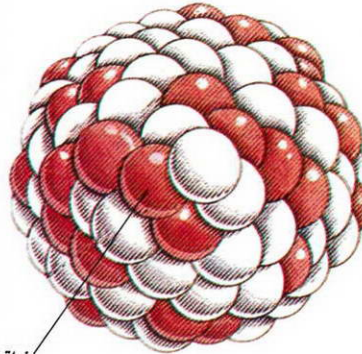
انشطار الذرة

بعد اكتشاف النواة في عام 1911، وجد أن قذف ذرات معينة بجسيمات من مواد ذات نشاط إشعاعي قد يؤدي إلى انحلال أنويتها، ومن ثم انطلاق الطاقة. ومن الممكن شطر أثقل النويات - وهي نويات اليورانيوم - من خلال النيوترونات بهذه الطريقة. وقد اكتشف كل من «أوتو هان» (1879-1968) و«ليز ميتنر» (1878-1968) أن نواة اليورانيوم تشق نصفين أو «تنشطر» وينطلق منها عدد أكبر من النيوترونات. وفي إمكان هذه النيوترونات الاستمرار في إحداث مزيد من الانشطارات. وفي عام 1942، حقق فريق بقيادة «إريكو فيرمي» (1901-1954) هذا «التفاعل المتسلسل» في أول مفاعل نووي في العالم. وبعد مضي ثلاث سنوات على ذلك، تم استخدام التفاعل المتسلسل في القنابل النووية التي دمرت مدينتي هيروشيما وناجازاكي اليابانيتين.

التفاعل المتسلسل

إن مصدر الطاقة في المفاعل النووي أو التفجير النووي هو التفاعل المتسلسل. فبإلقاء اليورانيوم أو البلوتونيوم تنشطر مطلقاً النيوترونات التي تؤدي إلى حدوث المزيد من الانشطارات في النواة. وينتج عن طاقة الشظايا المنشطرة وعن الإشعاع حرارة هائلة. وتستخدم هذه الحرارة في المفاعل بأسلوب يمكن السيطرة عليه لتوليد الكهرباء. أما في الانفجار النووي فإنها تنطلق بعنف مسببة في دمار ضخم.

نيوترون على وشك الاصطدام بنواة اليورانيوم



نواة اليورانيوم (U-235)

اليورانيوم غير المستقر

إن نظير اليورانيوم الأساسي هو اليورانيوم-238 (ويرمز له بالرمز U-238). ويشتمل على 238 جسيماً في نواته - 92 بروتوناً و146 نيوتروناً. وتمنع النيوترونات البروتونات من تفجير النواة نظراً لتنافرها المتبادل. وبالرغم من هذا، فإن نواة اليورانيوم-238 غير المستقر تنقسم من وقت إلى آخر مطلقاً جسيم أشعة ألفا وتحوّله إلى نواة ثوريوم. وتنقسم نواة الثوريوم بدورها - وكذلك الحال بالنسبة لنواتها - في سلسلة من عمليات الانحلال التي تنتهي بتكوين نواة رصاص. وتتم نظائر اليورانيوم الأخرى بسلسلة مشابهة من عمليات الانحلال الإشعاعي (تناقص تلقائي في عدد الذرات ذات النشاط الإشعاعي في مادة إشعاعية نشطة) منتهية في شكل نظير مختلف من الرصاص. ولهذا السبب يمكن اكتشاف الصخور المحتوية على اليورانيوم من خلال نشاطها الإشعاعي. ومن الممكن أن ينقسم اليورانيوم كذلك من خلال الانشطار، ويمكن أن تتحول هذه العملية إلى تفاعل متسلسل. ولكي يحدث التفاعل المتسلسل، فثمة ظروف خاصة لا بد من توافرها، إضافة إلى ضرورة استخدام كمية كافية من اليورانيوم النقي نسبياً.

1 النيوترونات الحرة

في الإمكان تحرير النيوترونات من خلال قذف الذرات بالأشعة. وتطلق النيوترونات أيضاً في العادة بفعل نويات اليورانيوم المتحللة، لكن نادراً ما تتفاعل هذه النيوترونات مع نواة اليورانيوم لإنشاء تفاعل متسلسل. وتستخدم الكثير من المفاعلات النووية اليورانيوم-235، وهو نظير مشع للغاية لكنه غير شائع.

انشطار عائلي

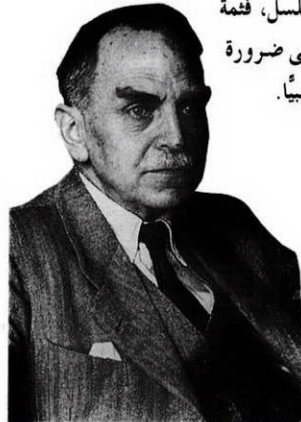
في عام 1917، اكتشفت «ليز ميتنر» و«أوتو هان» عنصرياً جديداً وهو البروتكتينيوم - في خام اليورانيوم. وفي عام 1939، أعلنت «ميتنر» وابن عمها «أوتو فريش» (1904-1979) عن انشطار اليورانيوم.

نتائج محير للعقل

درس «أوتو هان» عملية انحلال نويات اليورانيوم بفعل النيوترونات. ومن ضمن النواتج الثانوية لهذا الانحلال نويات الباريوم التي يقدر وزنها بنصف وزن نويات اليورانيوم.

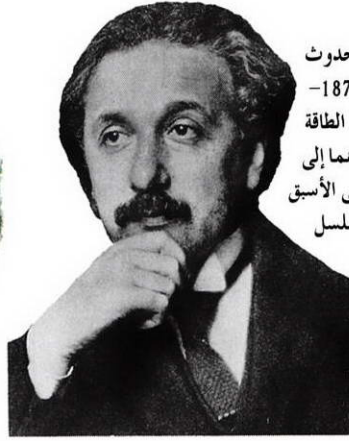
الماء الثقيل

من الممكن التحكم في النيوترونات الموجودة في التفاعل المتسلسل الحادث في المفاعل النووي من خلال مرسل أو مهدئ مثل الماء الثقيل. وهو أثقل من مقدار مساوٍ من الماء العادي بنحو 11 بالمائة.



تتمثل النواتج التقليدية الناجمة عن الانشطار في الباريوم والكربتون

تنشطر النواة إلى نواتين أصغر حجماً

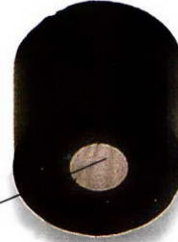


الأب الروحي للقنبلة النووية

في عام 1905 - وبالتحديد قبل أربعين عاماً من حدوث أول انفجار نووي - أوضح «ألبرت أينشتاين» (1879-1955) من خلال نظريته عن النسبية الخاصة أن الطاقة والكتلة متكافئتان ومن الممكن تحويل إحداهما إلى الأخرى. وفي عام 1939، حذر الرئيس الأمريكي الأسبق «روزفلت» من إمكانية استخدام التفاعل المتسلسل لليورانيوم في إنتاج قنبلة جديدة فتاكة.

قضبان المفاعل النووي

تستخدم قضبان الوقود هذه في مفاعلات الماجنوكس النووية. وتتكون هذه القضبان من أعواد طويلة من اليورانيوم الطبيعي مكسوة بالماجنوكس - وهو عبارة عن سبيكة من الماغنيسيوم. وينطلق غاز ثاني أكسيد الكربون في المفاعلات النووية حول القضبان حاملاً الحرارة المتولدة بعيداً.



رصاصة واحدة من أكسيد اليورانيوم

الانفجار الذري

تندفع أجزاء من اليورانيوم أو البلوتونيوم في أثناء الانفجار الذري معاً بفعل المواد المتفجرة لتكون التفاعل المتسلسل. ويختفي تماماً قدر ضئيل للغاية من المادة في الانفجار.

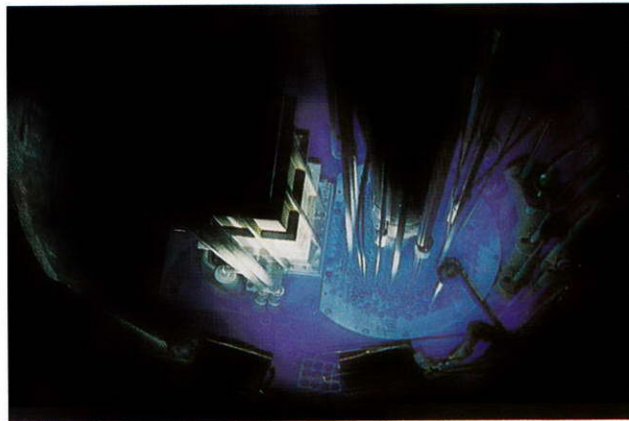
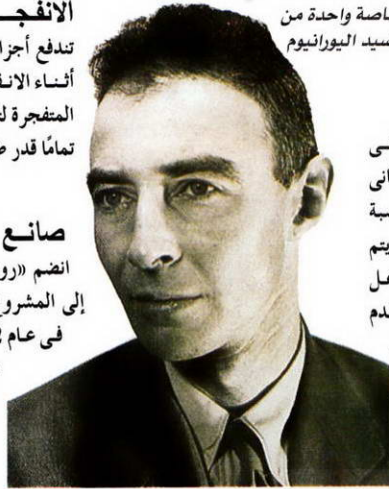
وقود أكثر فاعلية

يحتوي قضيب الوقود هذا على رصاصات من مركب اليورانيوم - ثاني أكسيد اليورانيوم المحتوي على نسبة عالية من اليورانيوم-235. ويتم استخدام هذه القضبان في مفاعل الماجنوكس والمفاعل البريطاني المتقدم الذي يعمل بتقنية تبريد الغاز (AGR).

يبلغ طول قضبان الوقود 1,5 متر (5 أقدام)

صانع القنبلة الذرية

انضم «روبرت أوبنهايمر» (1904-1967) إلى المشروع الأمريكي لتصنيع القنبلة الذرية في عام 1942. وكان مدير المعمل الذي صنع القنابل النووية الأولى. وقد انتهت أبحاثه الذرية عندما سحب التصريح الأمني منه في عام 1954.

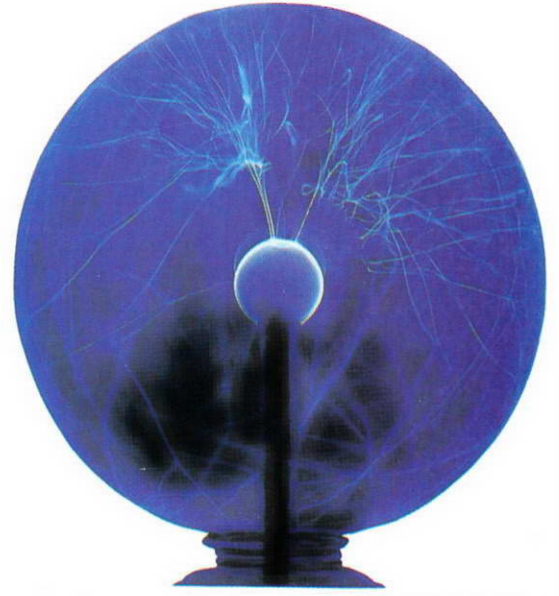


ضوء في مركز المفاعل

يطلق على الوهج الأزرق الغريب الذي يندلع في قلب المفاعل النووي اسم أشعة «شيرينكوف». ويحدث هذا الوهج بفعل الإلكترونات الناجمة عن الوقود ذي النشاط الإشعاعي الذي ينطلق خلال الماء، مطلقاً الضوء. وفي الإمكان التحكم في التفاعل المتسلسل الذي يحدث في المفاعل النووي من خلال قضبان تحتوي على مادة ماصة للنيوترونات مثل الكادميوم. ويتم نقل الحرارة الشديدة في مركز المفاعل بعيداً باستخدام الغاز أو المعدن السائل أو الماء عالي الضغط.

المادة الساخنة

تقف الذرات دون غطاء أو حماية أمام ما تتعرض له من درجات حرارة مرتفعة. ويكشف منظار التحليل الطيفي أسرار الذرات من خلال تحليل الضوء المنبعث منها. حيث يسقط الضوء في منظار التحليل الطيفي على محززة الحيود (أداة تستخدم للحصول على الأطياف استنادًا إلى ظاهرة الحيود وهي عبارة عن سطح مستو يشتمل على آلاف الخطوط) أو المنشور. ويمر الضوء عبر سطح هذه الأداة أو ينعكس ويتحلل إلى ألوان مختلفة. ويتألف ضوء الشمس من ألوان الطيف جميعها وأكثر. وتنتج الغازات الموجودة على سطح الشمس ضوء الشمس عند درجات حرارة تصل إلى ما يقارب 5500 درجة مئوية (حوالي 10000 فهرنهايت). وهنا تُدفع الإلكترونات الخارجية للذرة إلى مدارات أعلى وتشتع الضوء في أثناء سقوطها مرتدةً إلى موضعها الأصلي (ص 50-51). وهذا هو الحال أيضًا داخل الشمس والنجوم ذات درجات الحرارة العالية؛ إذ تُدفع الإلكترونات الداخلية إلى مدارات أعلى. وفي أثناء سقوطها إلى مواضعها الأصلية، يصدر عنها أشعة فوق بنفسجية وأشعة سينية. أما في مراكز الشمس وغيرها من النجوم الأخرى - حيث تصل درجات الحرارة إلى ما يقارب 15 مليون درجة مئوية (حوالي 27 مليون درجة فهرنهايت) - تصبح نويات الذرات عاريةً وملتحمةً ببعضها، وهو الأمر الذي ينتج عنه نويات أثقل وزناً.



داخل كرة الغاز المتعادل (الموئين)

إن تمرير تيار كهربائي شديد الفولتية في مركز هذه الكرة الزجاجية ينتزع الإلكترونات من ذرات الغازات منخفضة الضغط الموجودة بداخلها. ونتيجة لهذا، تتراكم سيول من الإلكترونات فوق بعضها مكونةً خطوطًا براقةً على شكل (خريشات) من الغاز الساخن. ويُطلق على هذا المزيج من الإلكترونات والذرات المشحونة الموجودة في هذه الخطوط اسم الغاز المتعادل أو الموئين.

التوقيع الضوئي

يقوم مقياس الطيف «بقراءة توقيع» المواد من خلال تحليل ضوءها. حيث يمر الضوء أولاً عبر كرة مستطيلة ضيقة داخل تلسكوب صغير يقوم بتكبير الضوء في حزمة ضوئية ضيقة ومتوازية. وتمر هذه الحزمة الضوئية عبر منشور زجاجي وتنتشر، حيث يذهب كل طول موجي (لون) من الضوء في اتجاه مختلف بعض الشيء. ومن خلال النظر في التلسكوب يمكن للمرء رؤية طيف بألوان قوس قزح. وقد يبدو هذا الطيف في شكل مجموعة من الخطوط البراقة أو شريط مستمر من الألوان التي تقطعها بعض الخطوط الداكنة حيث يتم امتصاص الأطوال الموجية.

اللوح الفوتوغرافي

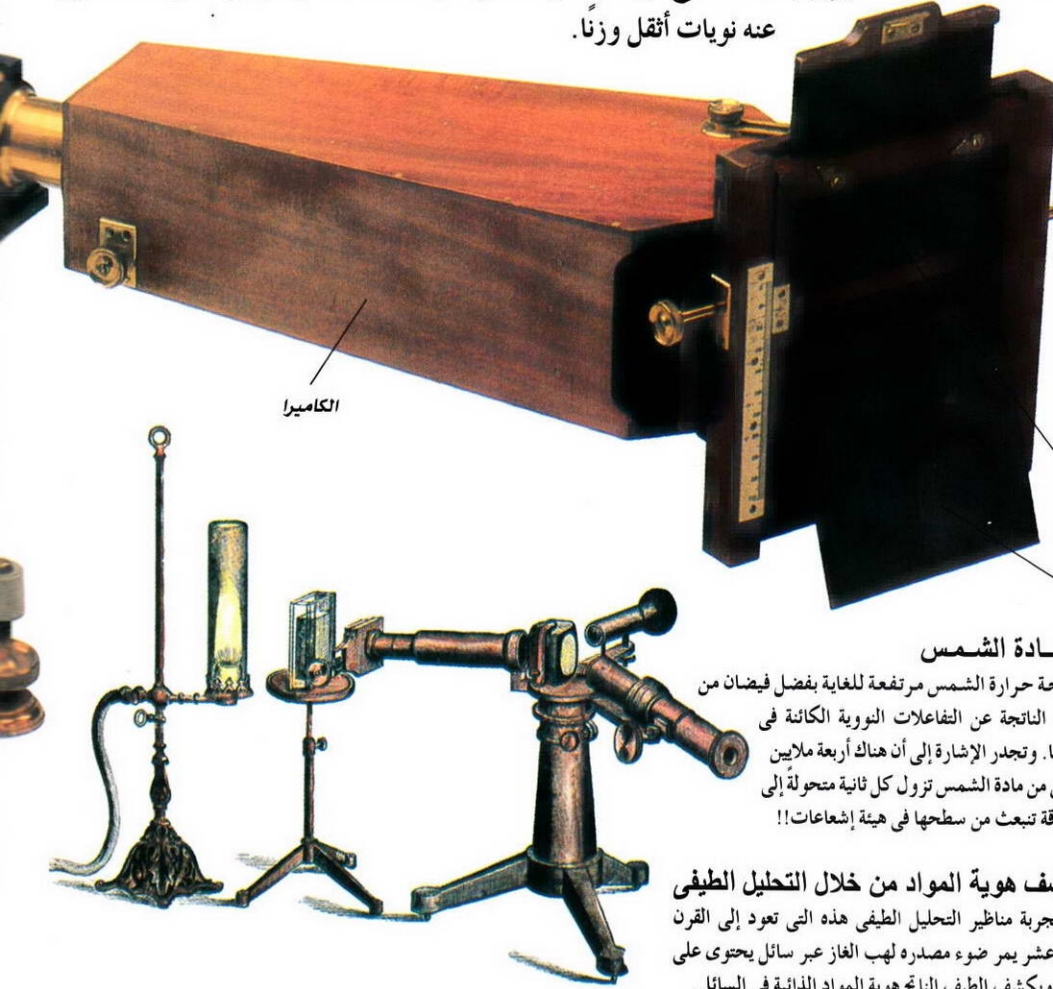
ماسك اللوح

تلاشي مادة الشمس

تظل درجة حرارة الشمس مرتفعة للغاية بفضل فيضان من الطاقة الناتجة عن التفاعلات النووية الكائنة في قلبها. وتجدر الإشارة إلى أن هناك أربعة ملايين طن من مادة الشمس تزول كل ثانية متحوّلة إلى طاقة تنبعث من سطحها في هيئة إشعاعات!!

كشف هوية المواد من خلال التحليل الطيفي

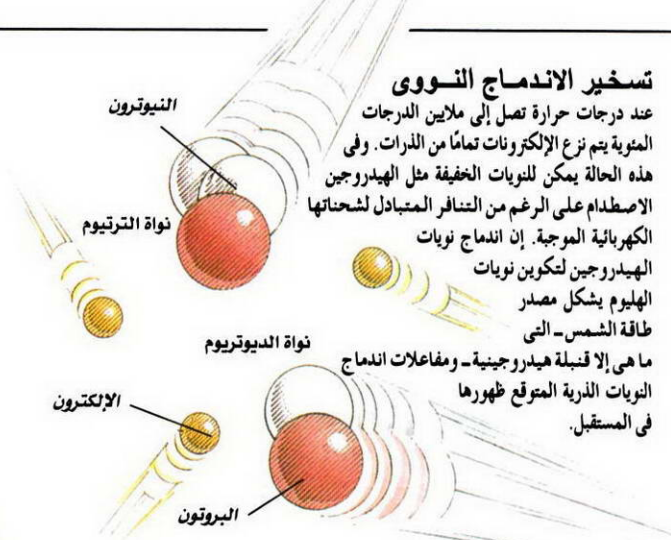
في تجربة مناظير التحليل الطيفي هذه التي تعود إلى القرن التاسع عشر يمر ضوء مصدره لهب الغاز عبر سائل يحتوي على مواد ذائبة. ويكشف الطيف الناتج هوية المواد الذائبة في السائل.



الكاميرا

بناء نويات من خلال عملية الاندماج

يؤدي اندماج النويات الخفيفة إلى انطلاق قدر هائل من الطاقة. ويتميز الهيدروجين باحتوائه على أخف نواة، فهي تحتوي على بروتون واحد فقط. وفي الإمكان دمج نويات الهيدروجين من أجل تكوين نواة واحدة من الهليوم (حيث يتحول بروتونان إلى نيوترونين مما يؤدي إلى تكون نواة هليوم تشتمل على بروتونين ونيوترونين). وفي الوقت نفسه تنطلق الطاقة. وتحدث عملية الاندماج هذه في الشمس والنجوم عبر سلسلة من المراحل، في ظل تكون نويات لفترات وجيزة ثم تحولها إلى نويات أخرى. أما على الأرض فإن نظائر الهيدروجين مثل الديوتريوم والتريوم تستخدم في عملية الاندماج. ويمكن القول إن مخزون الديوتريوم - المعروف أيضاً بالهيدروجين الثقيل - لا حد له لأنه يوجد في المحيطات.



تسخير الاندماج النووي

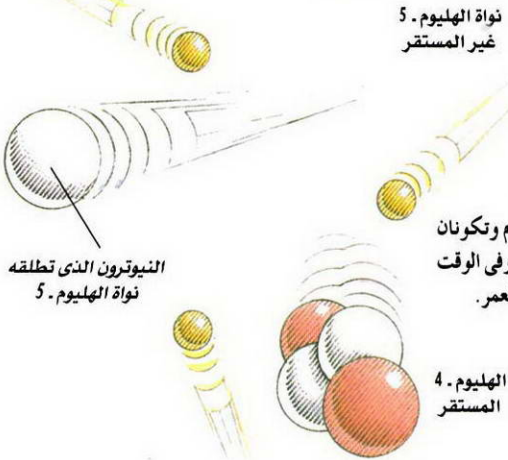
عند درجات حرارة تصل إلى ملايين الدرجات المئوية يتم نزع الإلكترونات تماماً من الذرات. وفي هذه الحالة يمكن للنويات الخفيفة مثل الهيدروجين الاصطناعي على الرغم من التناثر المتبادل لشحنتها الكهربائية الموجبة. إن اندماج نويات الهيدروجين لتكوين نويات الهليوم يشكل مصدر طاقة الشمس - التي ما هي إلا قنبلة هيدروجينية - ومفاعلات اندماج النويات الذرية المتوقع ظهورها في المستقبل.

1 أساليب تكون النويات

ثمة العديد من الأساليب التي يمكن عن طريقها لنويات الهليوم أن تتكون من نويات الهيدروجين. وتتضمن إحدى العمليات نظيرين من الهيدروجين - وهما الديوتريوم والتريوم. وتشتمل نواة الديوتريوم على بروتون واحد ونيوترون واحد. أما التريوم، فهو يشتمل على بروتون واحد واثنين من النيوترونات. وعند تسخين غاز مؤلف من هذين النظيرين لملايين الدرجات، يتشكل الغاز المؤين وتصطدم النويات ببعضها بين الحين والآخر.

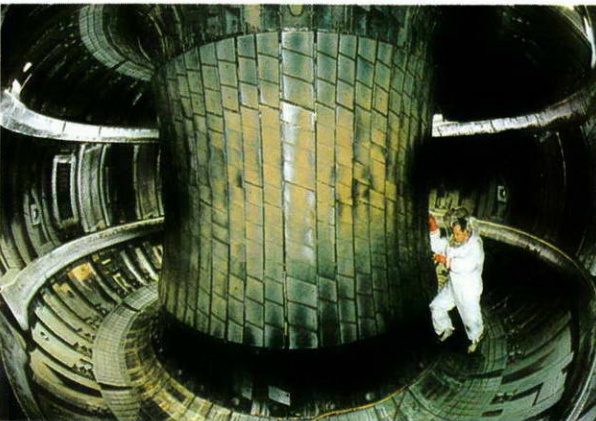
2 تكون غاز الهليوم - 5

تصطدم نواتا الديوتريوم والتريوم وتكونان نواة غاز الهليوم - 5 لفترة وجيزة. وفي الوقت ذاته، تتكون نويات أخرى قصيرة العمر.



3 الحفاظ على سخونة الغاز المؤين

تطلق نواة (الهليوم - 5) نيوتروناً واحداً وتبعث الأشعة. وتبقى نواة (الهليوم - 4) المستقر. ويتم امتصاص طاقة النيوترون والأشعة بفعل الغاز المؤين، أو بواسطة المادة المحيطة، وتتحول إلى حرارة. ويجب في كل الأحوال عدم تبريد الغاز المؤين من خلال اتصاله بالمادة الأخرى، بل يجب حبسه داخل المجالات المغناطيسية. ولكي تتم الأمور بفاعلية، فإن عملية الحبس هذه يجب أن تستمر لمدة كافية حتى يطلق التفاعل مزيداً من الطاقة تفوق قدر الطاقة اللازم لإدخاله لانطلاقه.



رجل النجوم

في عام 1939، كان «هانز بيته» (1906 -) أول عالم يقدم تفسيراً لكيفية تزود الشمس والنجوم بالطاقة بشكل أساسي من خلال اندماج الهيدروجين مكوناً الهليوم. كما كان عضواً في فريق العمل الذي تولى تنفيذ مشروع تصنيع القنبلة الذرية.



المنشور مثلث الشكل يشئ الضوء البنفسجي بأقوى ما يكون والضوء الأحمر بأقل ما يكون

الحلقة الدائرية

ينتشر الغاز المؤين في مفاعل الاندماج الذري في حلقة على شكل كعكة مجوفة - أو على شكل حلقة دائرية - ويتم الإبقاء عليه عند درجة ضغط منخفضة للغاية. وتوضح الصورة التصميم الداخلي لمفاعل الاندماج الذري المعروف اختصاراً باسم JET، والذي تشرف على تشغيله 14 دولة أوروبية في إطار مشروع مشترك بينها. يلف التيار الكهربائي الموجود في الأسلاك الملفوفة حول الحلقة الدائرية محدثاً مجالاً مغناطيسياً قوياً يحاصر الغاز المؤين ويمنع تسربه. كما أن انفجارات الطاقة الناجمة عن المجال تسخن الغاز المؤين. أما في داخل الحلقة الدائرية، فقد ترتفع درجات الحرارة لتصل لحوالي 300 مليون درجة مئوية (550 مليون درجة فهرنهايت تقريباً).

الجسيمات دون الذرية



بدا في أوائل الثلاثينيات من القرن الماضي أن الذرة تتألف من ثلاثة أنواع من الجسيمات: البروتون والنيوترون والإلكترون. لكن سرعان ما اكتشف المزيد من الجسيمات. فقد شك البعض في وجود النيوترونين «جسيم عديم اللون يعمل على نقل الطاقة عند انحلال النيوترون» (ص 53). ثم تم اكتشاف الميون «وهو أشبه ما يكون بالكترون ثقيل» والبيون «الذي يربط البروتونات والنيوترونات معاً في النواة» في الأشعة الكونية. وتم بناء المعجلات التي تزيد سرعة تصادم الجسيمات بالنويات، مما يؤدي إلى تكوين جسيمات جديدة. وثمة مئات الجسيمات التي أصبحت معروفة اليوم. وتنقسم هذه الجسيمات إلى فئتين رئيسيتين، هما الهادرونات واللبتونات. وتضم فئة الهادرونات البروتونات والنيوترونات وهي تتألف من أزواج أو مجموعات ثلاثية من الكواركات التي لا ترى منفردة أبداً. أما الفئة الأخرى وهي اللبتونات، فهي تضم الإلكترونات والنيوترينات.

إنشاء المسارات

توضح آثار قطرات الماء الصغيرة في الغرفة الغيمية مسارات الإلكترونات والبوزيترونات (وهو جسيم مماثل للإلكترون لكنه يحمل شحنة موجبة). ونظراً لشحنتهما الكهربائية المتعارضة، فإنهما ينحنيان في اتجاهات مختلفة في المجال المغناطيسي للغرفة الغيمية. ويدور الإلكترون الذي أطلق بالقرب من الجزء السفلي من الصورة بمعدل 36 مرة قبل أن يفقد طاقته.

يتحرك المكبس الموجود في أسفل الغرفة الغيمية لتكوين بخار الماء الذي يتكثف على مسارات الجسيمات في أثناء مرورها

تحتوي الغرفة على بخار الماء

اكتشافات مذهلة

كانت الغرفة الغيمية - التي ابتكرها تشارلز ويلسون (1869-1959) في عام 1911 - أول أداة تستخدم في الكشف عن الجسيمات دون الذرية المنطلقة في الهواء. وتمثلت طريقة عمل هذه الغرفة في تمرير جسيمات مستمدة من مصدر ذي نشاط إشعاعي عبر غرفة زجاجية وتحتوي على هواء وبخار ماء. وتصطدم الجسيمات داخل الغرفة الزجاجية بالكترونات الذرات الموجودة في الهواء طاردة إياها ومخلقة أيونات (ذرات غير مكتملة) موجبة الشحنة. ثم يتم خفض الضغط داخل الغرفة فجأة ويتكثف بخار الماء على الأيونات مكوناً خطوطاً من القطرات الصغيرة.

لخفض المكبس يتم تضيغ القارورة من الهواء؛ إذ يتم فتح الوصلة الواقعة بين القارورة والفضاء أسفل المكبس، ويخفض المكبس فجأة إلى الأسفل



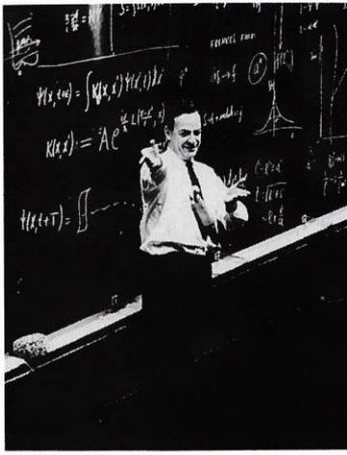
الألواح السلبية الزجاجية لصور الغرفة الغيمية

صور الجسيمات

توضح الألواح الفوتوغرافية لمسارات الغرفة الغيمية في الغالب الجسيمات التي يتم تكوينها وتدميرها. ومن خلال قياس هذه الآثار يمكننا الكشف عن الشحنة الكهربائية للجسيمات وكذلك كتلتها وسرعتها.

دوامة الجسيمات

يقوم السيكلوترون - الذي ابتكره «إرنست لورنس» (1901-1958) في عام 1930 - بزيادة سرعة الجسيمات ودفعها بقوة داخل نويات الذرات لتكوين جسيمات جديدة. وقد احتوى الصهريج المفرغ لجهاز السيكلوترون والموضح في الصورة على صندوق معدني على شكل قبة. وتدخّل الجسيمات المشحونة إلى الصندوق الموجود في منتصف الجهاز، ويحركها المجال المغناطيسي في دائرة صغيرة حيث يكون نصفها داخل الصندوق والنصف الآخر خارجه. ويتم تعريض الصندوق لمستويات متغيرة من التيار الكهربائي بشكل سريع مما يدفع الجسيم عندما يترك الصندوق المعدني أو يعاود دخوله. ويدور الجسيم إلى الخارج منتقلاً بسرعة أكبر وأكبر إلى أن يغادر السيكلوترون.



نكات عن الفيزياء

فاز «ريتشارد فينمان» (1918-1988) بجائزة نوبل مناصفة مع عالم آخر في عام 1965 وذلك لجهوده في مجال الكشف عن القوى بين الجسيمات والأشعة الكهرومغناطيسية. وكان ينظر إليه على اعتبار أنه معلم ألمعي كما اشتهر بمداعباته ومزاحه.

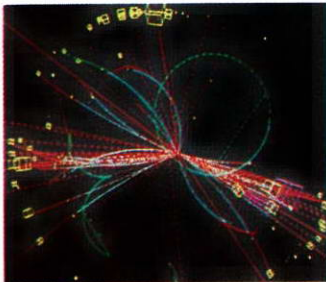


مخطط فينمان

تمثل هذه الخريشات الغربية مخطط «فينمان». ويوضح هذا المخطط أن القوة الكهرومغناطيسية بين الإلكترونات تنشأ عندما تتبادل الإلكترونات فوتوناً (الذي يعد «ناقل» القوة الكهرومغناطيسية - انظر ص 60-61).

رغوة الجسيمات

احتوت الغرفة الفقاعية هذه - والتي تم ابتكارها في عام 1956 - على الهيدروجين السائل عند درجة حرارة منخفضة وضغط مرتفع. وقد تم تحرير الضغط فجأة ومررت الجسيمات عبر الغرفة. وغلى السائل على أثر الذرات المشحونة التي خلفتها الجسيمات. وقد تم تصوير الخطوط تلك وأعيدت تعبئة الغرفة بالضغط سريعاً مرة أخرى.



إعادة تكوين الحدث

يتم استخدام أجهزة الحاسب الآلي الآن في إعادة تكوين الأحداث دون الذرية. وتوضح الصورة محاكاة حاسوبية لانحلال جسيم Z - وهو أحد ناقلات القوة النووية الضعيفة (ص 60 - 61).

يتم إحكام غلق الصهريج المفرغ وإخراج الهواء منه

صندوق معدني على شكل قبة

الصهريج المفرغ للسيكلوترون

مصدر البروتونات

تحتوي الغرفة

الفقاعية على الهيدروجين السائل



الدائرة السحرية

يشتمل المعالج Tevatron الكائن في ولاية إلينوي بالولايات المتحدة على جهازين لزيادة السرعة واحد فوق الآخر. ويقوم الجهاز العلوي بتغذية الجهاز الثاني السفلي الأكثر قوة بالجسيمات.

انحلال جسيم

في هذه الصورة للغرفة الفقاعية والمعروضة بلون لا يمثل لونها الفعلي، يصطدم البروتون ذو السرعة العالية (الموضح باللون الأصفر الموجود بالأعلى) ببروتون موجود في ذرة الهيدروجين ويختفي وهو ما ينتج عنه تكون وإبل من الجسيمات. ولا يترك الجسيم الذي لا يحمل أي شحنات - ويسمى «لامبدا» - أي أثر، لكنه يكشف عن نفسه من خلال «الانحلال» إلى بروتون وبيون (يظهران في منتصف الصورة باللون الأصفر والأرجواني).

الغرفة السفلية

كوة لمشاهدة المسارات

عند استخدامها، تتمركز الغرفة الفقاعية في الغرفة السفلية ويتم ضبط درجة الحرارة بها عند درجة منخفضة

القوى الأربع



قوة ليست بضعيفة للغاية

تستمد الشمس طاقتها من القوة النووية الضعيفة المسئولة عن تحويل الهيدروجين إلى هليوم في مركز الشمس (ص57). وفي ظل الظروف الأقل حدة على الأرض؛ فإن القوة النووية الضعيفة توجد في النشاط الإشعاعي. ولا يمتد تأثير هذه القوة إلى ما هو أبعد من النويات الذرية، ولم يكن في الإمكان اكتشافها إلى أن أثبت العلماء السبل الثقيلة بسبر أغوار الذرة. وقد اكتشفت الجسيمات المسئولة عن نقل القوة الضعيفة - وهي الجسيمات W^+ و W^- و Z^0 - في عام 1983 بين حطام تكون عند اصطدام جسيمات دون ذرية في معجل عملاق.

إن جميع أشكال المادة عرضة لأربع قوى: الجاذبية والطاقة الكهرومغناطيسية والطاقتان النوويتان الضعيفة والقوية. تبقى الجاذبية الناس على سطح كوكب الأرض، وتبقى الكواكب الأخرى في مداراتها حول الشمس. بينما تبقى الإلكترونات في الذرات بفعل الطاقة الكهرومغناطيسية - وهي قوة أكبر بكثير من قوة الجاذبية. أما الطاقة النووية الضعيفة - وهي أضعف بمئات آلاف ملايين المرات من الطاقة الكهرومغناطيسية - فهي تدخل ضمن النشاط الإشعاعي والاندماج النووي (ص56-57)، تؤثر الطاقة النووية القوية - وهي تفوق في قوتها الطاقة الكهرومغناطيسية بمئات المرات - على الجسيمات التي تدعى الكواركات. وتتألف البروتونات والنيوترونات وغيرها من الجسيمات الأخرى من أزواج أو مجموعات ثلاثية من جسيمات الكواركات. الطاقة الكهرومغناطيسية تحملها جسيمات تسمى الفوتونات، بينما القوة النووية الضعيفة تحملها جسيمات Z و W ، وتحمل القوى النووية القوية جسيمات يطلق عليها اسم جلون. كما يحتمل أن تكون ثمة جسيمات هي التي تحمل الجاذبية، وقد أطلق على هذه الجسيمات اسم جرافيتون. يوجد اتحاد بين الطاقة الكهربائية والطاقة الكهرومغناطيسية؛ وذلك لأن الطاقة الكهربائية في حركتها تنتج مجالات مغناطيسية، والمجالات المغناطيسية المتغيرة تنتج فولتات كهربائية. وتتحد الطاقة الكهرومغناطيسية بدورها بالقوة النووية الضعيفة وذلك لأنهما

يندمجان عند الطاقات ودرجات الحرارة فائقة الارتفاع مكونين قوة كهربائية ضعيفة واحدة. ويأتي الدليل على صحة هذه الأقوال من الأفكار التي تدور حول اللحظات الأولى للانفجار العظيم (ص62-63) ومن التجارب التي تم إجراؤها في معجلات الجسيمات. ويعمل علماء الفيزياء في الوقت الحالي على تطوير نظرية تشكل فيها القوى الأربع جميعها جوانب لقوة فائقة.



قوة الجذب

إن الجاذبية هي القوة المتحركة في النظام الشمسي يرمته - فهي تمسك بالكواكب والكويكبات والمذنبات والأجسام الأصغر حجماً في مداراتها حول الشمس. وتمسك الجاذبية كذلك - بقوة - بأبعد الكواكب المعروفة - ونعني هنا كوكب بلوتو - على الرغم من أنه يبعد أكثر من 7,000,000,000 كيلو متر (حوالي 4,000,000,000 ميل) عن الشمس. لكن قوة الجاذبية تتعدى هذا الحد بكثير، فجاذبية مجموعات المجرات التي تبعد ملايين السنين الضوئية هي التي تبقى عليها مجتمعة بالقرب من بعضها. وبالرغم من هذا فهي أضعف القوى الأربع. وهي تسيطر على الكون نظراً لأنها بعيدة المدى، بينما لا تمتد هيمنة القوة النووية الأشد تأثيراً للغاية إلى ما هو أكثر من نويات الذرات. وتمتاز الجاذبية بطبيعتها التراكمية؛ فهي تجذب دائماً ولا تطرد (تنفر) مطلقاً، لهذا فعند تراكم المادة في شكل أجسام في حجم الكوكب أو النجم، تنشأ قوة جاذبية هائلة. كذلك، فإن القوى الكهرومغناطيسية بعيدة المدى هي الأخرى، لكنها على عكس الجاذبية يمكنها الجذب والتنافر، وإن كانت تلغي قوتها هذه بشكل عام.

المبيان - أداة ميكانيكية تبين حركات ومواقع الكواكب في النظام الشمسي

الشمس

تفاعلات يومية

من السهولة فهم الكثير من القوى، مثل الأسلوب الذي من خلاله تتماسك المواد مع بعضها وقوة الاحتكاك بين الأشياء. هذان مثالان على القوة الكهرومغناطيسية، والجاذبية هي القوة الأخرى ذات الوضوح الطاعى فى حياة البشر. وتوضح القوة الكهرومغناطيسية وقوة الجاذبية فى التسلسل التالى.

1 القيام بإحداث الأمور

تسقط الكرة على الأرض لأن جاذبية الأرض جذبتها إليها، لكن الكرة تجذب الأرض بنفس القوة بالضبط. مع هذا، فإنه نظراً لكتلة الأرض الهائلة التى تفوق كتلة الكرة، فإنها لا تتحرك بشكل واضح بينما تتحرك الكرة بسرعة أكبر كثيراً. ويوصف هذا الأمر بأنه يدخل ضمن نطاق اكتساب طاقة الحركة أى الطاقة الحركية. ويمكن تعريف الطاقة بأنها القدرة على إحداث الأمور- على سبيل المثال تكسير مجموعة من الأشياء وزيادة حرارتها، وتحريكها.

تبادل الرسائل

عند تفاعل جسيمين من خلال إحدى القوى الأربع الأساسية، فإنهما يتبادلان رسلاً من الجسيمات بشكل مستمر. وتؤثر الجسيمات حاملة الرسائل فى حركات الجسيمات الأخرى مثل تأثير كرة التنس على حركات لاعب التنس. وقد تأخذ القوة شكل تنافر أو جذب.



قوة الجاذبية تجذب الكرة إلى الأرض، وتجذب الكرة الأرض بالقدر ذاته من القوة

2 اصطدام الكرة

عند ارتطام الكرة بالأرض، فإن قوة السجاذبية تعارضها القوة المغناطيسية الكهربائية. حيث تتناثر الإلكترونات الموجودة فى الطبقات الخارجية من ذرات كل من الكرة والأرض. لكن الدفع العلوى للقوة المغناطيسية الكهربائية يتغلب على الجذب السفلى للجاذبية. وعليه تتوقف الحركة فجأة، لكن الطاقة الحركية للكرة تتحول إلى أشكال أخرى. فيتشتت بعضها عبر مادة الكرة والأرض فى شكل حرارة. ويخزن البعض الآخر فى شكل طاقة الحمل (طاقة تنتظر أن تحرر) فى داخل الكرة. وتعرض القوى الكهرومغناطيسية بين الذرات للتشويه بفعل تأثير ومحاولة استعادة الكرة لحالتها العادية. وعندما تنجح هذه المساعى تستعيد الكرة طاقتها الحركية.

الكشف عن الكواركات

تتمثل أقوى القوى جميعها فى القوة النووية القوية، والتي تحسبها جسيمات الكواركات فقط. فهى تربط جسيمات الكواركات بإحكام مع بعضها، ولم يلحظ إلى الآن وجودها منفردة. وخلال ثمانينيات القرن الماضى، كان الدليل على القوة الفعالة التى تحمل الكواركات والقوة الضعيفة هى التجارب التى أجريت فى ذلك المعجل العملاق الذى يطلق عليه اسم سنكروترون البروتون الفائق.



3 الطاقة الكامنة

يتم تحويل الطاقة الكامنة التى خزنت من لحظة إلى لحظة فى الكرة إلى طاقة حركية، وعليه تنطلق الكرة إلى أعلى. ومع ارتفاع الكرة فى الهواء، فإنها تفقد طاقتها الحركية. وعند سقوطها مرتدة إلى الأرض بعد ذلك، فإنها سوف تستعيد سرعتها؛ لذا يوصف هذا الأمر بأنه تحول الطاقة الحركية إلى طاقة كامنة عند ارتفاع الكرة. وفى هذه الحالة، ترتبط الطاقة الكامنة بالارتفاع فوق الأرض.

تتحول الطاقة الكامنة إلى طاقة حركية ومن ثم تقفز الكرة إلى أعلى

المقدار المستقر

فى أى نظام منعزل نجد أن مقدار الكتلة الإجمالى والطاقة لا يتبدد لكنه يحفظ. على سبيل المثال، نجد فى المحرك البخارى أن طاقة الوقود الكيميائية تتحول إلى طاقة حرارية متمثلة فى النيران والبخار. وتتحول هذه الطاقة الحرارية بدورها إلى طاقة حركية متمثلة فى حركة

العجلات التى يدفعها المحرك. ويحفظ القدر الإجمالى من الكتلة والطاقة دائماً بصرف النظر عن أى من القوى الرئيسية الأربعة المتضمنة فى العملية.



ميلاد وموت المادة



نستطيع القول إن المقدار الكلي للكتلة والطاقة في الكون لا يتغير أبداً. وتبعاً لنظرية تتمتع بقبول واسع من الكثيرين، فإن الكون اشتمل قبل مليارات السنوات الماضية على مادة وطاقة ذات كثافة وحرارة عاليتين للغاية، لكنهما تعرضتا للانفجار في الانفجار الكوني

العظيم. وحين تمدد الغاز وبرد، كونت جسيمات الكواركات البروتونات والنيوترونات، والتي كون بعض منها نويات الهليوم. وفي نهاية المطاف، تكونت ذرات الهيدروجين

والهليوم الكاملة. ثم تكثف الغاز في شكل سحب بحجم المجرات، والتي انقسمت إلى نجوم. وقد ينهار الكون في المستقبل البعيد، ويجدد شبابه من خلال انفجار كوني عظيم جديد ويتمدد من جديد، لكن الاحتمال

الكون العنيف
اعتقد علماء الفلك الأوائل أن النجوم كانت ساكنة وغير متغيرة. لكن اتضح الآن أنها تولد وتحيا حياة عنيفة ثم تموت.

الأكثر ترجيحاً هو أن الكون سيتمدد دائماً. وبعد أفول آخر نجم، فقد تنحل حتى البروتونات إلى جسيمات أخف كثيراً وقد ينتهي الكون إلى هيئة بحر من الإلكترونات والنيوترينات وأشكال من الإشعاع.

العودة بعقارب الساعة إلى الوراء لا يمضي الزمن بالضرورة قدماً، أو حتى بالسرعة ذاتها. وإذا قدر للكون الانهيار، فمن المحتمل أن يعود الزمن للوراء. ويمكن القول إن حركة الزمن تتباطأ بالنسبة للأجسام عالية السرعة - فرائد الفضاء الموجود في مدار في الفضاء لمدة عام يهرم بصوراً ببطء (بمقدار واحد على مائة من الثانية) من الأناس الذين يعيشون على سطح الأرض. بل إنه حتى السفر عبر الزمن قد يكون أمراً ممكناً. إذ ترى بعض النظريات أنه من الممكن أن تتصل منطقتان من الكون من خلال «ثقب دودي»، يمر عبر أبعاد أخرى. وقد يظهر الجسم الذي يدخل طرف الثقب الدودي ثانية من الطرف الآخر مبكراً.

البذور المتبعثرة

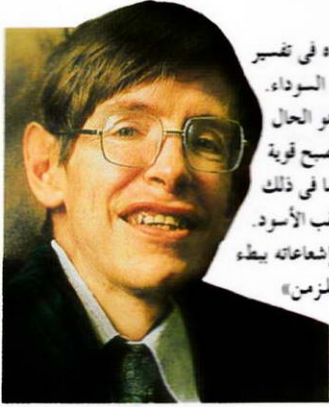
إن سديم السرطان عبارة عن كتلة غازية نجمت عن انفجار نجم مستعر أعظم (سوبرنوفا)، شاهده علماء الفلك الصينيون في عام 1054، وهذا الغاز غني بالعناصر التي تكونت في قلب النجم، وستبعثر هذه العناصر خلال الفضاء، وسيندمج بعضها في كواكب جديدة في أثناء ولادتها. وتجدر الإشارة إلى أن جميع العناصر الموجودة في أجسادنا تكونت في بعض النجوم العملاقة العتيقة التي انفجرت.

جاذبية المادة المظلمة

إن المجرات عبارة عن مجموعات ضخمة من النجوم والغاز والغبار. وقد يستغرق الضوء الذي ينتقل بسرعة 300,000 كيلو متر (حوالي 200,000 ميل) في الثانية - حوالي 100,000 سنة لعبور إحدى المجرات. تتجمع المجرات في شكل حشود تندفع مبتعدة عن بعضها. وقد يكون ثمة مادة مظلمة لم تكتشف في المساحات الشاسعة التي تمتد بين المجرات. وقد تكون جاذبية هذه المادة المظلمة كافية لإبطاء سرعة تمدد المجرات وانهارها.

التاريخ الموجز للثقوب السوداء

يشتهر «ستيفن هوكنج» (1942-) بجهوده في تفسير ميلاد الكون وكذلك بنظرياته المتعلقة بالثقوب السوداء. عندما تصبح المادة كثيفة بدرجة مفرطة كما هو الحال في قلب أحد النجوم المنفجرة؛ فإن جاذبيتها تصبح قوية للغاية لدرجة أن كلاً من المادة والأشعة - بما في ذلك الضوء - يتحسبان بداخلها. ويسمى هذا بالثقب الأسود. أوضح «هوكنج» أن الثقب الأسود يث إشعاعته بيضاء شديدة. ويُعد كتابه «التاريخ الموجز للزمن» أو (A Brief History of Time) الصادر في عام 1988 أكثر أعماله الفكرية رواجاً.



قدرة الخالق

ارتبط اسم «فريد هويل» (1915-) بنظرية «الحالة المستقرة»، والتي تنفي حدوث الانفجار الكوني العظيم، وترى أن المادة تتكون دائماً خلال الفضاء. ويرى «هويل» أن ثمة بعض القوانين الفيزيائية تم وضعها بواسطة قوة فائقة الذكاء لإيجاد الظروف التي تجعل تطور الحياة القائمة على الكربون ممكنة.



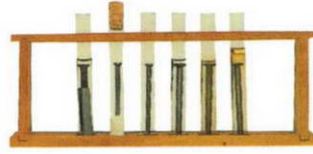
العودة إلى البداية

إن أقوى الأدلة المتاحة للعلماء - إلى الآن - عن نظرية الانفجار الكوني العظيم هي إشعاع الخلفية الكونية. وهي عبارة عن أشعة ذات موجة صغيرة يمكن الكشف عن وجودها من خلال التلسكوبات الراديوية الضخمة مثل ذلك الموضح في الصورة. وتأتي الأشعة دائماً من جميع الاتجاهات في السماء بنفس القوة، ويُعتقد أنها تنتقل عبر الفضاء منذ أن كان عمر الكون 100,000 عام. وحتى وقتنا هذا يعتقد أن الكون قد تكون من غاز متعادل (مؤين) ساخن وتمدّد (ص56-57). ثم برد هذا الغاز بدرجة كافية سمحت للإلكترونات والنويات بالارتباط وتكوين الذرات الأولى المكتملة.



من الممكن للزمن أن يعود للوراء في ظل الظروف العنيفة الموجودة في الكون!!

- (أ)
الاحتراق 29، 30-31
الأحماض الأمينية 43
أرسطو 8
أستون، ف. و. 52
الأشعة (الإشعاعات) 56، 62، 63
الأشعة الكهرومغناطيسية 6، 59
الفوتونات 51
النيوترونات 53
الأشعة السينية 6، 46، 56
أشعة الكاثود 48، 49
الأشعة الكهرومغناطيسية 46، 59
الأشعة الكونية 58، 63
أفلاطون 9
أفوجادرو، أميديو 37
الأكسجين 6، 7، 16، 18
الاحتراق 30-31
في الهواء 34، 39
في الفحم 40
في الماء 36، 51
الغاز 21، 22
الإلكترونات 62، 63
الإشعاع 46-47
الفوتونات 59، 60
في الذرات 48-49، 52، 53، 58
المدارات 50، 51، 56
الألومنيوم 14، 16، 23
إمبيدوقليس 8
الانحلال 12
الانحلال الإشعاعي 54، 58، 59، 62
الانفجار العظيم 60، 62، 63
أوينهايمر، روبرت 55
أينشتاين، ألبرت 38، 55
الأيونات 33، 46، 51، 58
- (ب)
باركس، ألكسندر 44
باستور، لويس 42
باكلاند، ليو 44
براماه، جوزيف 18
براون، روبرت 38
برمنجنات البوتاسيوم 20، 29
البروتونات 52، 53، 58-59، 60، 62
بريستلي، جوزيف 21
بسمر، هنري 16
بلاك، جوزيف 23
البوروات 12، 14-15، 29، 30-31
برمنجنات البوتاسيوم 20
الكربون 40، 41
اليورانيم 46
البناء الضوئي 21
بنزن، روبرت 31
بور، نيلز 50، 51
بولتسمان، لودفيغ 39
بويل، روبرت 26، 39
بيته، هانز 57
بيرزيليوس، جونز جاكوب 37
بيرين، جين 38
بيكون، فرانسيس 11
بيكيريل، أنطوان 46
- (ت)
التحليل الطيفي 32، 33، 56
التحليل الكروماتوجرافي 26
التحليل الكهربائي 32، 49، 50، 51
- تحويل العناصر 48، 49
الترمومتر 11، 16
تشارلز، جيمس 47، 52، 53
تشارلز، جاك 21، 39
التفاعلات الكيميائية 11، 20، 28، 30
التلسكوب 10، 57
التلسكوب الراديوي 63
التوتر السطحي 18، 19
تورشميلي، إيفانجيلستا 20، 21
التيار الكهربائي 16، 17، 32
تيندال، جون 22
- (ث)
ثاني أكسيد الكربون 7، 20، 21، 26، 37
غاز الكربون 28
في الهواء 29، 34
النباتات 42
الثقوب السوداء 63
- (ج)
الجادبية 60-61، 63
جاليلي، جاليليو 13
الجدول الدوري 32-33
الجرافيت 40-41
الجزئيات 7، 35، 36، 37، 50
الجزئيات الصناعية 44-45
الحرارة 38-39
الحركة 20، 38-39
الغذاء 21
الجسيمات دون الذرية 58-59، 60
جول، جيمس 39
- (ح)
حالات المادة 22-23، 38
الحامض النووي الريبي منقوص الأكسجين 42-43
الحديد 12، 16، 27
الحرارة 6، 16، 20، 22، 30
الحرارة الكامنة 23
السوائل 18
الشغل 38، 39
الطاقة 61
الحفريات 28، 40
- (خ)
الخليط 6، 26، 27
- (د)
دالتون، جون 34
دو شاردونيه، هيلير 44
ديفي، همفري 32
ديموقريطس 8
- (ذ)
الذرات 7، 12، 35، 56
انشطار الذرات 54-55
البوروات 14، 15
بنية الذرات 8، 9، 18، 34، 48-49، 50-51
التحليل الكهربائي 33
الجزئيات 36-37
الحرارة 30، 38
الذرات الأولى 63
الغازات 20
القوى 45، 60
الكربون 40-41
النشاط الإشعاعي 46
الذهب 11، 16، 17
- التنقيب عن الذهب 26
- (ر)
رذرفورد، إرنست 46-47، 48، 49، 50، 52، 53
الرصاص 6، 11، 24
قذائف الرصاص 22
الركاز (الغمام) 6، 15، 16
روابط التكافؤ 40
الروابط الكيميائية 36، 43، 50، 51
روزفلت، فرانكلن 55
- (ز)
الزئبق 16، 20
السيانك 6، 14، 16
سبيكة البرونز 16، 17
سبيكة النحاس 12، 13، 17
- (س)
ستال، جورج 30
السوائل 7، 11، 13، 18-19
البوروات 15
حالة المادة 6، 12، 22
الذرات 34، 38
القياس 10
- (ش)
شحنة كهربائية 48، 51، 52، 53، 58، 59
الشمس 9، 28، 56، 57، 60
- (ص)
صناعة الزجاج 24-25
الصوديوم 12، 18
- (ض)
الضوء 6، 20، 30، 51، 63
ألوان الضوء 32، 56
- (ط)
الطاقة 54، 55، 57، 58، 62
الأشكال 6، 61
التخزين 41
المدارات 50، 51
الطاقة الحركية 61
الطاقة الكامنة 61
الطاقة الكهربائية 39
طاليس 8
طومسون، ج. ج. 48-49
- (ع)
عداد جيجر 47، 53
علماء الكيمياء القديمة 11، 46
عمر النصف 49
العناصر 16، 20، 26، 62
الاكتشاف 32، 33، 34
التحليل الكهربائي 50
نظرية العناصر 8، 9
- (غ)
الغاز المتعادل 56، 57، 63
الغازات 6، 7، 12، 18، 20، 21
حالات المادة 22
ذرات 34، 37، 38
ضغط 39
مركبات 26
الغازات العاملة 33
- (ف)
فاراداي، مايكل 50، 51
فان ليفينهوك، أنتون 10
الفوتونات 51، 59، 60
- فولتا، أليساندرو 32
فولر، باكمينستر 41
فولر، فريدريك 42
فون جيريك، أوتو 20
فون ليبيج، يوستوس 27
فيرمي، إنريكو 54
فيلو البيزنطي 10
فينمان، ريتشارد 59
- (ق)
القنابل النووية 28، 54، 55
القوة الكهرومغناطيسية 60-61
القوى 8، 12، 18، 59، 60-61
القوى الكهربائية 37
القوى النووية 59، 60
- (ك)
الكالسيوم 36، 37
كانيتسارو، ستانيسلاو 37
الكتلة 6، 55، 58
الكتلة في الكون 61، 62
الكربون 16، 35، 50
الحياة 63
دورة الكربون 42
مركبات الكربون 27، 40-41
نظائر الكربون 53
كروكس، ويليام 33، 46، 48، 49
الكروم 31-30
كريك، فرانسيس 42، 43
كلوريد الصوديوم 27، 32
اختبار اللهب 32
الأيونات 33، 51
الكهرباء 49، 60
الكواركات 58، 60، 62
كوري، ماري وبير 46
كولبير، إدموند 10
الكون 6، 8، 61، 62-63
الكوت رمفورد 38
كيتكوليه، فريدريك 40
- (ل)
لافوازييه، أنطوان 28، 30
لافوازييه، ماري آن 28
اللاهب 28، 30
اللدائن 44-45
اللهب 30-31، 56
اختبار اللهب 32
لورنس، إرنست 59
- (م)
الماء 7، 8، 9، 7، 22، 23
البخار 20، 31، 34، 58
الجزئيات 6، 18، 36
طاقة الماء 19
المادة الحية 6، 7، 10، 7، 40، 41، 42-43
الحيوانات 13
النباتات 21، 28
الماس 13، 40، 41
المجال الكهربائي 15، 48، 49، 52
المجالات المغناطيسية 15، 49، 52، 57، 58، 59
المركبات 6، 26، 34
التحليل الكهربائي 50
النظائر 52
اليورانيم 55
المزيج المعلق 27
المطاط 44، 45
المعادن (الفلزات) 6، 13، 15، 16
- الاحتراق 17، 50
الاحتراق 30
بنية البوروات 14
الجدول الدوري 32
الذرات 51
السيانك 12
القاعدة 11
المجلات 58، 60، 61
المغناطيسية 12، 60
المفاعلات النووية 52، 54، 55، 57
مندليف، دميتري 32، 33
المواد الصلبة 6، 7، 12-13، 18
التحليل الكهربائي 50
الجزئيات 38
حالة المادة 22
المحاليل 7، 18، 26، 29
المواد العضوية 27، 42، 44
المواد الغروانية 7، 24
موز، فريدريك 13
موعد بنزن 30، 31، 32
مينتر، ليز 54
الميكروسكوب 10، 14، 35، 38، 51
الميكروسكوب الإلكتروني 15
- (ن)
النشادر 36، 42
النشاط الإشعاعي 46-47، 48، 60
النظائر 49، 52
نظرية النسبية الخاصة 55
نقطة الذوبان 22
نقطة الغليان 22، 23
النواة 48، 50، 51، 56، 63
الاندماج 57، 60
الانشطار 54
المكونات 52-53، 58-59
النيوترونات 7، 30-31
في الفحم 40
في الهواء 34
النويات 52
النيوترونات 52، 53، 58، 60، 62
النيوتريونات 62، 58
- (هـ)
هان، أوتو 54
الهليوم 46، 47، 57، 62
الهليوم في الشمس 60
هوكسبي، فرانسيس 20
هوتكنج، ستيفن 63
هوي، أبي رينيه 14
هويل، فريد 63
الهدروجين 6، 18، 30، 34
الأيونات 49
الذرات 48، 53، 62
في الشمس 60
في الماء 36، 51
القنبلة 57
النظائر 21
النظائر 52، 57
النويات 57
الوقود 40، 41
- (و)
واطسون، جيمس 42، 43
الوقود 40، 61
ولاستون، ويليام هايد 15
ويلسون، تشارلز 58
- (ي)
اليورانيم 46-47، 54، 55



المادة

بين يديك دليل رائع ومثير ، يزخر بالمعلومات التي تتناول القصة الساحرة للمادة .
عرض بالصور الملونة للأدوات الأصلية كما استخدمها مبتكروها ،
والأجهزة العلمية الدقيقة ، ونماذج ثلاثية الأبعاد ، إضافة إلى التجارب
العلمية الموضحة التي تعيد إلينا الاكتشافات المذهلة التي غيرت مجرى
فهمنا للعالم من حولنا .

شاهد

أدوات الكيميائيين والفيزيائيين الأوائل . الجزيئات المتحركة . بنية
البلورات المختلفة . قضبان الوقود النووي . نظرة داخل مفاعل الاندماج
النووي

تعلم

كيفية تقسيم العناصر . ما يحدث عند احتراق المواد . كيفية صناعة
الزجاج وتسخينه وتشكيله ونفخه . كيف تتكون المركبات . الخواص
المختلفة للسوائل والمواد الصلبة والغازات والمواد الغروية

اكتشف

المعادن الثلاثة الأكثر استخداماً على نطاق واسع . ما يحدث عند تغير
حالة المادة . كيفية «تصميم» الجزيئات لخدمة أغراض بعينها . كيف تم
شطر الذرة . الاستخدامات المتعددة للكربون . تركيب الحامض النووي

وغير ذلك الكثير والكثير

