قصة العلوم والعلماء

التاريخ المصوّر لأهم الاكتشافات العلمية

يتجاوز هذا الكتاب الأمور المملة

قصة العلوم والعلماء

التـاريخ المصوّر لأهم الاكتشافات العلمية

ترجمة: جمال عبدالرحيم

الثقافة العلمية للجميع (ثقافتك)

129

ⓒ المجلة العربية، 1435 هـ
فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر
تشالينور، جاك
قصة العلوم والعلماء./ جاك تشالينور؛ جمال عبد الرحيم. – الرياض 1435 هـ
94 ص؛ 27,5X24 سم (اصدارات المجلة العربية؛ 179)
ردمك:4-85-8138-603-978
1 –العلوم عند المسلمين – تاريخ 2 – الحضارة الإسلامية 3 – العلماء المسلمون
أ. عبدالرحيم، جمال (مترجم) ب. العنوان ج. السلسلة

ديوي 509،53 1435/5132

رقم الإيداع: 5132 / 1435
ردمك: 4-85-8138-603-978

هذا الكتاب من إصدار: Weldon Owen Pty Ltd

Copyrights ©2012 - All rights reserved.

الطبعة الأولى 1435هـ - 2014م

جميع حقوق الطبع محفوظة، غير مسموح بطبع أي جزء من أجزاء هذا الكتاب، أو اختزانه في أي نظام لاختزان المعلومات واسترجاعها، أو نقله على أية هيئة أو بأية وسيلة سواء كانت إلكترونية أو شرائط ممغنطة أو ميكانيكية، أو استنساخاً، أو تسجيلاً، أو غيرها إلا في حالات الاقتباس المحدودة بغرض الدراسة مع وجوب ذكر المصدر.

رئيس التحرير: **د. عبدالله نعمان الحاج**

لمراسلة المجلة على الإنترنت:

info@arabicmagazine.com www.arabicmagazine.com

الرياض: طريق صلاح الدين الأيوبي (الستين) – شارع المنفلوطي

تليفون: 4778990 -1-966 فاكس: 4766464 -1-966. ص.ب: 5973 الرياض 11432

قصة العلوم والعلماء

التـاريخ المصوّر لأهم الاكتشافات العلمية

إنتباه

يتجاوز هذا الكتاب الأمور المملة

المحتويات

مقدمة 6

الحلقة الأولى
الأرض تتحرك! 7
معرفة مكاننا في الفضاء، مع: نيكولاس كوبرنيكوس – يوهانس كيبلر – غاليليو غاليليه

الحلقة الثانية
الهواء الخفيف 11
يثبت أن لا وجود لشيء حقاً، والتعريف بـ:
إيفانجليستا توريتشيللي – أوتو فون غويريك – روبرت بويل وروبرت هوك

الحلقة الثالثة
أشياء صغيرة 14
اكتشاف عالم لم يسبق له مثيل، كما يكشفه لنا: مارسيلو مالبيغي – روبرت هوك – أنتوني فان ليوينهويك

الحلقة الرابعة
على الأرض كما هو الحال في السماوات 17
البحث عن القوانين التي تتحكم بالقوى، بمساعدة: غاليليو غاليليه – رينيه ديكارت – إسحق نيوتن.

الحلقة الخامسة
مادة معينة 21
معرفة مما يتكوّن كل شيء، وذلك برفقة كل من: ديموقريطس – إسحق نيوتن – روبرت بويل – ستيفن هيلز – دانيال برنولي

الحلقة السادسة
تفكير مائع 24
دراسة أسرار الكهرباء، مع: وليام غيلبرت – فرانسيس هوكسبي– ستيفن غراي – القس جان أنطوان نوليت – بنجامين فرانكلين

الحلقة السابعة
موضوع ساخن 28
تحديد طبيعة الحرارة برفقة كل من: غابرييل فهرنهايت – أندرس سيلسيوس – جوزيف بلاك

الحلقة الثامنة
شيء ما في الهواء 31
فهم التفاعلات الكيميائية، بمساعدة: جورج ستال – جوزيف بلاك – هنري كافنديش – جوزيف بريستلي – أنطوان لافوازييه

الحلقة التاسعة
العلم في الطبيعة 35
إلقاء نظرة ثاقبة على تشكيل قشرة الأرض، كما شرحها كل من: جيمس هوتون – جون بلاي فير

الحلقة العاشرة
قطع صغيرة جداً 38
إدراك أن كل شيء مكون في الحقيقة من ذرات، برفقة: أنطوان لافوازييه – لويجي جالفاني – أليساندرو فولتا – جوزيف بروست – جون دالتون

الحلقة الحادية عشرة
ربط الأمور ببعضها 41
كيف أصبحت قوتان قوة واحدة، على النحو الذي أقره كل من: هانز كريستيان أورستد – أندريه أمبير – جوزيف هنري – مايكل فاراداي

الحلقة الثانية عشرة
هل لديك طاقة؟ 44
اكتشف النظرية الموحدة، برفقة كل من: طومسون – سادي كارنو – جيمس جول

الحلقة الثالثة عشرة
تطور فكرة 47
الكشف عن كيفية قدوم الأنواع وذهابها، مع: كارولوس لينيوس – تشارلز داروين

الحلقة الرابعة عشرة
نجدة الضوء 50
دراسة الطبيعة الحقيقية للضوء كما أوضحها كل من: توماس يونغ – هيبوليت فيزو – مايكل فاراداي – جيمس كلارك ماكسويل

الحلقة الخامسة عشرة
نظام ابتدائي 53
يكشف عن الأنماط الخفية في الكيمياء، كما حددها: غوستاف كيركشهوف وبنسن روبرت – جون نيولاندز – ديمتري مندليف

الحلقة السادسة عشرة
اغسل يديك 56
استكشاف الجراثيم برفقة كل من: إيغناز سيملويس – لويس باستور – جوزيف ليستر – روبرت كوتش

الحلقة السابعة عشرة
أصغر من الذرات 60
استكشاف عالم جديد من الجزئيات الصغيرة جداً، كما كشف عنه: جوزيف جون طومسون – ماري كوري – إرنست روزفورد

الحلقة الثامنة عشرة
ثوري نسبياً 63
المغامرات في الزمان والمكان، بطولة: ألبرت آينشتاين – هيرمان مينكوفسكي – آرثر إدينغتون

الحلقة التاسعة عشرة
في علم الوراثة 67
حل أسرار الوراثة، وذلك بفضل: غريغور مندل – فالتر فليمنغ – والتر ساتون – توماس هانت مورغان

الحلقة العشرون
ما هو حجم الكون؟ 70
النظر بإمعان في الفضاء السحيق جداً مع: فريدريك بسل – هنريتا ليفيت – إدوين هابل

الحلقة الحادية والعشرون
عالم غامض 73
الغرابة على نطاق صغير، كما شرحها كل من: نيلز بوهر – ماكس بلانك – إروين شرودنغر

الحلقة الثانية والعشرون
حديقة حيوان الجسيمات 76
اكتشاف مفاجآت عن الأجسام «دون الذرية» في عالم خفي، برفقة: بول ديراك – كارل أندرسون –هيديكي يوكاوا – جون كوكروفت وإرنست والتون

الحلقة الثالثة والعشرون
كل شيء في الجينات 79
حلّ رمز الحياة، بمفاتيح وفرها كل من: فريدريك ميشر – فريدريك غريفيث – روزاليند فرانكلين – جيمس واطسون وفرانسيس كريك

الحلقة الرابعة والعشرون
فكرة متحركة 83
معرفة كيف تكوّنت الجبال والمحيطات، برفقة كل من: ألفريد فيغنر – آرثر هولمز – هاري هيس

الحلقة الخامسة والعشرون
همسات من الكون 86
النظر إلى الوراء إلى أول البداية مع: جورج لوميتر – فريد هويل – أرنو بنزياس وروبرت ولسون

الحلقة السادسة والعشرون
التقدم والعلم 89
استمرار السعي للمعرفة – مع جيل جديد من العلماء

مقدمة

ممّ يتكون كل شيء؟
كيف تنمو الكائنات الحية وتتكاثر؟
كم هو عمر الكون؟ وما هو سبب وجود الجبال؟
ما هو سبب سخونة بعض الأشياء أكثر من غيرها؟
لماذا نمرض؟

تكمن مثل هذه الأسئلة في صميم العلم.

فالفضول – وهو التساؤل عن العالم من حولنا، ومحاولة تفسيره – سمة من سمات الإنسان. ولربما تعتقد بأن العلم قديم قدم الجنس البشري. ولكن العلم يتضمن أكثر من الفضول: إنه يتضمن اختبار الأفكار حول الكيفية التي يعمل بها العالم، وذلك عبر التجارب، ورفض أي تفسير تثبت التجربة خطأه. وقد بدأ الناس يفعلون ذلك منذ بضع مئات من السنين فقط.

كان هناك بعض المفكرين العظماء في الحضارات القديمة، الذين كانوا يبحثون في مسائل صعبة، وتمكّنوا من التوصل إلى تفسيرات لها. ولكنهم لم يختبروا أفكارهم. ولذا فقصتنا لا تبدأ في ذلك الحين. فقد تم توارث التفسيرات القديمة، خاصة تلك التي صدرت من اليونان القديمة، عبر عدة أجيال وتم قبولها من قبل معظم الناس بأنها حقائق. ولكن في أوروبا القرن السادس عشر والقرن السابع عشر، بدأ الناس يشككون في تلك الأفكار القديمة، وسرعان ما بدأوا باختبارها..

وقد تمكّنا نحن بعد 400 عام من اختبار هذه الأسئلة، إضافة الكثير. وبالطبع، فكل إجابة تأتي معها بمزيد من الأسئلة – ولكن هذا جزء من المتعة. فالعلم عبارة عن رحلة لا تنتهي أبداً للوصول إلى الحقيقة، كما أن المعرفة التي يكتسبها العلماء في رحلتهم هذه يمكن استخدامها بصورة جيدة أو سيئة.

هناك ما هو أكثر من ذلك بكثير في ما يتعلق بتاريخ العلم، لدرجة لا يمكننا إدراجه في كتاب بهذا الحجم. ويُعدّ هذا الكتاب مثل تسليط الضوء على أبرز أحداث مباراة لكرة القدم – أي التركيز على الأحداث الرئيسية وحبكها معاً مع تعليق معلّق. ولكن في حين يضغط تسليط الضوء على مباراة لكرة القدم تستغرق 90 دقيقة إلى دقائق معدودة من شريط فيديو، فهذا الكتاب يضغط 500 سنة من إلهامات الناس والعمل الشاق في 27 حلقة قصيرة.

قبل أن نبدأ ...

- معظم العلماء المذكورين في هذا الكتاب هم من الرجال البيض. ولا يعود السبب إلى أن النساء أو الأفراد الذين يتحدّرون من أصول عرقية مختلفة هم أقل ذكاء أو أقل أهمية. ولكن السبب يعود إلى ما كان عليه المجتمع في أوروبا وأمريكا، حيث تقع معظم أحداث قصتنا، على الرغم من وجود العديد من العلماء الإناث ومن غير البيض في زمننا الحاضر، يكتشفون أشياء مدهشة، في أماكن متفرقة من العالم.
- بعد كل شيء، فالعلم هو للجميع.

يشير أي قرن يحمل رقماً إلى المئة سنة التي سبقت هذا العدد. فعلى سبيل المثال، عندما تقرأ أن شيئاً ما حدث في القرن السادس عشر فذلك يعني أنه حدث ما بين 1501 و1600.

الحلقة الأولى

الأرض تتحرك!

معرفة مكاننا في الفضاء، مع:

نيكولاس كوبرنيكوس، الذي أدرك الأرض تدور حول الشمس (وليس العكس)

يوهانس كيبلر الذين اكتشف المسارات التي تتبعها الكواكب

غاليليو غاليليه وتلسكوبه الموثوق

بطليموس يعرض نموذجه للفضاء – والأرض في المركز.

الشمس والقمر والنجوم تبزغ كل يوم وتعبر السماء وتغيب. ومن موقعنا على سطح الأرض تبدو كأنها تتحرك من حولنا في دوائر كبرى، كما يبدو الأمر كأننا ساكنون لا نتحرّك. وقد كانت من أهم النجاحات العلمية الأولى إثبات خطأ هذه الفكرة – وفضلاً عن إثبات أنه لا يمكن الوثوق دائماً بالحس السليم.

راقب السماء ليلاً لسنوات، وسوف ترى نفس أنماط النجوم. وستبدو النجوم كما لو أنها «مثبتة» إلى كرة زجاجية ضخمة تدور من حولنا مرة واحدة في اليوم. ولكن لو راقبتها بعناية على مدى بضع ليال، فستلاحظ أن بعض نقاط الضوء تغير مواقعها مقارنة بالنجوم الثابتة. وهذه هي الكواكب.

النظام البطلمي

كانت الشعوب القديمة تعرف خمسة كواكب فقط، وهي: عطارد، والزهرة، والمريخ، والمشتري، وزحل. واقترح الفلاسفة في اليونان القديمة أن الكواكب – والقمر والشمس – لا بد أنها مثبتة في فضاء شفاف منفصل، تكون الأرض في مركزه، في حين يدور كل من هذه الكواكب بسرعات مختلفة.

وعلى الرغم من ذلك، فإن حركات الكواكب ليست واضحة، ويصعب شرحها. فالكواكب تتحرك عبر السماء بسرعات متفاوتة، وتغيّر أحياناً اتجاهها لبضعة أسابيع.

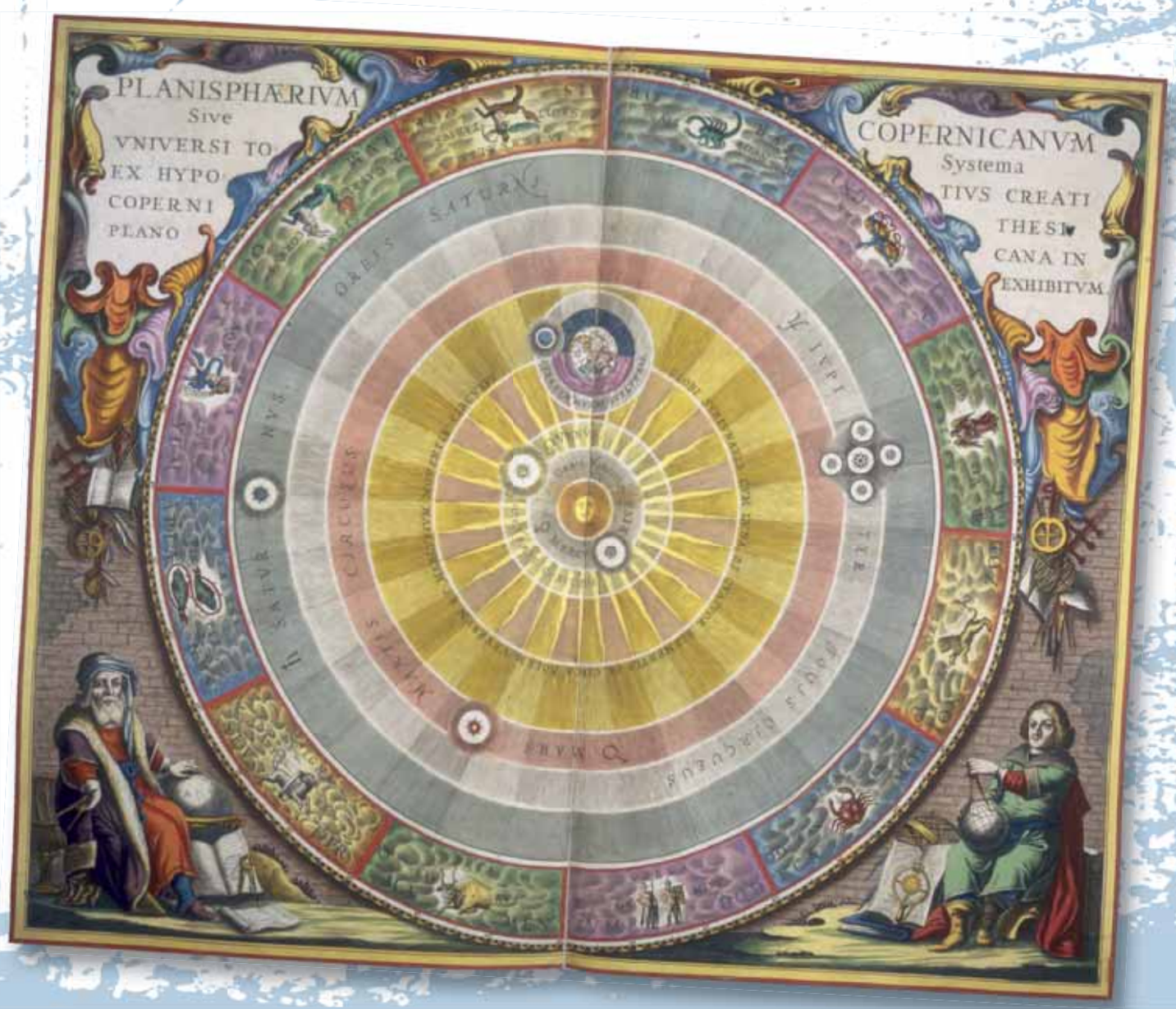
ولكن الإغريق أتوا بنظام معقد لحساب هذه الحركات، وأبقوا على فكرة أن الأرض كانت ثابتة وأنها في مركز الكون. وأوضح الفلكي بطليموس في القرن الثاني هذا النظام في كتابه «المجسطي». وكان يمكن استخدام النموذج البطلمي للتنبؤ بمواقع الشمس والقمر والكواكب بدرجة معقولة من الدقة – وتم التمسك به. وقد روّجت الكنيسة الكاثوليكية في أوروبا العصور الوسطى لهذه الأفكار كما لو كانت حقيقة مطلقة – ولا غرابة في ذلك فحتى الكتاب المقدس يوحي بأن الشمس تتحرك، وليس الأرض.

نظام كوبرنيكوس في كتاب من القرن السادس عشر — وتظهر الشمس فيه مركزاً للكون.

كون محوره الشمس

في القرن السادس عشر، عندما كان بعض العلماء يشككون بالأفكار الكلاسيكية القديمة، قرر الفلكي البولندي نيكولاس كوبرنيكوس بناء بديل للنظام البطلمي. وأعلن أن الأرض كانت مجرد كوكب من الكواكب العديدة التي تدور حول الشمس، في حين أنها تدور حول نفسها مثل أعلى المغزل. بعبارة أخرى، لم تكن الأرض مركز الكون.

لقد اقترح العديدون ما اقترحه كوبرنيوكوس، حتى في اليونان القديمة، ولكن الفكرة كانت تُرفض دوماً. وأوضح كوبرنيكوس فكرته في كتاب بعنوان «في ثورات المجالات السماوية».



يوهانس كيبلر مع صديقه الفلكي تايكو براهي (جالساً). ولا يمكن للمرء أن يدرك من هذه الصورة، أنه كان لتايكو أنف من معدن، بعد أن فقد أنفه في مبارزة.

وحين أدرك أنه سيكون مثيراً للجدل، فقد أجّل نشره لنحو 20 عاماً، أي حتى عام 1543. وتقول الأسطورة أنه رأى نسخة مطبوعة من الكتاب في اليوم الذي مات فيه.

مسارات الكواكب

انتقدت الكنيسة الكاثوليكية كتاب كوبرنيكوس وحظرت تداوله. ولكن بعض المنفتحين في جميع أنحاء أوروبا قرأوه وأدركوا أن نظام كوبرنيكوس (الشمسي) كان أشد صحة من النظام الذي يعتبر أن الأرض هي مركز الكون. وكان من بين هؤلاء عالم الرياضيات الألماني وعالم الفلك، يوهانس كيبلر.

نسخة طبق الأصل من تلسكوب غاليليو الذي كان يحدق من خلاله إلى السماء ليلاً، وغيّر مفهومنا عن الكون.

التلسكوب

استفاد علماء الفلك في أوائل القرن السابع عشر من اختراع التلسكوب (وهي مشتقة من الكلمة اليونانية tele التي تعني «بعيد جداً» وskopein التي تعني «النظر إلى»). وقد تم إنشاء التلسكوبات الأولى من قبل صناع النظارات الهولنديين في حوالى عام 1600، عندما أدركوا أنه بالجمع بين عدستين يمكن أن تتم رؤية الأشياء حوالى ثلاثة أضعاف ما تبدو للعين المجرّدة. وحالما سمع بالاختراع الجديد في عام 1609، صنع عالم الرياضيات الإيطالي غاليليو غاليليه «زجاجته الخاصة»، وحسن أداءه بحيث كبّر مدى رؤيته إلى عشرين ضعفاً.

في عام 1600، بدأ كيبلر بالعمل لدى عالم الفلك الدانماركي تايكي براهي، وتمكن من الاطلاع على سجلات مفصلة احتفظ بها براهي لحركة الكواكب. وقد حاول كيبلر مطابقة هذه التحركات مع فكرة كوبرنيكوس بأن الكواكب تدور حول الشمس في دائرة مدارية هائلة، ولكن على الرغم من أربعة أعوام من الحسابات الشاقة والمعقدة، إلا أنه فشل في تحقيق ذلك.

ولكن في عام 1605، خطرت بباله فكرة لم تخطر ببال أحد من قبل: قد لا تكون مدارات الكواكب دائرة متكاملة. وبالفعل فقد أشارت ملاحظات كيبلر أن المدارات تتبع شكلاً مختلفاً: شكل بيضاوي أو إهليلجي. وعندما اختبر ذلك تبين أنه على حق. وطالما أثبت أن الكواكب تتبع مدارات إهليلجية، اكتشف الفلكيون أن بمقدورهم التنبؤ بموقع أي كوكب في أي وقت من الأوقات بدقة مدهشة.

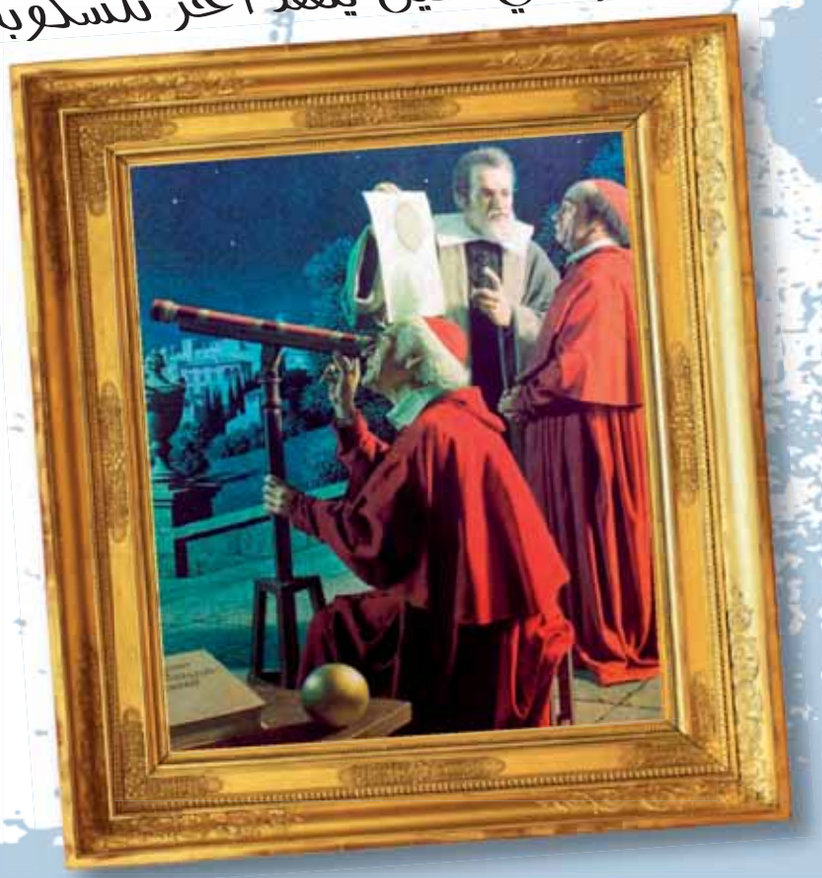
رسوم غاليليو في كتابه «الهول النجمي» (1610).

في عيون الناظر

في عام 1906، أصبح عالم الرياضيات غاليليو غاليليه أول من صوب تلسكوباً إلى السماء ليلاً. واستمتع بمشاهدة الجبال والوديان الموجودة على سطح القمر. كما وجد الكثير من الأدلة التي تثبت أن الشمس هي مركز الكون، وليس الأرض، مثل الأجرام السماوية التي تشبه القمر، وتدور حول كوكب عطارد وكوكب الزهرة، وأقمار المشتري الأربعة. وكان هذا الأمر محسوماً بالنسبة إلى كثيرين.

وعلى الرغم من ذلك، احتفظ آخرون كثيرون بالفكرة القديمة التي تقول بأن الأرض هي مركز الكون. والأهم من ذلك، فقد ظلت الكنيسة الكاثوليكية تعارض بروز نظريات جديدة. وقد حاول غاليليو في عشرينيات القرن السابع عشر إقناع قادة الكنيسة لتغيير تفكيرهم. ولكن النيسة استاءت منه عندما بدا أن بعض من أفكاره بدت كأنها تسخر من طرق التفكير القديمة. وفي عام 1633، اتهمت السلطات الكاثوليكية غاليليو بالهرطقة، وبعد محاكمته أمرت بوضعه في الإقامة الجبرية لبقية حياته وحظرت كتبه. ولكن تدريجياً بدأ المزيد من الناس يقبلون فكرة أن الأرض تدور حوا الشمس، وأن الأرض ليست مركز الكون.

أحد الكاردلة ينظر إلى رسومات غاليليو، في حين يتفقد آخر تلسكوبه



الحلقة الثانية

الهواء الخفيف

يثبت أن لا وجود لشيء حقاً، والتعريف بـ:

إيفانجليستا توريتشيللي، مخترع البارومتر

أوتو فون غويريك وتجاربه مع الفراغات،

روبرت بويل وروبرت هوك، وتحسين مضخة الفراغ الخاصة بهما

أوتو فون غويريك

الزئبق - السائل في درجة حرارة الغرفة

لقد ألهمت الأفكار الجديدة حول الفضاء الكثير من الناس، بما في ذلك العالم والسياسي الألماني أوتو فون غويرك. وقد كان فون غويرك مهتماً بما هو موجود بين الكواكب والنجوم. فلو كان ذلك هواء، أفلن يبطئ الكواكب في مداراتها؟ وهل يمكن أن لا يوجد هناك شيء على الإطلاق؟ وانطلق فون غويرك بهذه الروح الجديدة من البحث لجعل فضاء فارغ.

عندما كان فون غويرك طالباً، درس أفكار الفيلسوف الإغريقي أرسطو، الذي قال بأن لا وجود لـ «الفراغ»، أو «اللا شيء». وقد دعمت أفكار أرسطو ملاحظة أن الماء والهواء يتحركان بسرعة لملء أي فراغ. وعلى الرغم من ذلك أجرى العالم الإيطالي إيفانجليستا توريتشيللي تجربة في عام 1643، و ألمح إلى أن أرسطو قد يكون مخطئاً.

في أثناء
دراسة ضغط الهواء،
تمكن العالم الفرنسي بليز باسكال من أخذ بارومتر توريتشيللي إلى أعلى الجبل. وكما تنبأ باسكال، فقد كان عمود الزئبق أقصر، ذلك أنه لا يوجد ما يكفي من الهواء في الأعلى.

خلق الفراغ

سكب توريتشيللي الزئبق في أنبوب زجاجي طويل كان مختوماً في الأسفل. وعندما أوقف الأنبوب رأساً على عقب، في حين كان الطرف المفتوح في طبق من الزئبق، انزلق بعضاً من الزئبق الموجود في الأنبوب إلى داخل الطبق، وقد خلّف هذا حيزاً في الأعلى كان خالٍ من الهواء – فراغ.

في عام 1647، بعد استلهامه من توريتشيللي، جعل غويرك فراغات (جزئية) بامتصاص الهواء من الأوعية باستخدام مضخة اليد. وبعد إدخال تحسينات عليها، قام بتجارب أخرى على الفراغات، بما في ذلك إثبات أن الصوت لا يمكن أن يمر عبر الفراغ، في حين يمكن للضوء والقوة المغناطيسية أن يمرا.

استعراض القوة

في عام 1654، قام فون غويرك باستعراض جماهيري مذهل في مسقط رأسه في ماغديبورغ.

«إننا نعيش مغمورين في قعر محيط من الهواء»
إيفانجليستا توريتشيللي
1644

فقد ألصق نصفي كرة من النحاس معاً لتشكيل كرة بلغ قطرها 60 سم. وقد جعل الكرة محكمة الإغلاق باستخدام الجلود والشمع، ومن ثم أخلى الهواء من داخل الكرة باستخدام مضخة. وهكذا فبعدم وجود هواء داخل الكرة، لم يكن ثمة ضغط هواء يدفع باتجاه الخارج لتحقيق توازن بين الضغط الجوي على السطح الخارجي للكرة – وبالتالي كان الضغط الجوي يدفع بنصفي الكرة الأرضية معاً بإحكام. وفي الواقع، كانا محكمين بشدة لدرجة لم يتمكن صفين من الخيول من فصلهما. ولكن عندما فتح فون غويرك الصمام للسماح للهواء بالدخول، كان حتى بمقدور طفل صغير الفصل بينهما بسهولة.

في العام التالي قرأ روبرت بويل، العالم الأيرلندي المولد، عن أبحاث فون غويرك، فشرع بتصميم مضخة فراغ أفضل. وساعده في تصميمها وبنائها العالم البريطاني روبرت هوك، إذ قاما سوية بتصنيع مضخة تعمل بالمكبس (البيستون)

إيفانجليستا توريتشيللي يخترع البارمتر

أجرى توريتشيللي أبحاثه حول ضغط الهواء لمعرفة سبب عدم قدرة مضخات الماء على ضخ المياه إلى أعلى أكثر من 10 أمتار، كما لاحظ العديد من الناس . واعتقد حينها أن وزن الجو الذي يضغط إلى أسفل على الجسم الرئيسي للمياه هو الذي يدفع المياه في الأنبوب إلى أعلى، وأن عمود الأمتار العشرة الأنبوب، هو أقصى ما يمكن لهذا «الضغط الجوي» أن يدعمه. وبعد إجرائه تجارب بأنبوب الزئبق، وهو سائل أكثر كثافة، وجد أن الضغط الجوي دعم عموداً بلغ طوله 76 سم فقط. ومن ثم لاحظ أن ارتفاع الزئبق يتغير بتغير الطقس، واختلاف الضغط. لقد اخترع توريتشيللي أول بارومتر ـ وهو آلة لا تزال تستخدم لقياس الضغط الجوي.

وتُدار بكرنك يدوي، وكانت هذه المضخة أقوى بكثير. ومنذ ذلك الحين، أثبتت مضخات الفراغ أنها ضرورية للغاية في العديد من الاكتشافات العلمية، بما في ذلك اختراع المصباح الكهربائي والتلفزيون.

استعراض فون غويرك لقوة الضغط الجوي، الذي كان أقوى من ثمانية خيول.

نسخة طبق الأصل من مضخة الفراغ التي ابتكرها بويل. ولكن حينما تكون قيد الاستعمال فسيكون لها جرة زجاج في الأعلى؛ وحين تدوير المقبض يُضخ الهواء من الجرة.

الحلقة الثالثة

أشياء صغيرة

اكتشاف عالم لم يسبق له مثيل، كما يكشفه لنا:

مارسيلو مالبيغي، وهو أول من رأى الأوعية الدموية

روبرت هوك، الذي قدم رسومات جميلة من مخلوقات ضئيلة

أنتوني فان ليوينهويك، مكتشف الكائنات الدقيقة

رسومات هوك لـ «خلايا» في فلينة.

روبرت هوك، هو المساعد الذي ساعد في بناء أول مضخة فراغ ميكانيكية، وكان أيضاً رائداً في المجهريات – يصنع المجاهر ويستخدمها. فالمجهر أتاح للناس رؤية الأشياء بطرق جديدة، للطعن في معتقدات عفّا عليها الزمن – ولدراسة أشياء صغيرة لم يرها أحد من قبل.

كان النصف الثاني من القرن السابع عشر فترة مثيرة في استعمال المجهر. ففي عام 1661، على سبيل المثال، أصبح العالم الإيطالي مارسيلو مالبيغي أول شخص يتمكن من رؤية الشعيرات الدموية. وكان هذا إنجازاً عظيماً. فقبل ما يقرب من 40 عاماً، تحدّى الطبيب البريطاني وليام هارفي فكرة قديمة باقتراحه أن الدم يدور في جسم الإنسان. واعتقد هارفي، بشكل صحيح، أن الدم يُضخ من القلب، وينتقل عبر الشرايين ويعود إلى القلب عبر الأوردة. وقد قام في عام 1628 بإجراء تجربة أكدت هذه الفكرة. ولكن حتى الوقت الذي رأى فيه مالبيغي الشعيرات الدموية، لم يكن بمقدور أحد العثور على أي صلة فعلية بين الأوردة والشرايين.

برغوثة، كما هو مبين في كتاب هوك

التحديق في عالم آخر

مجهر هوك

تُشتق كلمة «**المجهر**» (**المايكروسكوب**) من الكلمتين اليونانيتين micron (صغير) وskopein (النظر إلى). وقد تم ابتكار المجهر – المكوّن من عدستين أو أكثر – في تسعينيات القرن السادس عشر، وذلك عندما وضع صناع النظارات الهولنديون عدستين بطريقة جعلت الأشياء تبدو أكبر مرات عديدة. وبحلول خمسينيات القرن السابع عشر كان العلماء ينظرون بشكل روتيني إلى الأشياء من خلال المجاهر، ولكن التكبير كانت يقتصر على تكبير الأشياء عشرة أضعاف فقط. ولكن بحلول نهاية خمسينيات القرن السابع عشر، حسّن روبرت هوك تصميم المجاهر، فأصبح بمقدورها، بوجود أنابيب أقصر وتكبير مرتفع – تكبير الأشياء 30 ضعفاً.

الصفحات الأولى من كتاب هوك العلمي الأكثر مبيعاً «الفحص المجهري» (Micrographia)، الذي نُشر في عام 1665.

في عام 1665، نشر هوك كتاباً رائعاً يحمل عنوان «الفحص المجهري» (Micrographia)، تضمن رسوماته المذهلة للأشياء التي شاهدها وهو يحدق من خلال أنبوب مجهره. وكان فلين الخشب اللين من الأشياء التي وصفها – «لجميعها ثقوب ومسامات مثل قفر النحل» – وقد ابتكر كلمة «الخلايا» لوصف المسافات في الفلينة. وفي عام 1668، لاحظ المجهري الهولندية جان سوامردام ما أطلق عليه «كريات» في الدم، وبذا يصبح أول شخص يتمكن من رؤية خلايا الدم الحمراء.

السيد هوك يلقي نظرة عن كثب على برغوثة

عالم في قطرة مطر

في سبعينيات القرن السابع عشر قام هولندي آخر باكتشافات مذهلة باستخدامه المجهر. فقد

أقصى اليمين: ليوينهويك ومجهره النحاسي المجهر (في اليمين). إلى اليسار: رسومات ليوينهويك لبعض الحيوانات المجهرية وأشياء أخرى رآها.

كان تاجر القماش أنتوني فان ليوينهويك ماهراً في استخدام المكبرات القوية التي كان يستخدمها لفحص الأقمشة المنسوجة. وبعد استلهامه من كتاب «الفحص المجهري» عمد ليوينهويك إلى صنع مجهر قوي حقاً. وعلى عكس معظم مجاهر الناس الآخرين، والتي كان تحتوي على عدستين، فقد كان لمجهر ليوينهويك عدسة واحدة – وهي عبارة عن حبة زجاج صغيرة سحقها بنفسه وثبّتها على مقبض نحاسي. وكان لهذا المجهر قدرة تكبير الأشياء إلى 300 ضعف، أي عشرة مرات أقوى من مجهر هوك.

في عام 1674، رأى ليوينهويك أيضاً «الكريات» (الخلايا) الحمراء في الدم – وقدّر حجمها بحوالى جزء من 2500 جزء (2.500/1) من قطر حبة الرمل. وفي عام 1675، رأى في عينة مياه بركة، أشياء حية صغيرة جداً، بحيث لا يمكن رؤيتها بالعين المجردة. وكان قد أصبح أول شخص يتمكن من رؤية الكائنات الدقيقة، التي وصفها بـ «الحيوانات الميكروسكوبية» (animalcules). كما أنه رآهم في مياه الأمطار، وفي جير الأسنان الذي كشطه في وقت لاحق، وقدر (صحيح) أن هناك عدة ملايين من هذه الحيوانات المجهرية في قطرة مطر واحدة.

تأكيد المشاهدات

كتب ليوينهويك مراراً إلى المؤسسة العلمية المرموقة في ذلك الزمن، وهي الجمعية الملكية في لندن، إنجلترا، ليخبرهم عن الحيوانات المجهرية والأشياء الأخرى التي رآها. وقد شكك أعضاء الجمعية الملكية بمقولاته في البداية، كما شكّك بها معظم العلماء الآخرين في أوروبا – فلم يكن لدى أي منهم مجهراً بقوة مجهر ليوينهويك. وقد كان من المهم لأتباع المقاربة الجديدة لاستكشاف العالم، والتي أطلق عليها اسم «العلم»، التحقق من الاكتشافات. لذلك، أوكلت الجمعية الملكية هوك بمهمة تأكيد ادعاءات ليوينهويك. وبعد شهر من المحاولة، وإجراء العديد من التحسينات على مجهره، تمكن هوك من رؤية الأشياء ذاتها.

في العقود القليلة التالية، تحسّنت المجاهر في التكبير والوضوح، ونتيجة ذلك كانت الاكتشافات الجديدة المذهلة في البيولوجيا كثيرة وسريعة. ولكن كان لا بد من مضي 150 سنة أخرى قبل أن يدرك العلماء أن الخلايا، كتلك التي اكتشفها كل من هوك، وسوامردام، وليوينهويك، هي الوحدة الأساسية لجميع الكائنات الحية.

«ثم كنت رومياً (ري)، بتعجب بالغ، العديد من الحيوانات المجهرية، تتحرك بنشاط».

أنتوني فان ليوينهويك

الحلقة الرابعة

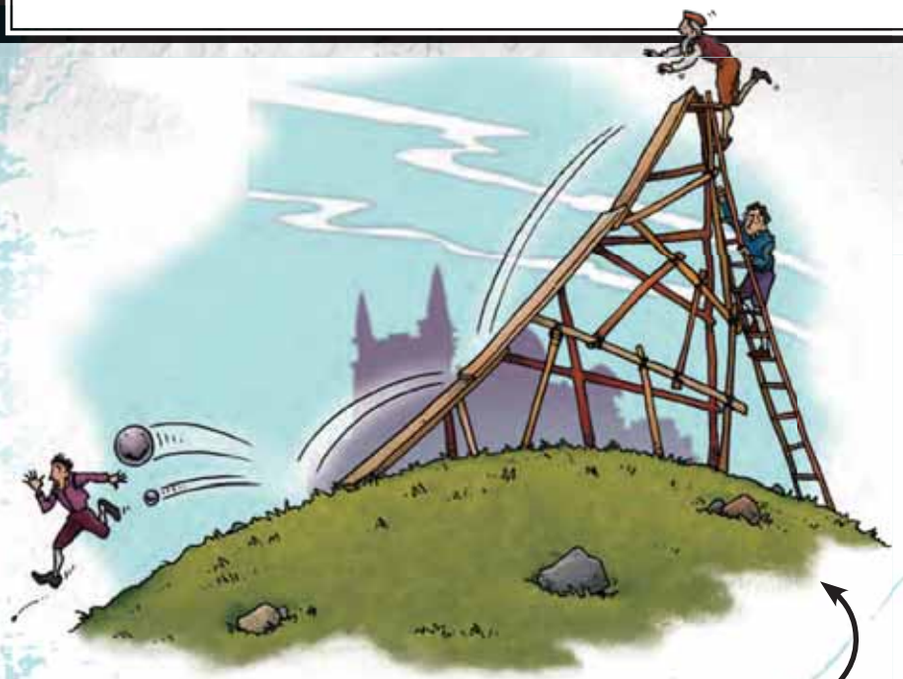
على الأرض
كما هو الحال في السماوات

البحث عن القوانين التي تتحكم بالقوى، بمساعدة:

غاليليو غاليليه ونظرياته في الاحتكاك

نظام التنسيق **لرينيه ديكارت**.

قوانين الحركة الثلاث **لإسحق نيوتن**.



غاليلو يحاول أن يفهم كيف يمكن للجاذبية التسبب بزيادة سرعة الأشياء وهي تتدحرج على منحدر – ويرغب مساعديه.

في الوقت نفسه الذي كان يتحقق فيه من الحيوانات المجهرية كما ادعى وجودها ليوينهويك، كان روبرت هوك يدرس مسائل كبيرة حول النظام الشمسي. ففي عام 1679، كتب هوك لإسحاق نيوتن، أستاذ الرياضيات في جامعة كامبريدج، إنجلترا، يسأله عما إذا كان لدى نيوتن أي أفكار عما يبقي الكواكب في مداراتها.

فلطالما كان فهم كيفية تحرك الأشياء الشغل الشاغل للعلماء والفلاسفة. فقد أعلن أرسطو في اليونان القديمة أن الأشياء تبدأ بالتحرك عندما تعمل قوة ما عليها (سواء بالدفع أو السحب)؛ فعندما تتوقف هذه القوة تتوقف الحركة. غير أن حركة المقذوفات «الحرة» – مثل الكرات التي تقذف في الهواء – لم تكن تتناسب مع هذا التفسير: فلا يوجد ما يدفعها حالما تغادر يدك. ولكن أرسطو تمكن من إيجاد الجواب، فالهواء يندفع خلف الشيء المقذوف ويقوم الهواء المتحرك بدفع المقذوف، ما يجعله يستمر بالتحرك.

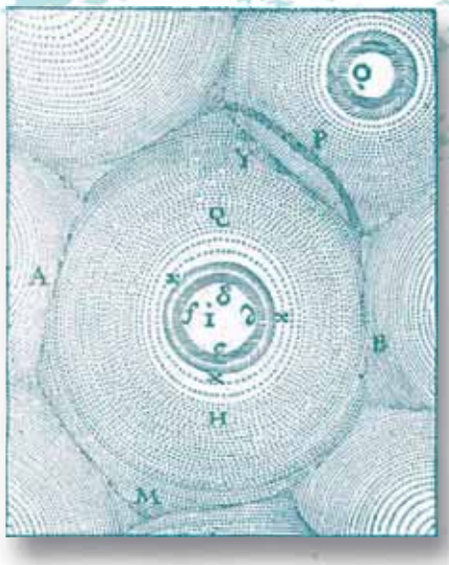
الحركة والاحتكاك

قام الفلاسفة المسلمون والأوروبيون، في العصور الوسطى، بتعديل أفكار أرسطو قليلا. واقترحوا أنه عندما يتم دفع الأشياء لجعلها تتحرك، فإنها تعطى قدراً معيناً من «الزخم»، يبدأ بالنفاد تدريجياً، بحيث يتوقف كل شيء في نهاية المطاف. ولكنهم كانوا مخطئين – وهكذا كان أرسطو.

في بداية القرن السابع عشر، أجرى غاليليو تجارب على القوة والحركة. وقد ذُهل بالكيفية التي تتسبب فيها القوة بتسريع حركة الأشياء وإبطائها. ولمعرفة كيف تتسبب الجاذبية بتسريع حركة الأشياء، قام بدحرجة كرات على منحدرات مختلفة، وقام بعناية بتوقيت الزمن الذي استغرقته الكرات للوصول الى أسفل المنحدر. واكتشف غاليليو أن الأجسام المتحركة، واصلت من دون عمل أي قوة، حركتها بنفس السرعة، وفي نفس الاتجاه. فالحركة لا «تنفد»، ولا تتوقف حين تتوقف القوة – في الواقع، هناك حاجة إلى قوة لإيقاف جسم متحرك. وقد قدم غاليليو مفاهيم الاحتكاك ومقاومة الهواء، والقوة التي تبطئ حركة الأجسام. ففي حياتنا اليومية تميل الأشياء إلى التوقف عن الحركة، بسبب قوة الاحتكاك، وليس لأنها نفدت من الزخم أو توقف الهواء عن دفعها.

التنبؤ بالأرقام

لقد أصبح السؤال الذي سأله هوك لنيوتن – حول سبب بقاء الكواكب في مداراتها – مهماً جداً بعد ما اتضح أن الأرض نفسها تتحرك. ففي ثلاثينيات القرن التاسع عشر، اقترح الفيلسوف الفرنسي رينيه ديكارت أن دوامة ملأى بالجسيمات المتراصة الدوارة هي التي تدفع الكواكب. ولكن على الرغم من أن الفكرة كانت خاطئة، إلا أن ديكارت يبقى شخصية مهمة جداً في تاريخ العلم.



وفقا لديكارت، دفعت دوامات دوارة الكواكب للدوران حول الشمس.

لقد كان من مساهمات ديكارت وسيلة تمثيل مكانة جسم ما بالأرقام، وهو نظام يعرف الآن بـ «الإحداثيات الديكارتية». وهو نظام يتيح للعلماء التعبير عن حركة الأجسام كمعادلات؛ ولذا يمكن تمثيل النظريات التي تتناول القوة والحركة بالمعادلات أيضاً. وبهذه الطريقة، يمكن للعلماء تقديم تنبؤات دقيقة لحركة الأجسام، ومقارنة هذه التوقعات بنتائج التجارب التي أتاحت لهم اختبار نظرياتهم.

الحركة والجاذبية

كان لعمل ديكارت وغاليليو تأثير عميق على إسحاق نيوتن الشاب. ففي عام 1666، كان على نيوتن الذي كان يدرس في جامعة كامبردج، الانتقال إلى منزل عائلته لمدة بضعة أشهر، هرباً من وباء الطاعون الذي انتشر في لندن وكامبردج. وفي منزله هناك حقّق نيوتن أكثر اكتشافاته أهمية.

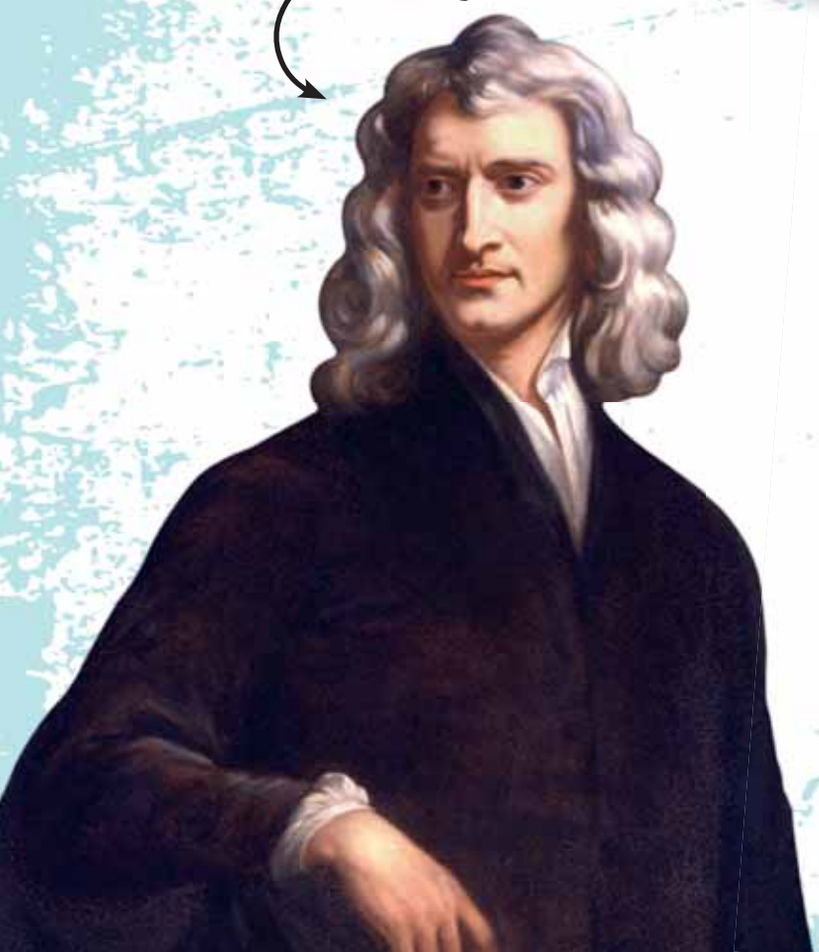
بوصفه عالم رياضيات بارع تمكن نيوتن من التعبير عن ملاحظاته وأفكاره الجديدة حول القوة والحركة رياضياً، وذلك باستخدام معادلات هندسية كذلك. وقد تمكن نيوتن في الواقع من شرح حركات جميع الأجسام بثلاثة «قوانين» فقط. وكان أول الاكتشافات اكتشاف غاليليو أن حركة الجسم تستمر ما لم توقفه قوة ما.

تساءل العلماء: ما الذي يمنع القمر من التحليق بعيداً في الفضاء؟

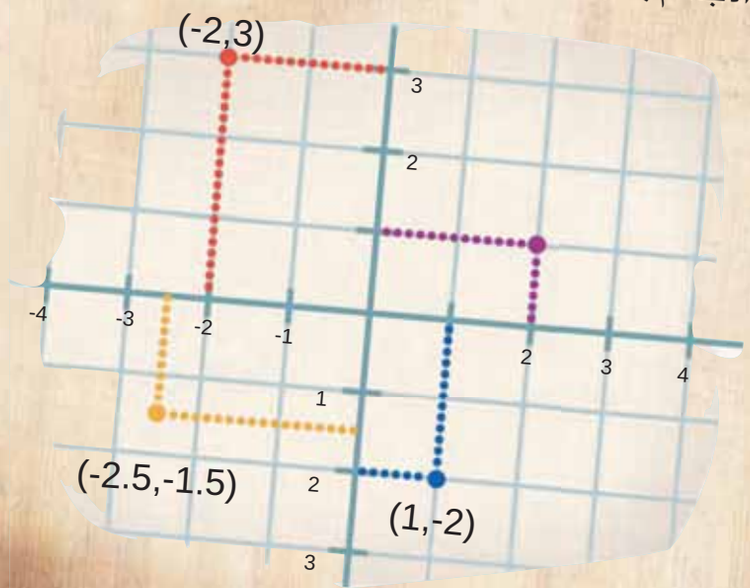
وأما القانون الثاني، فينص على أنه عندما تتصرف القوة، فإنها تدفع الجسم إلى الإسراع (تغيير سرعته و/ أو اتجاهه) بقدر يعتمد على كتلة الجسم وقوة واتجاه هذه القوة. وأما القانون الثالث فينص على أن لكل قوة هناك قوة أخرى متساوية في القوة في الاتجاه المعاكس. وباستخدام هذه القوانين البسيطة، يمكن للعلماء التنبؤ بحركة أي جسم في أي وقت.

تمكَّن نيوتن كذلك في عام 1666، من الربط بين ما يجعل الأشياء تقع إلى الأرض، وبين ما يبقي الكواكب في مداراتها في الفضاء. وأدرك أن الجاذبية – القوة التي تبقيك على قدميك على الأرض – تسحب الأجسام معاً حتى عبر الفضاء.

رسم من القرن التاسع عشر لإسحق نيوتن



باستخدام نظام الإحداثيات لديكارت، يمكن وصف مكانات الأجسام بالأرقام، ويمكن بالتالي إدراجها في المعادلات الرياضية.



فقوة القوة تعتمد على كتلة الأجسام وتباعدها عن بعضها البعض، وهي علاقة يمكن التعبير عنها بوصفها «معادلة».

ولم تتنبأ المعادلة فقط بحركة الأجسام المتساقطة، ولكن بمدارات الكواكب حول الشمس ومدار القمر حول الأرض أيضاً. وقد تلاءمت النظرية الجديدة للجاذبية تماماً مع ملاحظات كيبلر بشأن مدارات الكواكب: حقيقة أن إهليلجية مدارات الكواكب كانت مخبأة في معادلة نيوتن، وهي حقيقة أن الجاذبية هي التي تبقي القمر في المدار – نفس القوة التي تبقينا في مقاعدنا، وتجعل الحجر أو أي مقذوف آخر يقع على الأرض.

تصور نيوتن إطلاق قذيفة مدفع بشكل أفقي من قمة الجبل بما يكفي من السرعة لتدور حول كوكب الأرض، وهي تهوي دوماً نحو الأرض، ولكنها تتبع انحناءات سطح الكوكب ولا تصل إلى الأرض أبداً. ورأى أن القمر هو تماماً مثل ذلك المقذوف، يهبط صوبنا باستمرار، ولكنه لا يصل إلى الأرض أبداً. وفي حال توقف القمر عن الحركة، فإنه سيهوي بسرعة إلى الأسفل مثل أي جسم آخر ويرتطم بالأرض. وبالمثل، فإننا إذا أوقفنا الجاذبية، فمن شأن القمر أن يتحرك في خط مستقيم بسرعة ثابتة حتى تتمكن قوة أخرى في الفضاء الخارجي من التأثير فيه.

قوانين عالمية

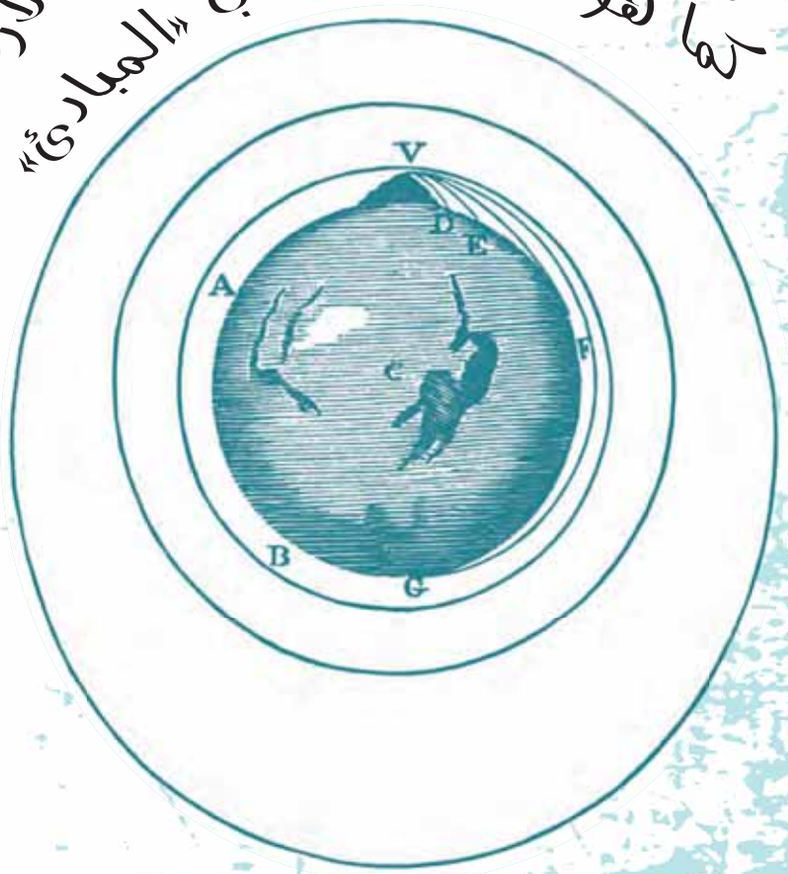
لذا عندما سأل هوك نيوتن، في عام 1679، إن كان لديه أي أفكار حول مدارات الكواكب، فكان لديه الكثير ليقوله، وكتب إلى هوك سلسلة طويلة من الرسائل. وقام في عام 1686 بتدوين جميع القوانين الرياضية الخاصة به عن القوة والحركة والجاذبية، وتفاصيل تجاربه، في كتاب بعنوان «المبادئ الرياضية للفلسفة الطبيعية» – وعرف باختصار باسم «المبادئ» – والذي نُشر في عام 1686.

تعني حقيقة أن نفس القوة هي المسؤولة عن سلوك القمر، أو الأرض، أو قذيفة المدفع، أن قانون نيوتن للجاذبية هو قانون «عالمي». كما أن القوانين التي وضعها بخصوص الحركة كانت عالمية أيضًا. وكانت قوة العلم لخفض حركة معقدة إلى بضعة قواعد بسيطة مثيرة للإعجاب، ولذا بدأ مزيد من الناس في وقت قصير الانضمام إلى مسعى قياس الكون ومراقبته وفهمه.

إن هذا الكتاب الشامل، الكون، المفتوح دائماً أمامنا لنحدّق فيه... مكتوب بلغة الرياضيات »

غاليليو، 1623

خرائط المدافع تحلق حول الأرض كما هو مبين في كتاب «المبادئ»



الحلقة الخامسة

مادة معينة

معرفة مما يتكوّن كل شيء، وذلك برفقة كل من:

ديموقريطس الذي صاغ مصطلح «الذرة».

إسحق نيوتن والجزيئات

روبرت بويل ومرونة الهواء

ستيفن هيلز وتمدد الغازات

دانيال برنولي والمشاهدة الواضحة للغازات

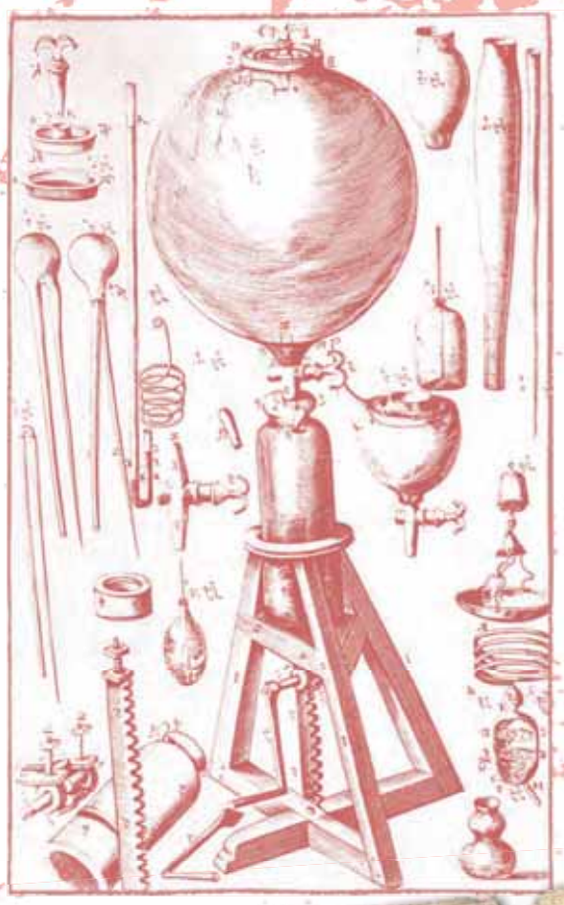
كان ديموقريطس من أوائل الذين تفكّروا في الأجسام الصغيرة.

كان جزء أساسي من الصورة الجديدة للكون التي رسمها نيوتن هي فكرة أن المادة مكونة من جزيئات صغيرة تحكمها نفس القوانين التي تحرك الكواكب. فقد ساهم اعتبار المادة جزيئات في استيعاب وإدراك الفراغ الذي تحدث عنه «فون غوريك». فإذا كانت الجزيئات والفضاء الفارغ موجودان، فإن إزالة الجزيئات لا يترك لنا سوى فضاء فارغ – أي الفراغ.

الأجزاء الأصغر

كان الفيلسوف الإغريقي ديموقريطس من أوائل الذين اعتقدوا أن المادة مكونة من جزيئات صغيرة، وذلك قبل نيوتن بنحو 2000 سنة. لقد تساءل ديموقريطس عما سيحدث إذا ما استمر المرء بقطع جسم ما في النصف وفي النصف ثانية. فهل يمكن القيام بذلك الفعل إلى الأبد، أي صنع قطع أصغر وأصغر؟ أم سينتهي الأمر بالمرء مع «أصغر جزء»، شيء لا يمكن أن يقطع إلى نصفين؟ وقد أشار ديموقريطس إلى تلك الأجزاء الأصغر باسم «الذرات» (Atoms)، اشتقاقاً من الكلمة الإغريقية ATOMOS، والتي تعني «الذي لا يمكن تقسيمه». وقد رفض معظم العلماء والفلاسفة، لمئات السنين، فكرة ديموقريطس. غير أن قوانين نيوتن شهرتها مجدداً – على الأقل لفترة من الوقت.

عرض نيوتن في كتابه «البصريات» الذي نشر في عام 1704، تفسيرات لبعض الظواهر اليومية



بويل يستخدم مضخة الفراغ في دراسته للهواء، واكتشافه لقانون بويل.

المتعلقة بجزيئات المادة، بما في ذلك تفسيرات للصوت والحرارة. كما اقترح أن الضوء هو عبارة عن تيار من الجزيئات. فمن المدهش حقاً أن نفكر في قطرة ماء أو رأس الدبوس – في الواقع، كل شيء من حولك – بأنه مكون من مليارات الجزيئات التي تتحرك، وهي صغيرة للغاية ولا يمكننا رؤيتها. وربما من المدهش أكثر أن نتصور أن نيوتن فكر بذلك منذ أكثر من 300 سنة.

طبيعة الهواء

رأى نيوتن أن الجزيئات في المواد الصلبة والسوائل تجذب بعضها البعض بقوة. وهذا يفسر سبب عدم انتشار هذه الأشكال من المادة كما تفعل الغازات. ولكن في ذلك الحين، لم يميز العلماء بين الغازات وأشاروا إلى جميع أشكال الغازات ببساطة بأنها «هواء». وبما أن «الهواء» كان غير مرئي، لذا اعتقد نيوتن والعديد من العلماء في زمانه بأنه مكون أيضاً من جزيئات.

ألوان حقيقية

الموضوع الرئيسي لكتاب نيوتن

كانت «البصريات» (وهو اسم الكتاب أيضاً) عبارة عن الضوء واللون. وقد اعتقد نيوتن أن الضوء هو تيار من الجزيئات التي تصطدم بالأجسام اللامعة، وتنحرف لأنها تمر من خلال أجسام شفافة مثل العدسات الزجاجية. ولكنه لم يتمكن من أن يفسر كيف يمكن أن تختلف جزيئات الضوء عن الألوان. وفي تجربته الأكثر شهرة التي أوردها في كتابه، استخدم نيوتن المنشور الزجاجي لتقسيم الضوء الأبيض إلى طيف من الألوان. وبقيامه بذلك، برهن نيوتن أن الضوء الأبيض ليس ضوءاً نقياً كما كان يعتقد أكثر الناس، بل هو في الواقع خليط من الألوان.

ستيفن هيلز
يطلق «الهواء» من العسل

في ستينيات القرن السابع عشر، أجرى روبرت بويل تجارب على «الهواء»، باحثاً عن الكيفية التي يندفع بها إلى الخلف – بعبارة أخرى يزداد ضغطه – عندما يُضغط. وهذه السمات الخاصة بالمادة – أي الدفع إلى الخلف عندما تُضغط (أو التراجع عندما تتمدد) تسمى «مرونة». والهواء هو أكثر مرونة بكثير من الحجر مثلاً. وقد اكتشف بويل قانوناً بسيطاً لوصف مرونة الهواء، ينص على أنه إذا ضُغط الهواء إلى نصف حجمه، فإن ضغط الهواء يزداد، وإذا ما ضُغط إلى ثلث حجمه، فإن ضغطه يتضاعف ثلاث أضعاف، وإذ ما ضُغط إلى ربع حجمه، يزداد الضغط إلى أربعة أضعاف – وهلم جراً. وكنتيجة لقانون بويل، بدأ العلماء يعتبرون الهواء بأنه من «السوائل المرنة» (السائل هو أي شيء يتدفق: سواء أكان سائلاً أو غازاً). وقد تصور نيوتن جزيئات الهواء الصغيرة جداً بأنها كرات ثابتة متصلة بواسطة زنبركات.

حشو الفضاء

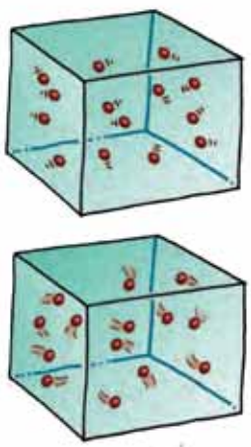
في عشرينيات القرن الثامن عشر قام العالم الهاوي الإنجليزي ستيفن هيلز باكتشاف مذهل عن الهواء. فقد قام بتسخين مواد نباتية وحيوانية – علاوة على مادة غير حية (غير عضوية) – وأجرى أيضاً عدداً من التفاعلات الكيميائية المختلفة. وقام في كل حالة بجمع «الهواء» الذي تسرب من المادة قيد الدراسة. فعندما سخّن فقط بوصة مكعب واحد (أي نحو 16 سم^3) من العسل على سبيل المثال، «نشأ هناك 144 بوصة مكعب من الهواء».

وخلص هيلز إلى أن معظم المواد الصلبة والسائلة تحتوي على كمية كبيرة من الهواء، تجهد إلى الانفلات، وبأن الحرارة أو الفعل الكيميائي يتيح لها ذلك الانفلات. وحالما يخرج الهواء، فإنه يتمدد لملء أي فراغ، ويمارس الضغط كالمعتاد. وقد ظهرت نتائجه في كتابه بعنوان «إحصاء النبات» الذي نُشر في عام 1727. وقد توافقت تلك الأفكار تماماً مع فكرة أن الهواء سائل مرن.

التحليق بحرية

في ثلاثينيات القرن الثامن عشر، وضع عالم الرياضيات السويسري دانيال برنولي رؤية مختلفة عن الكيفية التي تتصرف بها جزيئات الهواء. فقد اقترح برنولي أنه بدلاً من أن تكون الجزيئات ثابتة، وتتنافر في ما بينها، فإنها غير مرتبطة ببعضها البعض، وتحلق بسرعة في جميع الاتجاهات. ومن ثم يكون ضغط الهواء نتيجة اصطدام الجزيئات ضد جانبي وعاء ما.

ففي عام 1738، استخدم برنولي قوانين نيوتن لإنشاء معادلة تحتسب متوسط سرعة جزيئات الهواء. ويمكن استخدام هذه المعادلة أيضاً لتقدير ضغط الهواء في درجات حرارة مختلفة. وقد نجحت المعادلة حقاً، وتعد فكرة برنولي قريبة جداً من الفهم الحديث للغاز. وكان ذلك إنجازاً رائعاً. ولكن برنولي سبق زمانه: ففكرة نيوتن – أن جزيئات الهواء ثابتة وتصطدم ببعضها – هي التي دامت.



كيف صوّر برنولي جزيئات الهواء حرة الحركة، بدرجة حرارة منخفضة (أعلى) وحين تتحرك بشكل أسرع عندما تسخن (أعلاه).

تفكير مائع

دراسة أسرار الكهرباء، مع:

وليام غيلبرت، أول من أطلق اسم السائل على الكهرباء

فرانسيس هوكسبي وعالمه المكهرب

ستيفن غراي والموصلات البشرية

القس جان أنطوان نوليت وتجاربه الصادمة

بنجامين فرانكلين وخدعة الطائرة الورقية الخطيرة

اعتقد ستيفن هيلز أنه اكتشف أدلة أن الهواء كان مضغوطاً داخل مادة عادية، وأنه يُدفع ليتحرر. ولكن فيما واصل القرن الثامن عشر تقدمه، بدأ العلماء يعتقدون أن ثمة سائل مماثل مرن غير مرئي قد يكون سبب ظاهرة الكهرباء. إذ كيف يمكن أن تفسر تلك القوى غير المرئية التي تجعل الأجسام تنجذب وتتنافر، وتجعل الشعر ينتصب وتتسبب بحدوث الشرر؟

كان الطبيب الإنجليزي وليام غيلبرت أول من اقترح أن تكون الكهرباء نوعاً من السوائل في كتابه الذي نُشر في عام 1600 بعنوان «دي ماجنتا» (كل شيء عن المغناطيسية). وقد أجرى غيلبرت تجاربه على الكهرمان (أحفورة شجرة الراتنج). ففرك الكهرمان بالفراء يجعل كلا من المادتين مشحونة كهربائياً – بنفس الطريقة التي عندما تحك بها بالوناً بشعرك، فيجعل البالون الشعر مشحوناً. فالكهرمان المشحون والفراء ينجذبان إلى بعضهما البعض، وكلاهما يجذبان الأجسام الأخرى، مثل قطع من الشعر والورق. وقد لاحظ الناس أن بعض المواد تتصرف بهذه الطريقة منذ أيام الإغريق القديمة.

اعتقد غيلبرت أن السائل الكهربائي موجود داخل مواد مثل الكهرمان والفراء. وتصور أنه عندما يفرك هذه المواد، فإن السائل يتمدد ويحيط بالجسم، تماماً مثل الغلاف الجوي حول الأرض. وبينما «يسقط» السائل عائداً إلى الجسم، فإنه يسحب الأجسام الصغيرة معه. ولم يلاحظ غيلبرت أن الكهرباء يمكنها أن تجذب وتصد (قوة التنافر). ولكن في عام 1628 اكتشف العالم الإيطالي نيكولو كابيو أنك إذا أحضرت قطعتين من الكهرمان المشحونتين – أو قطعتين من الفراء المشحونتين – بالقرب من بعضهما فإنهما تتنافران.

العوم في الماء، إبرة ممغنطة عالقة في فلينة حرة للاصطفاف مع القوى المغناطيسية للأرض.

مشحون بشكل كبير

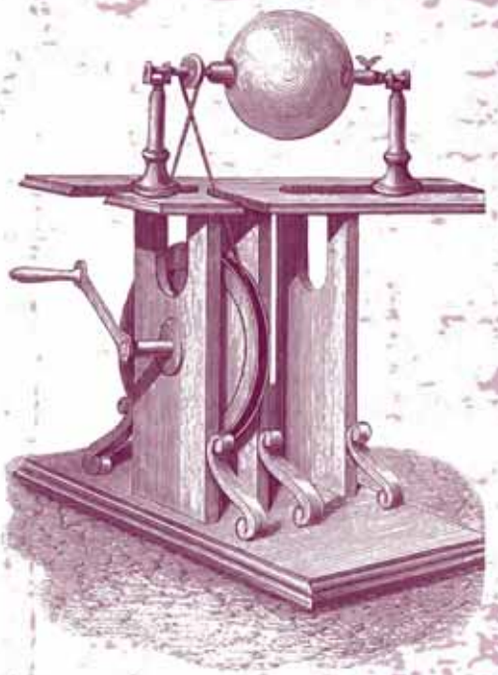
مثّل القرن الثامن عشر ذروة العلوم التجريبية، وأصبحت الكهرباء هي الموضوع المفضل للأبحاث. ففي عام 1706 اكتشف العالم الإنجليزي فرانسيس هوكسبي أنه يمكنه توليد الكهرباء بفرك الزجاج على الجلد، فقام بوضع كرة زجاجية على محور عجلة مربوط بعتلة. فعندما كان يضع يداً واحدة على البلورة في حين كانت اليد الأخرى تدوّرها بسرعة، أمكنه سماع صوت خشخشة كهربائية – فقد أصبحت البلورة الزجاجية مشحونة جداً بالكهرباء، ومن ثم كان بمقدورها جذب الأشياء، كما أنه يمكن استخدامها لشحن أشياء أخرى لاستخدامها في التجارب.

وفي وقت قريب جداً، أصبحت بلورة هوكسبي من الأدوات المعيارية. وقد تصور العلماء أن شحن أي جسم يعني أنهم أجبروا المزيد من السائل على الدخول إلى البلورة – بالفعل كانت عبارة «شحن» تعني «حشو». كما ساهمت فكرة أن السائل يتسرب مجدداً في تفسير كيفية قدرة الأجسام المشحونة على ممارسة القوة عبر المسافات.

أعلاه: غيلبرت يعرض لملكة إنجلترا إليزابيث الثانية عملية الجذب الكهربائي إلى اليمين: قطعة من الكهرمان

سائل آخر مرن

كان وليام غيلبرت أول من كتب عن القوى الكهربائية، فقد استخدم في كتابه «دي ماجنتا» كلمة «كهربائي» (electricus)، أي «شبيه بالكهرمان». وقد اشتق العبارة من العبارة الإغريقية «إلكترون» التي تعني الكهرمان، وبذلك أصبحت العبارة التي استخدمها مصدر كلمة «الكهرباء». ولكن كما يوحي عنوان كتابه، فإن اهتمام غيلبرت كان منصباً على القوى المغناطيسية. وقد اقترح أن للكرة الأرضية نواة من الحديد تعمل مثل مغناطيس ضخم، وقد صنف في كتابه سلوك المغناطيس والمواد المغناطيسية. وقد بقي أصل القوى المغناطيسية، لبعض الوقت، لغزاً تماماً كما كان منشأ القوى الكهربائية. كما أجرى علماء القرن الثامن عشر تجارب على المغناطيسات، واعتقدوا أن المغناطيسية سائل آخر مرن، تماماً مثل الكهرباء.



بلورة هوكسبي. أدِر المقبض، وضع يداً على الكرة التي تدور بسرعة، وسيتطاير الشرر حالاً.

في عشرينيات القرن الثامن عشر لاحظ عالم الفيزياء الإنجليزي ستيفن غراي أن بعض المواد تسمح لـ «السوائل الكهربائية» المرور من خلالها، في حين أن البعض الآخر لا يسمح بذلك. وبعد أربع سنوات، منح العالم، الفرنسي المولد، جون ديساغليرز، الأسماء التي نستخدمها اليوم: «الموصلات» التي تنقل الكهرباء، و«المواد العازلة» التي لا تفعل ذلك. وكما فعل العديد من العلماء التجريبيين في ذلك الحين، كثيراً ما قام غراي بعروض عامة.

لقد اكتشف غراي باختياره بعناية الموصلات والعوازل لأجزاء مختلفة من جهازه، بأنه يمكنه السيطرة على التأثيرات الكهربائية. وثمة عرض، كرّره العديد من العلماء الآخرين في ذلك الحين، شمل مشاركة صبي معلق بخيوط الحرير. فحين لمس غراي ساقي الصبي بقضيب زجاجي مشحون، كان بإمكان يدي الصبي ووجهه أن تجتذب قطعة من الورق. وقد مرت الشحنة الكهربائية من خلال جسم الصبي، ولكنها لم تتمكن من عبور الحرير، لأنه مادة عازلة.

الدوائر الكهربائية

ربما كانت «جرة ليدن» أهم قطعة من أدوات العلماء الذين كانوا يقومون بدراسة الكهرباء. وكانت عبارة عن وعاء زجاجي مع رقائق معدنية تلفه من الخارج وتبطنه من الداخل. وكانت الطبقة الرقيقة من القصدير في الداخل موصولة بقضيب معدني يلمسه الشخص الذي يجري التجربة بجسم مشحون كهربائياً لشحن الكرة. وكان بإمكان «جرة ليدن» تخزين كميات كبيرة من الشحنات الكهربائية، والتي يمكن إطلاقها بتأثير كبير. وباستخدام «جرة ليدن»، أجرى القس الفرنسي العالم جان أنطوان نوليت أشكالاً مذهلة من عرض غراي. ولتسلية ملك فرنسا، صعق نوليت بالصدمات الكهربائية في الوقت نفسه 180 حارساً ملكياً كانوا يمسكون بأيدي بعضهم البعض في دائرة – فقفزوا جميعاً وهم يلهثون.

«جرة ليدن». سلسلة معدنية تربط أعلى المقبض المعدني بالطبقة الرقيقة من القصدير داخل الكرة.

عززت «جرة ليدن» فكرة أن الكهرباء عبارة عن سائل: فأي طريقة هي أفضل لتخزين السوائل من تخزينها في جرة؟ كما أنها جعلت من الممكن إنتاج شرر مؤثر – مصدر افتتان الباحثين الكهربائيين. كما عزز الشرر فكرة أن الكهرباء عبارة عن سائل، وجعل الناس يعتقدون بأن السائل نوع من النار. وفي عام 1784، صنع العالم الهولندي مارتينوس فان ماروم آلة تنتج شرارة يبلغ طولها 60 سم وسماكتها نحو 3 مم.

مغازلة الخطر

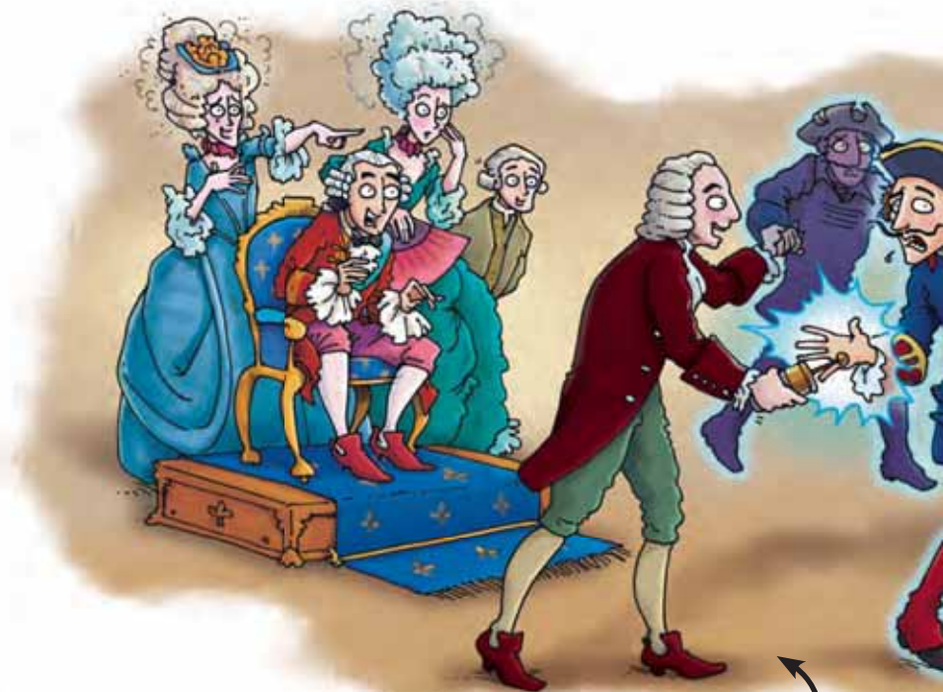
في عام 1752، قام رجل الدولة الأميركي بنجامين فرانكلين بتجربة مشهورة، ولكن خطيرة. فقد طير في الهواء طائرة ورقية مصنوعة من الحرير خلال عاصفة رعدية، وذلك لاختبار فكرة أن البرق عبارة عن ظاهرة كهربائية. واكتشف أنه يمكن جمع شحنة كهربائية واستخدامها في جميع التجارب التي تُجرى عادة مع الكهرباء المولدة عن طريق فرك الفراء بالكهرمان. وقد

«عندما يبلل المطر الطائرة الورقية والنبيذ، بحيث يمكنه نقل النار الكهربائية بحرية، فإنك ستكتشف أنها تتدفق بكميات كبيرة عبر المفتاح حين اقترابها من براجمك»

بنجامين فرانكلين، 1752.

لقي علماء آخرون حتفهم وهم يحاولون تكرار تجربة فرانكلين – إنها ليست فكرة جيدة أن يطير المرء طائرة ورقية في عاصفة رعدية!

لقد كانت التجارب الكهربائية والعروض مثيرة للإعجاب. ولكن كان ثمة عدد قليل من القرائن بشأن الطبيعة الحقيقية للكهرباء، كما كان هناك الكثير من الإرباك والاختلاف. فعلى سبيل المثال، اعتقد بنجامين فرانكلين أنه يوجد سائل كهربائي واحد، واعتقد أن الأجسام تُشحن إذا كان لديها الكثير من هذه السوائل (خلق شحنة موجبة) أو القليل جداً منها (شحنة سالبة). ولكن القس نوليت اعتقد أن هناك سائلان مختلفان. ولم يتمكن علماء القرن الثامن عشر من إحراز أي تقدم حقيقي يذكر في فهم الظواهر المرتبطة بالكهرباء. وعلى الرغم من ذلك منح تصور أن الكهرباء سائل العلماء شيء لقياسه، وشيء للنقاش بشأنه.



استخدم نوليت تكتيكات الصدمة لإثارة إعجاب العائلة المالكة الفرنسية.

الحلقة السابعة

موضوع ساخن

تحديد طبيعة الحرارة برفقة كل من:

غابرييل فهرنهايت، مخترع ميزان الحرارة الزئبقي

أندرس سيلسيوس، مخترع ميزان درجة الحرارة المئوية

جوزيف بلاك الذي بحث عن الحرارة المخفية

لم يكن ميزان الحرارة الذي ابتكره غاليليو ميزان حرارة حقيقي، فلم يكن به مقياس لقياس درجة الحرارة.

شك عدد قليل من العلماء، منهم إسحق نيوتن، وروبرت بويل بأن الحرارة هي حركة جزيئات المادة: فكلما تحركت جزيئات الجسم بنشاط، أصبح الجسم أكثر سخونة. ولكن كثيرين في القرن الثامن عشر لم يكونوا مقتنعين بأن المادة تتكون من جزيئات. ويعتبر معظم العلماء الحرارة – مثل الكهرباء والمغناطيسية – مادة أخرى غير مرئية من السوائل التي يمكن أن «تُحتوى» في الأجسام، ويمكن أن تمر من جسم إلى آخر.

قياس الحرارة

في عام 1592 قدم غاليليو أول شكل من أشكال ميزان الحرارة، كان يشير إلى التغييرات في درجة الحرارة، ولكن لعدم وجود مقياس فيه، فإنه لم يكن «يقيس» في الواقع أي شيء. وعلى الرغم من ذلك، بدأ الناس في القرن السابع عشر بإضافة مقياس إلى ميزان الحرارة الخاص بهم، لقياس «درجة الحرارة». وفي عام 1714 اخترع الفيزيائي ونافخ الزجاج السويدي غابرييل فهرنهايت أول ميزان حرارة دقيق، وكان يتكون من زئبق موجود في أنبوب زجاجي مغلق، وفيه مقياس درجة بسيط.

في عام 1732، أشار العالم الهولندي هيرمان بورهاف إلى أن درجة الحرارة هي تركيز سائل سخن: إذا تم وضع سائل ساخن في نفس المكان، فإن درجة الحرارة سترتفع. وهذا الأمر يفسر خلط مواد في درجات حرارة مختلفة. فعلى سبيل المثال، اخلط كوباً من الماء درجة حرارته 40 درجة بكوب تبلغ درجة حرارته 50 درجة، فستكون درجة الحرارة النهائية 45 درجة. ولكن في أربعينيات القرن الثامن عشر قام فهرنهايت بتجارب تحدى فيها فكرة بورهاف البسيطة. فقد قام فهرنهايت بخلط كميتين متطابقتين من الماء والزئبق عند درجات حرارة مختلفة، فكانت درجة الحرارة الناتجة أقرب إلى درجة حرارة الماء، وليس ما

بين الاثنتين. كما وضع فهرنهايت كوباً من الماء وكوباً من الزئبق بالقرب من النار، فسخن الزئبق بسرعة أكبر. وبدا أن مواد مختلفة تتمتع بالقدرة على امتلاك كميات مختلفة من السائل الساخن – أو على الأقل امتصاصها بمعدلات مختلفة.

الحرارة الكامنة

أشار الكيميائي الاسكتلندي جوزيف بلاك إلى قدرة المادة للاحتفاظ بالحرارة بـ «السعة الحرارية». وباعتباره كيميائياً، كان مرتاحاً بالاعتقاد بأن الحرارة مادة أو سائل، وأن فكرة السعة الحرارية فكرة مقبولة. وكان هذا يعني ببساطة أن بعض المواد تتفاعل بقوة أكبر مع السائل الساخن، أو يرتبط بها بقوة أكبر – تماماً، على سبيل المثال، كما يمكنك أن تذوب في الماء سكراً أكثر مما تذوبه في الزيت النباتي.

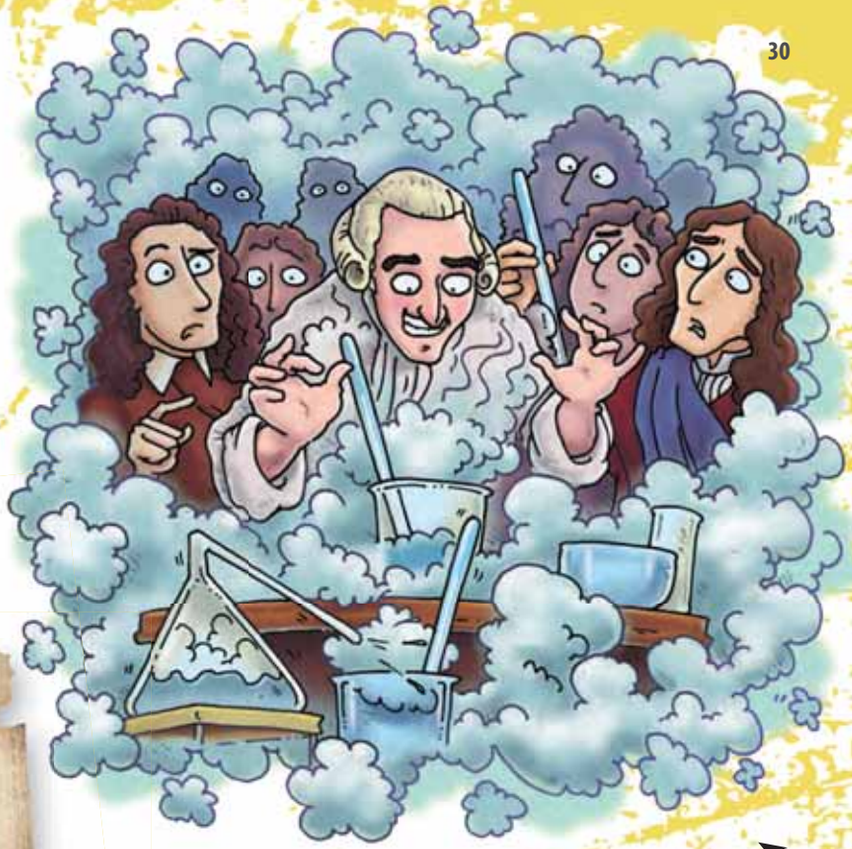
وعلى الرغم من ذلك، قام بلاك باكتشاف مهم، ربما ينبغي أن يضع وجود السائل الساخن موضع شك. ففي عام 1761، قام بقياس مقدار الحرارة التي تمتصها كتلة من الثلج وهي تذوب، ووجد أنها (أي درجة الحرارة) كانت كافية لزيادة درجة حرارة المياه بنحو 78 درجة مئوية. وعلى الرغم من ذلك، بقيت درجة حرارة الجليد دونما تغيير وهي تذوب – فهي لا «تسخن» على الإطلاق. وفي عام 1762، قام بعملية قياس مشابهة لماء يغلي، فبقي على ذات درجة الحرارة، حتى تبخر تماماً؛ في هذه الحالة امتص الماء المغلي حرارة كافية تزيد على 440 درجة مئوية.

«تخيلت أنه أثناء غلي الماء أن الحرارة يمتصها الماء وتدخل في تركيبة البخار الناتج».

جوزيف بلاك 1760.

مقاييس الحرارة

في القرن الثامن عشر، اخترع عشرات العلماء موازين لقياس درجات الحرارة، وتحدد كل منها بـ «نقاط ثابتة»، بحيث يمكن لأي شخص يستخدمها الحصول على نفس العدد لنفس درجة الحرارة. ولا يزال اثنان من هذه المقاييس حتى الآن، وإن تغير شكلاهما بعض الشيء. ففي عام 1724 اخترع فهرنهايت مقياساً للحرارة باستخدام أبرد خليط تمكن من صنعه العلماء – الثلج والماء والملح والأمونيوم كلوريد – باعتباره درجة صفر، والغريب أنه تم اعتبار درجة حرارة جسم الحصان (100 درجة) كنقطة ثابتة. وفي عام 1742، اخترع الفلكي السويدي أندرس سيلسيوس مقياساً بنطاق 100 درجة، تراوح بين درجة حرارة ذوبان الجليد والماء المغلي. والغريب أن سيلسيوس صمم ميزانه بالماء المغلي (درجة صفر) والجليد الذائب بدرجة 100. ولكن قام عالم سويدي آخر هو كارل لينايوس بعكس ميزان سيليوس في عام 1744، في العام الذي توفي فيه سيليوس.



كان جوزيف بلاك مصمماً على معرفة أين تختبئ الحرارة الكامنة.

افترض العلماء أن السائل الساخن، باعتباره مادة فيزيائية، لا يمكن إنشاءه أو تدميره، بل ينتقل من مكان إلى آخر. فما الذي حدث للحرارة التي فُقدت في أثناء ذوبان الجليد وغليان الماء؟ بالنسبة إلى بلاك، كان السائل الساخن لا يزال موجوداً، ولكنه كان مقيداً بشدة إلى البخار أو الماء – «مختفٍ» من ميزان الحرارة. ولذا أطلق على هذه الحرارة الخفية تسمية «الحرارة الكامنة».

الحرارة كعنصر

نعلم الآن بأن الحرارة ليست سائلاً، وأن الحرارة الزائدة التي يمتصها الثلج أو الماء المغلي عليها تحرير الجزيئات من بعضها البعض. ولكن فكرة أن الحرارة عبارة عن سائل، أي مادة معينة، سادت لبعض الوقت. وفي عام 1784 أطلق عليها الكيميائي الفرنسي أنطوان لافوازييه اسماً هو «السعرات الحرارية»، وضمنها في قائمته للعناصر الكيميائية. وفي الواقع، لم يتمكن العلماء قبل خمسينيات القرن التاسع عشر من إدراك ماهية الطبيعة الحقيقية للحرارة ودرجة الحرارة – وبرهنت أن كل من نيوتن وبويل كانا يبحثان في أمر مهم.

أنطوان لافوازييه، وإلى اليسار مسعر الجليد، الجهاز الذي اخترعه في عام 1782 لقياس الحرارة الناتجة عن التفاعلات في المواد الكيميائية.

لشيء ما في الهواء

فهم التفاعلات الكيميائية، بمساعدة:

جورج ستال ونظرية اللاهوب (مادة كيميائية)

جوزيف بلاك، أول من عزل ثاني أكسيد الكربون

هنري كافنديش، مكتشف الهيدروجين

جوزيف بريستلي و«الهواء منعدم اللاهوب»

أنطوان لافوازييه وتجاربه الكيميائية الرائدة

الصورة الخيالية للكيميائي، 1600

كانت تجارب الحرارة والكهرباء في القرن الثامن عشر مثيرة ومحفزة للتفكير، لكنها لم تجعل العلماء أقرب إلى اكتشاف الطبيعة الحقيقية للحرارة والكهرباء. ولكن في نهاية ذلك القرن، أدى التطور السريع لعلم الكيمياء إلى إحراز مزيد من التقدم.

الكيمياء هي دراسة تركيبة المواد، وكيفية تغيرها وتفاعلها. علماً أن سلف علم الكيمياء كان فناً باطنياً يطلق عليه «الخيمياء». وكان الخيميائيون في معظم أنحاء العالم القديم يحرقون المواد، ويخلطونها ويقطرونها المواد، آملين أن يتحكموا في تحول المادة. وفي هذه العملية، تمكن الخيميائيون العرب في القرون الوسطى من تطوير العديد من التقنيات المستخدمة حالياً في مختبرات الكيمياء.

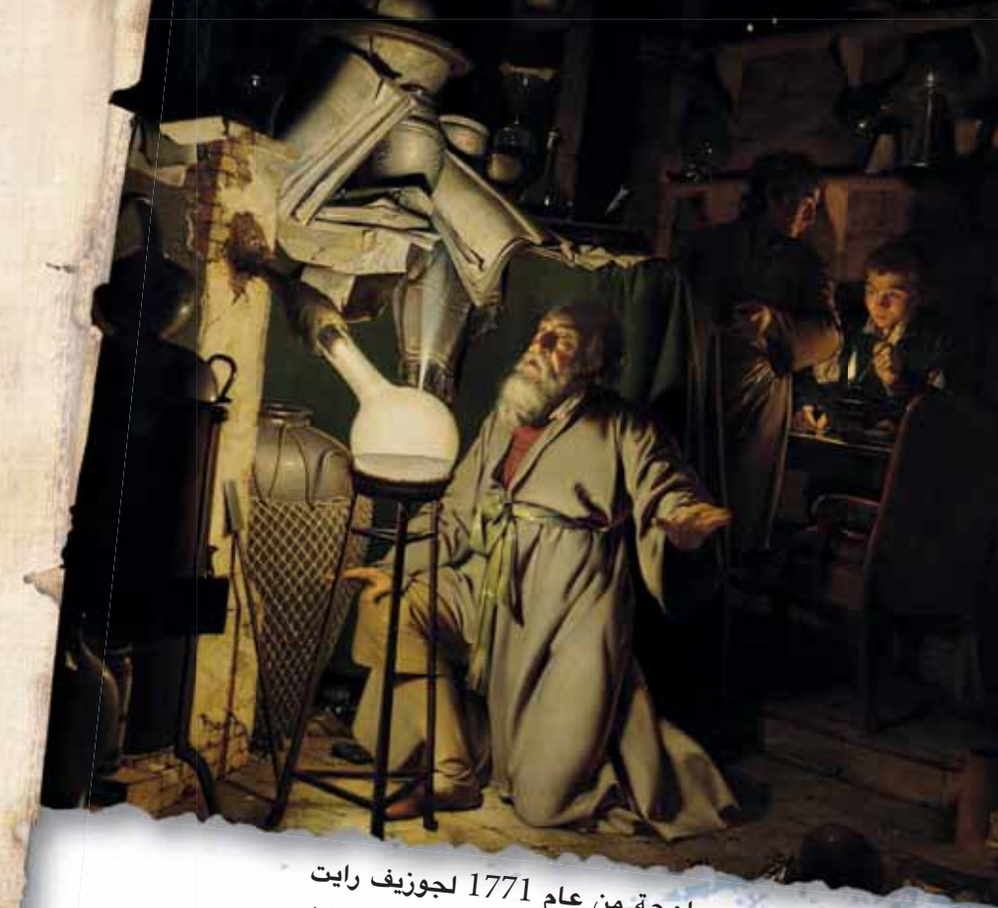
أقبل العلماء الأوروبيين الأوائل على الخيمياء بحماس منقطع، ولكن الإجراءات التي استخدمها الخيميائيون لم تتبع الأسلوب العلمي. ومع ذلك، ففي عام 1661، أشار روبرت بويل في كتابه المؤثر «الخيميائي المتشكك»، إلى أن أسرار التفاعلات الكيميائية يمكن حلها بالمراقبة، والوزن، والقياس. ولكن كان من شأن اعتماد هذا النهج العلمي الإسراع في نهاية الخيمياء المحتومة، وبداية علم الكيمياء.

نظرية اللاهوب

كانت النار من أهم مكونات المختبر الخيميائي، إذ كان بإمكانها إحداث أو تسريع التفاعلات الكيميائية. وفي عام 1703، اقترح العالم الألماني جورج ستال أن احتراق المواد يحتوي على مادة

حجر الفلاسفة

كان لدى معظم الخيميائيين هدفان رئيسيان: تحويل المعادن الرخيصة إلى ذهب، وإنتاج نوع من الدواء يسمى «الإكسير» الذي يمكنه علاج جميع الأمراض وجعل الإنسان يعيش إلى الأبد. وكان هذان الهدفان مترابطين: فالذهب كان جامداً (لا يتفاعل)، ولذا فقد كان لا يآكل أو يصدأ؛ أي يبقى إلى الأبد، وكان من المأمول أن يمنح الإكسير الناس الشيء نفسه. وعندما تبنى العلماء في أوروبا أهداف وممارسة الخيمياء، اعتقدوا أن مادة واحدة يمكنها تحقيق الهدفين، وهي حجر الفلاسفة.



لوحة من عام 1771 لجوزيف رايت تظهر هينينغ براند وهو يبحث عن حجر الفلاسفة – فيكتشف الفوسفور.

غير مرئية تسمى «اللاهوب»، وتطلق عندما يتم حرق مثل هذه المادة، وتخلف وراءها المواد الأخرى. وفقا لهذه النظرية، على سبيل المثال، يتكون الخشب من الرماد واللاهوب – عندما يتم حرق الخشب يطلق اللاهوب ويبقى الرماد.

اقترح أتباع نظرية اللاهوب أن هناك حاجة لأنه يمتص الهواء اللاهوب؛ وهذا يفسر عدم احتراق الأشياء في الفراغ، كما برهن بويل. كما أنهم أكدوا أن الهواء يمكن أن يمتص فقط كمية محددة من اللاهوب – وهذا يفسر سبب احتراق الشمعة لفترة قصيرة في جرة مغلقة. والغريب كما قد يبدو لنا اليوم، أن هذه النظرية كان رائجة جداً في القرن الثامن عشر.

تفكيك العناصر

منذ العصور القديمة، افترض معظم الخيميائيين والفلاسفة أن النار كانت عنصراً – مادة نقية لا يمكن تقسيمها إلى مواد أبسط – وأن كل شيء

البحث عن مادة معجزة

مكون من أربعة عناصر فحسب: التراب والهواء والنار والماء. فالرماد، على سبيل المثال، كان من التراب. وقد أحب الخيميائيون هذه الفكرة، لأنها كانت توحي بأن أي نوع من المادة يمكن أن «تتغير» من الناحية النظرية إلى أي مادة أخرى، وذلك بتغيير كمية كل عنصر. ولكن اكتنفت الشكوك فكرة العناصر الأربعة في ستينيات القرن السابع عشر، عندما اكتشف الخيميائي الألماني هينينغ براند مادة لم تكن معروفة سابقاً، أطلق عليها اسم «الفوسفور». ولم تكن هذه المادة هواء، أو تراباً، أو ناراً، أو ماء، ولكنها كانت عنصراً لا يمكن تفكيكه.

تلقت نظرية العناصر الأربعة ضربة أخرى في عام 1751، عندما اكتشف جوزيف بلاك أن الهواء ليس عنصراً على الإطلاق: بل كان في الواقع خليطاً من المواد. وكان بلاك يجري دراسة على «المغنيزيا البيضاء»، وهي مادة كيميائية كان يستخدمها لعلاج عسر الهضم – وهي ما نطلق عليه اليوم «كربونات المغنيسيوم». فعند تسخينها

هنري كافنديش
مكتشف «الهواء القابل للاشتعال»، وهو ما نطلق عليه اليوم الهيدروجين

أو خلطها بالحامض، تطلق المغنيزيا البيضاء الغاز. وكانت الغازات كلها تعرف بالهواء في ذلك الحين. ولكن بلاك أدرك أن الهواء الذي أطلقته مادة المغنيزيا البيضاء كان جزءاً منها، ولكنه يختلف عن الهواء العادي، وبرهن هذا بإجراء سلسلة اختبارات بارعة. واكتشف، على سبيل المثال، أن الحيوانات لا يمكنها البقاء على قيد الحياة في الهواء الجديد، وأنه يخمد اللهب. فكان ما تمكن بلاك من عزله في الواقع هو ثاني أكسيد الكربون.

الهواء ضمن الهواء

في عام 1766، اكتشف العالم الإنجليزي هنري كافنديش «هواء» آخر، وذلك بعد جمعه فقاعات نجمت عن ذوبان المعادن في الأحماض ببطء. كما احترق هذا الهواء الجديد بشكل جيد للغاية، بفرقعة صاخبة. واعتقد كافنديش أنه قد جمع بالفعل مادة اللاهوب نفسها، فأطلق عليه «هواء قابل للاشتعال»، وهو ما نسميه اليوم «الهيدروجين». كما لاحظ كافنديش أيضاً أنه عندما أحرق الهواء القابل للاشتعال أنتج قطرات من الماء – لكنه لم يتمكن من تفسير ذلك.

بعد ست سنوات، اكتشف الكيميائي السويدي كارل فيلهلم سكيل هواء آخر جديد، أطلق عليه اسم «الهواء الناري»، لأن الأشياء كانت تحترق فيه بشكل جيد للغاية. ونحن نسمي اليوم هذا «الهواء» الأوكسيجين. وقد أنتج سكيل الهواء الجديد عن طريق تسخين مسحوق أحمر يسمى «أكسيد الزئبق». وقد اكتشف العالم الإنجليزي جوزيف بريستلي نفس «الهواء» بشكل مستقل، بالطريقة نفسها.

بعد ذلك بعامين. ووجد بريستلي أن الفئران عاشت فترة في جرة مملوءة بالهواء الجديد أطول بكثير مما عاشت في الهواء العادي. حتى أنه تنفس ذلك «الهواء» بنفسه، ملاحظاً أنه شعر أن صدره «خفيف بشكل غريب»، وأن تنفسه «كان سلساً لبعض الوقت بعد ذلك». وأطلق على «الهواء» الجديد «الهواء منعدم اللاهوب». واعتبر بريستلي أن سبب احتراق الأشياء بشكل جيد يعود إلى خلو هذا الهواء من مادة اللاهوب – ويمكنه بالتالي امتصاصها بسهولة.

فأرة جوزيف بريستلي
تستمتع بمزايا «الهواء منعدم اللاهوب».

ملاحظة التفاعلات الكيميائية

في عام 1774، سافر بريستلي إلى فرنسا. وبينما كان هناك شرح اكتشافه إلى الكيميائي الرائد أنطوان لافوازييه الذي كان مشهوراً آنذاك لتجاربه الدقيقة للغاية. وكرر لافوازييه على الفور تجربة بريستلي وسكيل، وأذهلته فكرة: أن الاحتراق كان تفاعلاً كيميائياً، وهو أن «هواء» بريستلي منعدم اللاهوب ينضم أو يرتبط بعناصر أخرى. وأطلق اسم «الأوكسيجين» على «الهواء منعدم اللاهوب». وبرهن نظريته في مجموعة رائعة من التجارب. كما شرح لافوازييه أيضاً ملاحظة كافنديش بأن احتراق الهواء القابل للاشتعال ينتج قطرات من الماء. وأدرك أنه عندما يحترق الهواء القابل للاشتعال، فإنه ينضم إلى الأوكسيجين في الهواء.

أنطوان لافوازييه يجري تجربة على الاحتراق، في عام 1774، باستخدام مرآة حرق ضخمة. لاحظوا النظارات الشمسية.

وأطلق لافوازييه على الهواء القابل للاشتعال اسم «الهيدروجين»، أي «صانع المياه». حتى أنه تمكن من الحصول على الهيدروجين من الماء بواسطة «تحلّل» البخار الساخن.

كما تمكن لافوازييه من شرح التفاعلات الكيميائية علمياً لأول مرة، وكان أول من استوعب المعنى الحقيقي للعناصر (مثل الأوكسيجين والهيدروجين)، والمركبات (مثل الماء) والتفاعلات الكيميائية – انضمام وانفصال العناصر المختلفة. وبذا واجهت الخيمياء والسعي للعثور على حجر الفلاسفة مصيرهما المحتوم. كما قُضي على نظريتي مادة «اللاهوب»، والعناصر الأربعة. غير أن علم الكيمياء الجديد كان حياً ويتقدم بخطى وئيدة.

«يجب علينا، في كل حالة من الحالات، عرض منطقنا لاختبار التجربة، وأن لا نبحث عن الحقيقة إلا من خلال الطريق الطبيعي للتجربة والمراقبة».

أنطوان لافوازييه، 1970

الحلقة التاسعة

العلم في الطبيعة

إلقاء نظرة ثاقبة على تشكيل قشرة الأرض، كما شرحها كل من:

جيمس هوتون الذي قدّر أعمار الصخور

جون بلاي فير الذي شرح كل شيء بطريقة أفضل

السيد هوتون، النجم الصخري

لم تكن الكيمياء فحسب النشاط الوحيد الذي أصبح علماً في نهاية القرن الثامن عشر. فالجيولوجيا (دراسة الصخور والطبيعة) أصبحت هي الأخرى علماً كذلك. فمثلما صنعت بصيرة وملاحظات أنطوان لافوازييه الثاقبة من الكيمياء علماً حقيقياً، فكذلك تدين الجيولوجيا بولادتها كعلم، إلى حد كبير، لشخص واحد هو العالم الهاوي، الاسكتلندي المولد، جيمس هوتون.

تهدف الجيولوجيا إلى الإجابة عن أسئلة، مثل «كم هو عمر الأرض؟»، و«كيف تشكلت الجبال؟»، و«ماذا يوجد في الأعماق تحت أقدامنا؟». لقد افتتن جيمس هوتون بأسئلة كهذه. وأدرك أهمية الملاحظة في الإجابة عنها. وبالتالي، أصبح يعرف المناظر الطبيعية في موطنه اسكتلندا، معرفة جيدة، تماماً كما كان لافوازييه مع التفاعلات الكيميائية.

«يجب تفسير تاريخ ماضي عالمنا بما يمكن أن نراه يحدث الآن».

جيمس هوتون، 1785.

مشهد دائم التغير

عاش هوتون في مزرعة عندما كان في العشرينيات من عمره. وراقب لأشهر وسنوات كيف كان المطر يجرف التربة من الأرض إلى الأنهار، وأدرك أن الأنهار كانت تحمل التربة إلى المحيط، حيث كانت تستقر بلا شك في قاع البحر. كما أدرك أيضا أن الأمطار والأنهار كانت تحتّ الصخور ببطء أيضاً، وتجرفها في قطع صغيرة للغاية. وتوصل هوتون إلى أنه إذا استمرت هذه العملية لفترة طويلة جداً، فسيكون هناك العديد من الطبقات الترسبية في قاع البحر، وأن وزن الطبقات الأعلى سيضغط الطبقات الموجودة أسفل منها، الأمر الذي سيؤدي إلى تشكيل «صخور رسوبية». وقد رأى هوتون هذه الطبقات الصخرية حوله في كل مكان – ولكنها كانت كلها فوق مستوى سطح البحر. واعتقد أن قوة ما هائلة لفظتها من المحيط، وأنه قد يكون للبراكين والزلازل دور في ذلك.

لم تكن جميع الصخور مكونة من الطبقات: ولكن بدا أن ثمة صخوراً كانت مادة سائلة في ما مضى. وأن في بعض هذه الصخور «المجمّدة» بلورات كبيرة، وفي بعضها الآخر بلورات صغيرة. وقد استنتج هوتون أن هذه الصخور لا بد أن استغرقت وقتاً طويلاً لتبرد وتصبح صلبة بحيث تكوّنت فيها هذه البلورات الكبيرة، وأما الصخور ذات البلورات الصغيرة فلا بد أنها بردت وأصبحت صلبة بسرعة أكبر. كما كان بعضها لا يحتوي على أي بلورات على الإطلاق، وبدت مثل الزجاج؛ ولا بد أنها أصبحت صلبة بسرعة مثل الزجاج، قبل أن تتشكل فيها أي بلورات.

قدمت البراكين لجيمس هوتون دليلاً على الحرارة الداخلية للأرض، والتي كانت محورية لنظريته.

مالت هذه الطبقات من الصخور الرسوبية إلى أعلى بفعل قوة هائلة

توصل هوتون إلى أن هناك صخوراً منصهرة في البراكين، وقد تصور أن يكون لكوكب الأرض نواة منصهرة. كما توصل إلى أن الصخور المنصهرة المتدفقة من البراكين يمكن أن تتسرب إلى الشقوق في الصخور المحيطة، وتذيب تلك الصخور، وبمجرد أن تخمد البراكين تبرد الصخور المنصهرة ببطء، وتشكل بلورات كبيرة. فهناك الكثير من البراكين الخامدة في اسكتلندا، وتتلاءم الصخور من حولها مع أفكار هوتون.

عمر العالم

بدأ هوتون ببناء صورة حول كيفية عمل الأرض. واستنتج أن كوكب الأرض مستمر في التغير. فالطبيعة تتأكّل، مشكّلة صخوراً رسوبية، قد ترفع وتطوى من قبل قوى هائلة أو تذوبها حرارة البراكين. وفي الوقت نفسه، تشكّل صخور البراكين المنصهرة صخوراً جديدة، حتى تحت سطح البحر، حيث تضيف طبقات إلى قاع المحيط.

كما اتضح لهوتون أن هذه العمليات تستغرق وقتاً طويلاً جداً – وأن عمر الأرض لا بد أن يكون كبيراً للغاية. لكن هذا كان يختلف تماماً عما

تعلمه. ففي أوروبا أواخر القرن الثامن عشر، كان الكتاب المقدس هو المرجعية حول كيفية تشكل الأرض والطبيعة. ومن أدلة الكتاب المقدس قدّر العديد من العلماء عمر الأرض فقط بنحو 6.000 سنة. وقد جاء أكثر التواريخ «دقة» لإنشاء كوكبنا من الأسقف الإنجليزي جيمس أوشر في عام 1654، والذي خلص إلى أن الله خلق العالم في مساء يوم 22 تشرين الأول/ أكتوبر 4004 قبل الميلاد، وأكثر من ذلك، فقد ذكر الكتاب المقدس أن الله جعل الأرض جميلة كما هي – أي أنها لا تتغير.

كان جيولوجيو ذلك الزمان يميلون إلى الاعتقاد بأن الصخور الرسوبية التي كانوا يرونها في الطبيعة قد تشكّلت جميعها خلال الطوفان العظيم الذي ورد ذكره في الكتاب المقدس (الذي بنى نوح فيه سفينته)، وحتى الصخور الصغيرة ذات البلورات تشكلت فيه.

قلب الأفكار

كان هوتون يدرك أن أفكاره ستكون مثيرة للجدل، لذا بحث عن مزيد من الأدلة لدعم نظريته. ووجد أمثلة على ما كان في ما مضى صخوراً منصهرة بالقرب من الطبقات الرسوبية، أو حتى داخلها. كما وجد أماكن فيها صخور رسوبية فوق صخور منصهرة طويت وتآكلت. ولا يعقل أن يكون ذلك قد حدث في مجرد بضعة آلاف من السنين.

عندما قدم أفكاره في كتابه «نظرية الأرض» في عام 1788، اقتنع بها عدد قليل من الناس. ولكن بعد وفاته، كتب صديقه العالم الاسكتلندي جون بلاي فير، كتاباً بعنوان «توضيحات لنظرية هوتون حول الأرض» (1802)، والذي فسر فيه أفكار هوتون أكثر بشكل واضح، وبحلول ثلاثينيات القرن التاسع عشر أصبحت أفكار هوتون مقبولة على نطاق واسع.

كان هوتون يتساءل عن حجم الصخور الرسوبية التي يمكن أن يُعثر عليها فوق الأرض، في حين أنها تشكّلت تحت سطح البحر.. وفجأة أدرك السبب!!

غير التماثل لدى هوتون - الصخور الرسوبية الأحدث فوق الصخور الرسوبية الأقدم المائلة إلى أعلى.

الحلقة العاشرة

قطع صغيرة جداً

إدراك أن كل شيء مكون في الحقيقة من ذرات، برفقة:

النجم الكيميائي **أنطوان لافوازييه**

لويجي جالفاني وسيقان ضفادعه الراقصة

أليساندرو فولتا وأول بطارية كهربائية

دراسات **جوزيف بروست** حول المركبات الكيميائية

جون دالتون الذي أدرك أن لمختلف العناصر أوزان مختلفة

TRAITE
ÉLÉMENTAIRE
DE CHIMIE,
PRÉSENTÉ DANS UN ORDRE NOUVEAU
ET D'APRÈS LES DÉCOUVERTES MODERNES,
TOME PREMIER.
A PARIS,
M. DCC. LXXXIX.

كتاب لافوازييه الشهير «الأطروحة الابتدائية للكيمياء»، 1789.

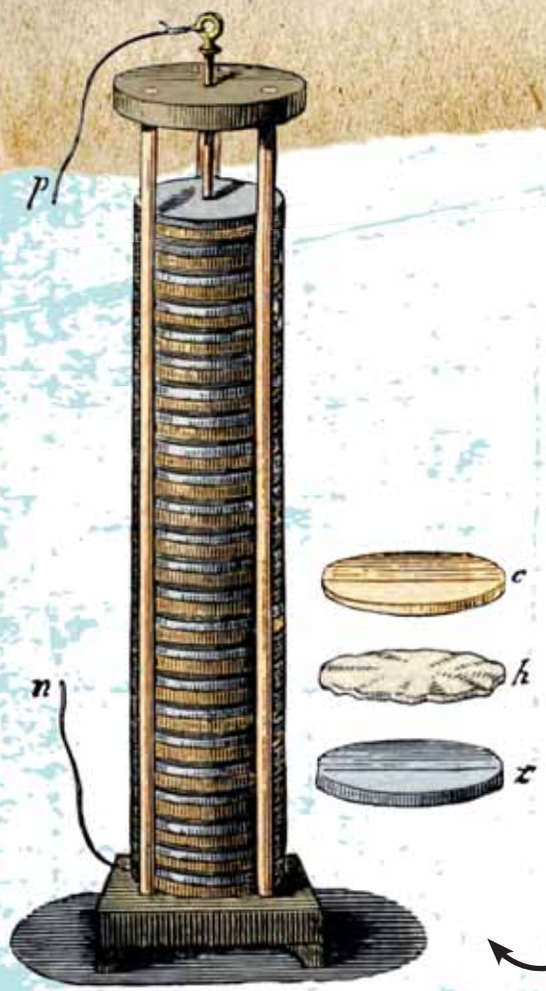
بينما كان جيمس هوتون مشغولاً في محاولة لإقناع الناس حول نظريته عن تشكّل الأرض، كان الكيميائي الفرنسي أنطوان لافوازييه مشغولاً هو الآخر في كتابة أول كتاب عن الكيمياء في العالم. وكانت أهم فكرة وردت فيه هي أن التفاعل الكيميائي لا يخلق أو يدمر المادة. وكان لا بد لهذه الفكرة من أن تؤدي إلى استنتاج لا مفر منه، وهو أن المادة مكونة من جزيئات صغيرة جداً. وتسمى الفكرة الكبيرة في كتاب لافوازييه «قانون حفظ الكتلة». وكانت كلمة «كتلة» تعني مجرد «كمية المادة»، وأن بمقدور المرء قياسها من خلال وزنها. وقد قام لافوازييه مراراً بوزن كل شيء في تجاربه، ولاحظ في كل تفاعل كيميائي أجراه أن الكمية الإجمالية للمادة (الكتلة) كانت في ما بعد كما كانت قبل حصول التفاعل – أي تم حفظها. وقد تلاءم هذا تماماً مع اكتشافه أن التفاعلات الكيميائية هي ببساطة انضمام أو انفصال للمواد المعنية – كما يتفاعل عنصر الهيدروجين مع عنصر الأوكسيجين فينتج عنه ماء – فلا يوجد ثمة مادة مكتسبة أو مفقودة.

في تأكيد درامي لهذه الفكرة، استخدم العلماء، في عام 1800، في كل من إنكلترا وألمانيا جهازاً حديث الاختراع، وهي البطارية، لشطر الماء بنجاح إلى العنصرين اللذين يتكون منهما: الهيدروجين والأوكسيجين. وقد استخدم علماء

جون دالتون والبحث للحصول على إجابات في قارورة زجاج.

البطارية الكهربائية

في ثمانينيات القرن الثامن عشر، اكتشف العالم الإيطالي لويجي جالفاني أن الكهرباء يمكن أن تجعل أرجل الضفادع الميتة ترتعش. فأجرى العديد من التجارب، ولكن في واحدة منها لم يستعمل الكهرباء – ما كان من جالفاني إلا أن لمس أرجل الضفادع بنوعين مختلفين من المعادن، فكانت ترتعش. وخلص عالم إيطالي آخر، هو أليساندرو فولتا، إلى أن الكهرباء كانت تمر بين نوعين مختلفين من المعادن. ولإثبات ذلك، قام في عام 1799 صنع كومة من أقراص النحاس وأقراص الزنك وفصلهما بكومة من أقراص الورق الرطبة. فمر ثمة تيار كهربائي بتواصل بين مختلف المعادن – بهذه الطريقة صنع فولتا أول بطارية في العالم.



كومة فولتا:

أقراص من الزنك وأقراص من النحاس مفصولة بأقراص من الورق المقوى المبلل مدعمة بكومة من قضبان الزجاج.

آخرون في وقت لاحق البطارية لعزل العناصر الأخرى، ولا سيما همفري ديفي الذي اكتشف البوتاسيوم والصوديوم والكالسيوم والمغنيسيوم بهذه الطريقة.

الغازات كعناصر

كان السبب في أن أحداً لم يلاحظ حقاً حفظ الكتلة قبل لافوازييه هو أن العديد من التفاعلات الكيميائية كانت تتضمن الغازات. فإذا ما أطلقت الغازات في الهواء خلال التفاعل الكيميائي، فإن وزن الكيميائيات السائلة أو الصلبة يتناقص، وإذا ما تم امتصاص الغازات من الجو خلال التفاعل، فإن وزن المواد الصلبة أو السائلة يزداد. وعلى الرغم من ذلك، أجرى لافوازييه تفاعلاته في أنابيب مختومة، للحيلولة دون تسرب الغازات في الهواء. ولوصف «الهواءات» الجديدة، بدأ لافوازييه باستخدام كلمة «غاز» (GAZ بالفرنسية). وقد

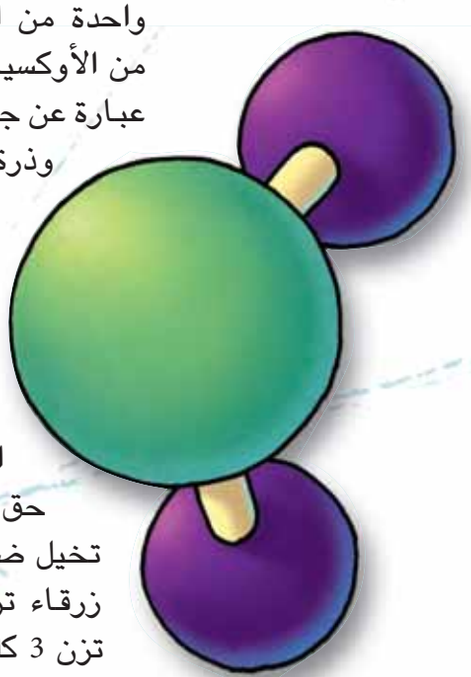
رسومات دالتون لذرات عدة عناصر، مع تقديره لوزن كل منها.

ساعد هذا العلماء على اعتبار الغازات مواد في حد ذاتها، تماما مثل المواد الصلبة والمواد السائلة.

كانت اكتشافات لافوازييه ثورية، وحفزت الناس على التفكير. وكان أحد هؤلاء الكيميائي الفرنسي جوزيف بروست. فبين عامي 1799 و1803، اكتشف بروست أن أي مركب معين مكون من نفس نسبة العناصر من حيث الوزن. فعلى سبيل المثال، فكل 100 غرام من أكسيد القصدير مكون من 88 غراماً من القصدير و12 غراماً من الأوكسيجين، في حين يتكون كل 100 غرام من كبريتيد الحديد من 64 غراماً من الحديد، و36 غرام من الكبريت – كتل العناصر في مركب ما تكون دائماً بنفس النسبة. كانت هذه حقيقة مذهلة وبسيطة تماماً أمام عيني بروست، ولكنه لم يدركها آنذاك.

وزن المادة

تُرك الأمر للكيميائي الإنجليزي جون دالتون لإجراء الربط. فقد كان دالتون مؤمن كبير بفكرة أن المادة مكونة من جزيئات صغيرة للغاية – الذرات. وأشار إلى أن لكل عنصر ذرات مختلفة، وعندما تكوّن مركباً تنضم ذرات العنصر الواحد إلى ذرات عنصر آخر في كتل منفردة تسمى «ذرات مركبة» (نطلق عليها اليوم جزيئات). لذلك اعتبر دالتون أن مركب ذرة من الماء هو عبارة عن ذرة واحدة من الهيدروجين منضمة إلى ذرة واحدة من الأوكسيجين (اليوم نعرف أن الماء في الواقع عبارة عن جزيء مكون من ذرتين من الهيدروجين وذرة واحدة من الأوكسيجين).



كل جُزَيء من الماء (H_2O) يتكون من ثلاث ذرات: ذرتان من الهيدروجين (H_2)، وذرة واحدة من الأوكسيجين (O). غير أن دالتون اعتقد أنها مكونة من ذرة واحدة من الهيدروجين، وذرة من الأوكسيجين.

أدرك دالتون أن ذرات العناصر المختلفة قد تكون لها كتل مختلفة. فذرات الحديد قد تزن أكثر من ذرات الكبريت، على سبيل المثال، وذرات الأوكسيجين تزن أكثر من ذرات الهيدروجين. واتضح أنه كان على حق. ولمعرفة سبب كون هذا حدث كبير، تخيل ضم كرة حمراء تزن كيلوغراماً إلى كرة زرقاء تزن كيلوغرامين لصنع «كرة مركبة» تزن 3 كلغ، فإن مئة من هذه الكرات المركبة ستزن 300 كلغ، وستتكون من كرات حمراء تزن 100 كلغ وكرات زرقاء تزن 200 كيلوغرام، على الرغم من أن العديد من كتل الكرات لديك سيكون لها دوماً نفس النسبة من الكرات الحمراء والزرقاء. ترجم ذلك إلى ذرات ومركبات، فهذا هو بالضبط ما اكتشفه بروست. ففجأة باتت جميع التفاعلات الكيميائية واضحة ومفهومة.

في عام 1808، نشر دالتون نظريته في «النظام الجديد للفلسفة الكيميائية»، وأصبحت فكرة أن المادة مكونة من جزيئات أكثر إقناعاً وأكثر شعبية من أي وقت مضى.

الحلقة الحادية عشرة

ربط الأمور ببعضها

كيف أصبحت قوتان قوة واحدة، على النحو الذي أقره كل من:

هانز كريستيان أورستد، أول من لاحظ تأثير الكهرباء في المغناطيسية

أندريه أمبير الذي وصف وقاس القوى الكهرومغناطيسية

جوزيف هنري ومغناطيسه الكهربائي العملاق

مايكل فاراداي مخترع أول محرك كهربائي

في 21 نيسان/ أبريل 1820، كان الفيزيائي الدنماركي البروفيسور هانز كريستيان أورستد يلقي محاضرة عن الكهرباء لمجموعة من طلابه. واكتشف هانز خلال المحاضرة اكتشافاً مذهلاً. فعندما قام بتوصيل الأسلاك إلى طرفي البطارية، بدأت الإبرة المغناطيسية لبوصلة بالقرب منه بالارتجاج. وقد أثبت هذا الاكتشاف أن الكهرباء والمغناطيسية مرتبطان ببعضهما بطريقة أو بأخرى – وأثار محاولة جديدة من أجل «توحيد» قوى الطبيعة.

فالبوصلة كالتي استخدمها أورستد لها إبرة ممغنطة تتسم بحرية الاستدارة شمالاً وجنوباً مع مغناطيسية الأرض. ونتيجة لذلك، فالبوصلات مفيدة في الملاحة، وقد استعملها البحارة الصينيون حتى في القرن الحادي عشر.

لقد استخدم وليام غيلبرت البوصلات في

انظروا، من دون استخدام يديه! أورستد يستخدم تياراً كهربائيا لجعل البوصلة تتحرك.

بوصلة البحارة الصينيين

تجاربه في تسعينيات القرن السادس عشر، ولا يزال العلماء يستخدمونها لدراسة المغناطيسية منذ ذلك الحين. ولكن لم يسبق لهم أن استخدموها لإجراء التجارب مع الكهرباء.

إتقان القوى

عندما وصف أورستد اكتشافه في منشور، انتشر الخبر بسرعة عبر أوروبا، وكان التقدم في هذا الميدان الجديد من الدراسة سريعاً. وفي غضون شهرين، كتب الفيزيائي الفرنسي أندريه أمبير ورقة علمية حول موضوع «الديناميكا الكهربائية»، وهي التي تعرف اليوم باسم الكهرومغناطيسية.

لقد توصل أمبير إلى أن إبرة بوصلة أورستد ارتجت لأن التيار في السلك كان ينتج قوة مغناطيسية. وتساءل عما سيحدث إذا وضع سلكين بالقرب من بعضهما البعض، ومرر خلالهما تيار ا كهربائياً. فاكتشف أن بإمكانه جعل السلكين يتجاذبان أو يتنافران، كما لو كانا مغناطيساً، وأنه يمكنه السيطرة على قوة واتجاه القوة بتنويع قوة واتجاه التيار الكهربائي في السلكين. وتمكن أمبير من اكتشاف قانون دقيق في الرياضيات لوصف وتوقع القوى الكهرومغناطيسية، تماماً كما فعل إسحق نيوتن في الجاذبية والحركة.

كما قام أمبير بلفّ سلك في شكل لفافة، واكتشف أن التأثير المغناطيسي كان أقوى بكثير. وأطلق على هذه اللفافة اسم «الملف الحلزوني»، واكتشف أنه يتصرف مثل مغناطيس في شكل قضيب. وقادته رؤياه أيضاً إلى اختراع «الجلفانومتر»، وهو الجهاز الذي يقيس قوة التيار، الأمبير، باسمه هو.

التطبيقات العملية

في غضون عام، تمكن الفيزيائي والكيميائي الإنجليزي مايكل فاراداي من تسخير القوة الكهرومغناطيسية لصنع أول محرك كهربائي في العالم. وتكون ذلك المحرك من أسلاك متدلية في طبق من الزئبق، كان في وسطه مغناطيس. وعندما وصل فاراداي البطارية بالسلك والزئبق، جاعلاً دائرة كاملة، تدفق التيار من خلال السلك والقوة الكهرومغناطيسية، وتسبب في تحرك السلك بشكل مستمر حول المغناطيس. وفي وقت لاحق، في عام 1832، قام الفيزيائي الإنجليزي وليام ستورجيون بتكييف هذا المبدأ لصنع محركات يمكنها أن تقود الآلات.

في عام 1824، اكتشف ستورجيون أن بإمكانه جعل الملف الحلزوني الذي ابتكره أمبير أقوى بلف لفائف من الأسلاك على قضيب من حديد كـ «نواة» لها. وبذلك ابتكر ستورجيون أول «مغناطيس كهربائي». وفي أواخر عشرينيات القرن التاسع عشر، صنع الفيزيائي الأميركي جوزيف هنري مغناطيساً كهربائياً كبيراً يتسم بالقدرة على رفع طناً من الأوزان. وتوجد المغناطيسات الكهربائية اليوم في ملايين الأجهزة المختلفة، بدءاً بمكبرات الصوت وانتهاء بمسرعات الجزيئات.

في عام 1831، اكتشف فاراداي اكتشافاً آخر مذهلاً: لا تصنع الكهرباء المغناطيسية فحسب، بل إن المغناطيسية تصنع الكهرباء أيضاً. واكتشف أنه يمكنه إنتاج تيار كهربائي في سلك – أو أفضل، في لفائف من الأسلاك، كلما مرّرها جيئة وذهاباً بالقرب من المغناطيس. ولا يهم إذا ما حرّك السلك أو المغناطيس، فالتأثير كان هو

الملف الحلزوني هو مجرد لفائف من الأسلاك. لكنه يرسل تياراً كهربائياً من خلالها، وهو شبيه بالقضيب المغناطيسي.

المغناطيس الضخم لجوزيف هنري رفع معنويات الآخرين.

نفسه. وقد أدى هذا إلى تطوير المولدات الكهربائية التي تنتج الطاقة الكهربائية من الحركة. وتوفر هذه المولدات، أياً يكن نوعها، إمدادات ثابتة من الكهرباء لمعظم المنازل.

ومن ثم قام فاراداي بلف لفافتين من الأسلاك حول نواة حديد واحدة، واكتشف أن بإمكانه «إنتاج» تيار كهربائي في سلك واحد بتشغيل التيار الكهربائي في واحدة وإيقافه في الأخرى. فإحدى اللفافتين كانت تنتج المغناطيسية في نواة الحديد، في حين كانت تنتج المغناطيسية الكهرباء في اللفافة الأخرى. كان هذا أول المحولات الكهربائية التي تقوم بدور أساسي في إمدادات الكهرباء الحديثة.

لقد «وحدت» هذه الاكتشافات في الكهرومغناطيسية القوتين، وألقت بالشك على وجود السوائل الكهربائية والمغناطيسية. ونتيجة لذلك، بدأ العلماء يسعون لتوحيد جميع قوى الطبيعة. فقد أرادوا إيجاد «نظرية» بسيطة موحدة يمكنها أن تفسر كل شيء. وقد حصلوا على نظرية كهذه في أربعينيات القرن التاسع عشر.

مايكل فاراداي في مختبره (أدناه) وإلى اليسار بعض اللفائف التي لفها لإجراء التجارب على القوة الكهرومغناطيسية.

الحلقة الثانية عشرة

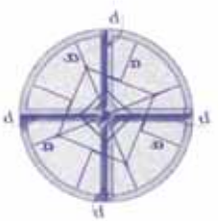
هل لديك طاقة؟

اكتشف النظرية الموحدة، برفقة كل من:

طومسون الذي شعر بحرارة عمل الآخرين

سادي كارنو و«الطاقة المحركة»

جيمس جول الذي أثبت كيف يمكن للطاقة أن تغير شكلها.



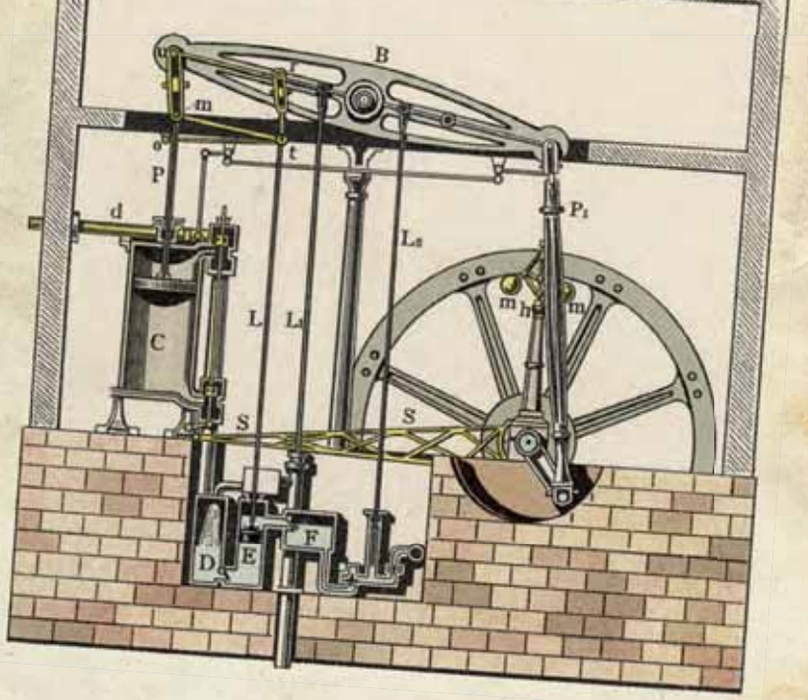
«في سقوط السعرات الحرارية، تزداد الطاقة المحركة بوضوح بفارق درجة الحرارة بين الأجسام الباردة والأجسام الدافئة» سادي كارنو، 1824.

اكتشف

العلماء في تجاربهم التي أجروها على البطاريات، أن بإمكان الكهرباء أن لا تنتج المغناطيسية فقط، ولكن الضوء والحرارة أيضاً. واقترح هذا أن قوى الطبيعة مرتبطة ببعضها بقوة بطريقة ما. فإجراء التجارب على الحرارة كان مهماً في تطوير الفكرة التي من شأنها توحيدها جميعاً: مفهوم الطاقة.

في عشرينيات القرن التاسع عشر، بدأ الفيزيائي الفرنسي سادي كارنو بدراسة الحرارة. وكان كارنو يعتقد مثل معظم العلماء بأن الحرارة سائل – السيال الحراري (السعرات الحرارية)، كما أطلق عليها لافوازييه. وقد تفكر كارنو، خصوصاً، في دور الحرارة في أعجوبة عصره، أي المحرك البخاري. ففي قلب المحرك البخاري أسطوانة معدنية كبيرة فيها مكبس يتحرك جيئة وذهاباً، ويحرك المضخات أو الآلات أخرى. فعندما يدخل البخار إلى الأسطوانة، فإنه يفقد الحرارة ويتكثف فيصبح ماء، ويترك فراغاً جزئياً في جانب واحد من المكبس؛ في المقابل، يخلق ذلك هواء أو بخاراً في الجانب الآخر لدفع المكبس مرة أخرى. وتوصل كارنو إلى أن الحرارة تُصنع للقيام بعمل، وأن المحرك يعتمد أيضاً على البخار الذي يفقد الحرارة، تماماً مثل الماء المتساقط الذي يمكنه أن يحرك عجلة المياه، كما لاحظ كارنو، لذلك فإن أي انخفاض في درجات الحرارة يمكن أن يحرك الأشياء أيضاً. فلكل من الماء والحرارة «طاقة محركة».

باستخدامه خزاناً معزولاً مملوء بالماء. وقد وضع في الماء عجلات مجدافة كانت تدور بفعل بكرات يشغلها وقوع الأوزان. فحين كانت العجلات المجدافة تدور، كانت تزيد من درجة حرارة الماء قليلاً جداً – تحول العمل الذي يقوم به سقوط الأوزان إلى حرارة في الماء. وأجرى جول تجربته بأوزان مختلفة تسقط من ارتفاعات مختلفة، واكتشف أن «المكافئ الميكانيكي للحرارة» كان دائما هو نفسه. بعبارة أخرى، فإن من شأن كمية عمل ميكانيكي ما أن تنتج دائماً كمية الحرارة نفسها.



بالتوصيلات وأذرع المحرك المناسبة، يمكن جعل المحرك البخاري القيام بعمل مفيد، تحريك الآلات في المصانع. يوجد على الأسطوانة الإشارة ‹C›.

عمل ساخن

كانت ملاحظة كارنو أن للحرارة «طاقة محركة» مهمة في تطوير فكرة الطاقة. كما كان مهماً بالقدر نفسه أن العلاقة بين الحرارة والحركة تعمل بشكل معاكس: فالعمل يمكن أن ينتج الحرارة.

في تسعينيات القرن الثامن عشر، لاحظ العالم والمخترع الأميركي بنجامين طومسون، الكونت رومفورد، أنه كلما حفر المهندسون في فوهة المدفع، أنتجوا كميات لا متناهية من الحرارة. واعتقد أن حركة حفر الآلة ينتقل إلى الجزيئات الصغيرة التي صنع منها المدفع – وأن الحرارة كانت حركة تلك الجزيئات.

في ثلاثينيات القرن التاسع عشر، كان عالم الفيزياء الإنجليزي جيمس جول قد بدأ باستكشاف العلاقة بين العمل والحرارة عن طريق قياس الحرارة الناتجة من مجموعة متنوعة من الحالات. وكان جول قد قام بأهم قياسات دقيقة

منذ ذلك اليوم، اتبع طومسون أكثر منهج «كفّ اليد» في عمله.

أصبحت الأعمال الميكانيكية – أو ما يعادلها، مثل الكهرباء أو الحرارة – تعرف باسم «الطاقة». فالأشياء التي كان من المحتمل أن تقوم بعمل ما – مثل أوزان جول قبل أن يدعها تقع – كان يُزعم أن لها «طاقة كامنة». وقد أثبت جول أنه كان من الممكن تتبع الطاقة وهي تتغير من شكل إلى آخر. وفي المقابل، فكرة أن الطاقة تربط مختلف قوى الطبيعة في مفهوم واحد موحد.

كان من الواضح أيضاً أن الطاقة، مثل الكتلة، لا بد من أن «تُحفظ». فلا يمكنك خلق الطاقة، ولا يمكنك تدميرها: الطاقة تتغير فقط من شكل إلى آخر، وهناك كمية ثابتة منها في الكون. لقد كانت هذه أفكار عميقة.

الديناميكا الحرارية والجزيئات

في خمسينيات القرن التاسع عشر، أصبحت فكرة أن الطاقة محفوظة «القانون» الأول لفرع جديد من العلوم يطلق عليه الديناميكا الحرارية. وأما الفكرة المركزية في الديناميكا الحرارية فهي أن درجة الحرارة مرتبطة مباشرة بحركة الجزيئات الصغيرة التي تتكون منها المادة. فكلما كانت حركة جزيئات شيء ما أسرع (في المعدل)، كانت درجة حرارته أعلى. فالحرارة هي نقل الطاقة إلى جزيئات الشيء. لذلك، فإن نقل الحرارة إلى قارورة من الماء يزيد من السرعة التي تتحرك بها جزيئات الماء – وترتفع درجة حرارته.

ومع ذلك، فحالما يصل الماء إلى نقطة الغليان، يتم توجيه أي حرارة إضافية تضيفها إلى تفتيت القوى التي تحمل جزيئات الماء معاً كسائل وتطلقها في شكل غاز. وقد جعلت هذه الفكرة العلماء يدركون أن الغازات مكونة من جزيئات تتطاير بسرعة عالية – تماماً كما اقترح ذلك دانيال برنولي قبل أكثر من 100 سنة.

الحرارة شكل من أشكال الطاقة: يمكنها «القيام بعمل ما». فعندما يغلي الماء، تعمل الحرارة على جزيئات الماء، وتفتتها لتجعل منها بخاراً.

جيمس جول، مع نواعيره. (أدناه): العجلة المجداف (الناعورة) تحركها طاقة الأوزان الساقطة.

الحلقة الثالثة عشر

تطور فكرة

الكشف عن كيفية قدوم الأنواع وذهابها، مع:

كارولوس لينيوس الذي ابتدع نظاماً لتصنيف النباتات والحيوانات

تشارلز داروين ونظريته في الانتقاء الطبيعي

كان مفهوم الطاقة سيصبح من أهم الأفكار الأساسية في العلوم. ولكن بعد ذلك بفترة وجيزة، أي في ستينيات القرن التاسع عشر، هزت فكرة أخرى مهمة للغاية عالم العلوم – هذه المرة في علم الأحياء، ودراسة الكائنات الحية. كانت هذه النظرية التي صاغها العالم الطبيعي الإنجليزي تشارلز داروين، تتناول التطور عن طريق الانتقاء الطبيعي.

لقد قدمت نظرية داروين تفسيراً قوياً لكيفية تطور أنواع النباتات والحيوانات – أو تتطور – على مر فترات طويلة من الزمن. وكان هذه الفكرة قد طرأت لبعض العلماء في وقت سابق. ولكنها كانت فكرة تتعارض جداً مع المعتقدات المعاصرة آنذاك، والتي كانت تستند إلى رؤية الكتاب المقدس للطبيعة: أن الله خلق العالم، والنباتات والحيوانات، ولم تتغير البتة منذ ذلك الحين.

كان بمقدور علماء الأحياء في القرن الثامن عشر، مثل لينيوس (إلى اليسار)، تصنيف النباتات والحيوانات، ولكن كان لديهم أمل ضئيل أن يفهموها.

إيجاد النظام في الطبيعة

كانت البيولوجيا (علم الأحياء) بطيئة بعض الشيء في الاستفادة من المنهج العلمي. وكان ذلك يعود بشكل رئيسي إلى أن الكائنات الحية كانت أكثر تعقيداً من المادة غير الحية. فنمو النباتات والحيوانات وحركاتها لا يمكن التنبؤ بها باستخدام قوانين نيوتن للحركة؛ وليس بمقدور التجارب العلمية المساعدة في فهم كيفية عمل الكائنات الحية. فعلى الرغم من أن علماء التشريح كانوا يقطعون الأجساد ويدرسونها، ولكن لم يكن لديهم فكرة عما كان يجري في داخلها. ونتيجة لذلك، كان الطب يقوم أساساً على الخرافات، والتخمينات، والخيمياء، وليس على علم ثابت.

ومع ذلك فقد بدأ العلماء، في القرن الثامن عشر، بدراسة النباتات (علم النبات) والحيوانات (علم الحيوان) بطريقة أكثر انتظاماً. ففي خمسينيات القرن الثامن عشر، تمكن عالم النبات الدنماركي كارولوس لينيوس من فهم التنوع الهائل للطبيعة، باستخدام نظام تصنيف يتيح للعلماء الذين يعملون في أي لغة الإشارة إلى نفس الأنواع باستخدام اسمها اللاتيني. وفي منتصف القرن التاسع عشر ساعدت التحسينات التي أجريت على المجاهر، وفهم الكيمياء، والتواصل بين العلماء، في تقدم دراسة البيولوجيا.

تغييرات تدريجية

بعد فترة وجيزة من إنهاء دراسته الجامعية، في عام 1831، أبحر تشارلز داروين في جميع أنحاء العالم بوصفه عالم طبيعة في بعثة علمية، على متن السفينة الملكية «بيغل». وقد قرأ داروين خلال رحلته، كتاب الجيولوجي الاسكتلندي تشارلز ليل الذي شرح فيه نظرية جيمس هوتون حول كيفية تشكل الطبيعة على مدى ملايين السنين. وقد شاهد داروين في أثناء سفره الكثير من الأدلة التي تعضد نظرية هوتون. فعلى سبيل المثال، شاهد في تشيلي زلزالاً انتقلت الأرض خلاله عدة أمتار.

في أثناء جمعه النباتات والحيوانات وتصنيفها في رحلة استمرت لمدة خمس سنوات، ذُهل داروين بكيفية تكيّف مختلف الأنواع بشكل جيد في البيئات التي تعيش فيها. وعندما عاد إلى موطنه، بدأ يربط بين التكيف الذي شاهده في جميع أنحاء العالم، والطريقة التي يمكن فيها للمزارعين ومربي الحيوانات في إنجلترا تغيير خصائص النباتات والحيوانات. فيمكن لمربي الحمام، على سبيل المثال، إنتاج طيور بمجموعة متنوعة من الألوان والأشكال والأحجام باستعمال «الاختيار» الدقيق لتزاوج بعض الطيور.

السفينة الملكية «بيغل» وهي راسية قبالة سواحل أميركا الجنوبية.

لقد أدرك داروين أن الأنواع في البرية تتغير أيضاً من خلال «الانتقاء الطبيعي». ورأى أنه لا بد من حدوث تغيرات عشوائية صغيرة – الطفرات –عندما تتكاثر (تتوالد) النباتات أو الحيوانات، وأن هذه الطفرات تغير خصائص النسل قليلاً. وتنتقل هذه الطفرات التي تعزز فرص البقاء للجيل القادم. وتفسر هذه الفكرة سبب تكيف النباتات والحيوانات بشكل جيد في بيئاتها: فحين تتغير البيئة أو ينتقل الكائن الحي إلى بيئة

أي مكان أفضل من أرغال أميركا الجنوبية ليتمكن داروين فيه من إدراك الحياة؟

مختلفة، فمن المرجح أن تنتقل إلى الجيل التالي أي طفرات تجعل الكائن الحي أفضل ملاءمة لتلك البيئة. فعلى مدى فترات طويلة من الزمن، تؤدي الطفرات الصغيرة إلى نشوء نوع جديد تماماً.

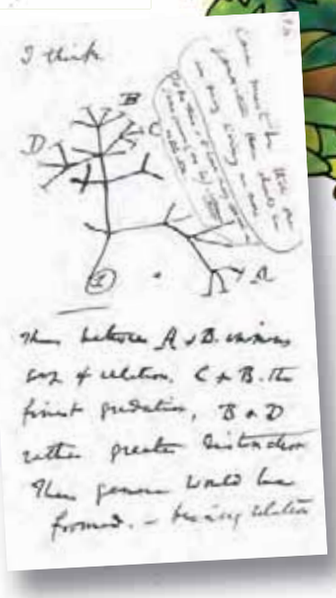
في عام 1836، خلص داروين إلى أنه إذا كانت نظريته صحيحة، فإن بعض الأنواع سوف تنقرض تماماً، وبعضها سوف يتغير، في حين أن الأنواع الأخرى سوف تنقسم إلى نوعين آخرين مختلفين. وبدأ يرى أن جميع الكائنات الحية هي جزء من نفس شجرة العائلة. فإذا ما نظرنا إلى الوراء في الزمن، فسنجد أن الأسماك كلها تأتي من سلف واحد عاش قبل ملايين السنين، والأمر نفسه سينطبق على الثدييات والزواحف والطيور والحشرات والنباتات. وإذ ما نظرنا إلى أبعد من ذلك، فسنجد أن كل شيء حي قد جاء من نوع واحد!!

نظرية مثيرة للجدل

أجرى داروين، في أربعينيات وخمسينيات القرن التاسع عشر، مئات التجارب، معظمها على النباتات في حديقة منزله. وعلى الرغم من أنه لم يكن بمقدوره مشاهدة الأنواع وهي تتطور على مدى ملايين السنين، إلا أنه اكتشف الكثير من الأدلة لدعم نظريته – والقليل مما يتعارض معها.

لقد كانت نظرية داروين ثورية ومدعومة جيداً بواسطة الملاحظة وتجارب، لدرجة كانت لا تقاوم. فنظام لينيوس للتصنيف شجع علماء الطبيعة على التفكير حول كيفية ربط الحيوانات والنباتات ببعضها؛ لقد أظهرت التشريحات أوجه التشابه بين الحيوانات المختلفة، وكشفت الأحفوريات عن أنواع نباتية وحيوانية لم يعد لها وجود. وقد تمكنت نظرية داروين من تفسير كل شيء.

لقد دوّن داروين أفكاره في كتاب بعنوان «في أصل الأنواع عن طريق الانتقاء الطبيعي»، ونشره في عام 1859. وكان يعلم أنه سيكون مثيراً للجدل، ولا سيما في أوساط أتباع الكنيسة. وكان من الانتقادات لنظرية داروين أنه لم يتمكن من اقتراح آلية يمكن حدوث الطفرات من خلالها – وهو أمر كان يدركه جيداً. ولكن بعد مرور 50 عاماً أخرى نجح العلماء في وضع هذه الآلية، وإدراك كيفية وراثة الخصائص.



تمكن داروين من تفسير التطور باعتبار أن الأنواع الجديدة هي بمنزلة فروع جديدة في شجرة تنمو إلى ما لا نهاية.

نجدة الضوء

دراسة الطبيعة الحقيقية للضوء، كما أوضحها كل من:

توماس يونغ ونظرية الموجة

هيبوليت فيزو، حاسب سرعة الضوء

مايكل فاراداي الذي ربط الضوء بالمغناطيسية

جيمس كلارك ماكسويل الذي وجد جواباً في الأرقام

بعد بضع سنوات من نشر داروين نظريته في التطور، اكتشف الفيزيائي الاسكتلندي جيمس كلارك ماكسويل اكتشافاً بالغ الأهمية حول طبيعة الضوء. ولدهشة الجميع، تبين أن للضوء الكثير من الصلة بالكهرباء والمغناطيسية.

لقد ناقش العلماء مطولاً طبيعة الضوء. فإسحق نيوتن، على سبيل المثال، كان يعتقد أن الضوء تيار من الجزيئات، في حين أن فيزيائي القرن السابع عشر الهولندي كريستيان هيغنز اقترح أن الضوء يتصرف مثل موجات أو تموجات على سطح بركة. وفي القرن التاسع عشر أصبحت نظرية الموجة أكثر شعبية بعد أن أجرى الفيزيائي الإنجليزي توماس يونغ سلسلة من التجارب أظهرت أن موجات المياه تتصرف تماماً مثل الضوء.

عبر الطيف

بيّن نيوتن أن الضوء الأبيض مكوّن من طيف من الألوان، تتدفق عبره من اللون الأحمر في طرف واحد، وأصفر وأخضر إلى اللون البنفسجي في الطرف الآخر. ووفقاً لنظرية الموجة، فإن كل لون في الطيف يتناغم مع تردد اهتزاز مختلف – بسرعة تموّج الموجة. ويعد هذا مماثلاً للطريقة التي يحدد فيها تردد موجة الصوت نغمته – ارتفاعه أو انخفاضه.

التموجات في الماء تتصرف تماماً مثل تموجات الضوء.

تجعل الألوان في ضوء الشمس «مرئياً». فما بعد اللون الأحمر توجد الأشعة الحمراء، وما بعد اللون البنفسجي توجد الأشعة فوق البنفسجية

هكذا، في عام 1800، عندما لاحظ الفلكي وليام هيرشيل أن ميزان الحرارة الذي وُضع فقط خلف الطرف الأحمر من الطيف سجل ارتفاعاً طفيفاً في درجة الحرارة، واقترح أن ذلك ربما كان بسبب وجود شكل غير مرئي من الضوء، وظن العلماء أن هذا الضوء غير المرئي كان بتردد أقل من الضوء الأحمر. ونطلق اليوم عليه «الأشعة تحت الحمراء». وبعد ذلك بعام، ملهماً بهيرشيل، استخدم الفيزيائي الألماني يوهان ريتر مواد كيميائية حساسة تجاه الضوء للكشف عن الضوء غير مرئي بعد الطرف الأزرق من الطيف – الضوء الذي كان له تردد أعلى من الضوء الأزرق. ونطلق اليوم على هذا الضوء غير المرئي «الأشعة فوق البنفسجية».

سرعة الضوء

مهما كانت طبيعة الضوء – سواء موجات أو جزيئات – فثمة شيئ واحد يمكن للعلماء قياسه، وهو سرعته. فقد كان واضحاً منذ أمد بعيد أن الضوء ينتقل بسرعة فائقة – البعض يعتقد أن له سرعة لامتناهية. وكانت أولى التقديرات واقعية لسرعة الضوء في القرن الثامن عشر، من الملاحظات الفلكية. وفي عام 1849، أجرى عالم الفيزياء الفرنسي هيبوليت فيزو أول القياسات الأرضية الدقيقة.

وضع فيزو مصدر ضوء خلف عجلة مسننة تدور بسرعة، ووضع مرآة على بعد 8 كم، في مسار الضوء. فمر الضوء من خلال الثغرات في حافة العجلة وتقطع إلى نبضات بواسطة أسنان العجلة. وارتدت النبضات على المرآة وعادت إلى الجهاز، واستغرقت الرحلة مجرد جزء صغير من الثانية. وبسرعة معينة من الدوران، كانت نبضات الضوء

أخيراً رأى فيزو الضوء – وقاسه. لقد طرف مساعده بعينه ولم يرَ الضوء.

ترتد إلى العجلة تماما عندما كانت الفجوة بين الأسنان ترجع إلى مكانها – حينها فقط كان بمقدور فيزو رؤية الضوء المرتد. واستنادا إلى سرعة العجلة والمسافة بين أسنانها، تمكن فيزو من معرفة مدى السرعة التي انتقل بها الضوء. وخلص إلى نتيجة كانت قريبة جداً من الرقم الفعلي، وهو أقل بقليل من 300.000 كم في الثانية الواحدة.

صاغ فاراداي كلمة «حقل» لوصف المنطقة المتأثرة بالمغناطيسات والشحنات الكهربائية، ورسم خطوطاً غير مرئية من القوة.

الضوء والمغناطيسية

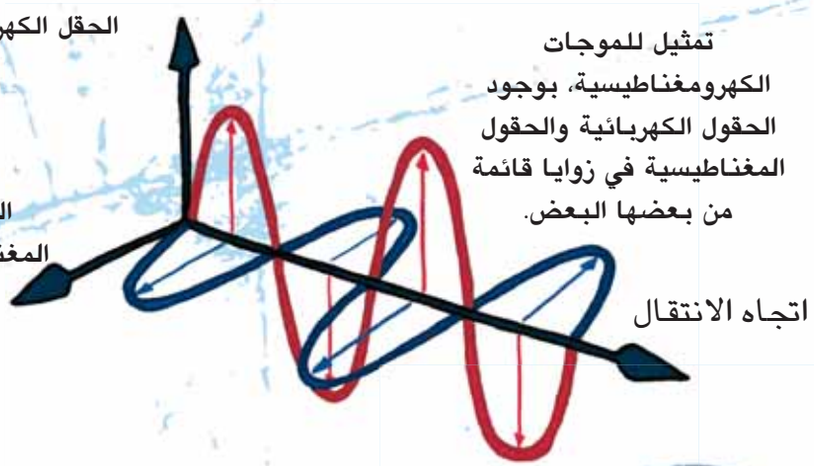
في عام 1845، أجرى مايكل فارادي تجربة معقدة أثبتت أن الضوء يتأثر بالمغناطيسية. وبذا أصبحت قوى الطبيعة أكثر توحداً، ولكن لم يكن لدى العلماء فكرة كيف يمكن أن تؤثر المغناطيسية بالضوء.

في العام نفسه، صاغ فارادي مصطلح «الحقل» لوصف منطقة القوة حول المغناطيسات والأجسام المشحونة كهربائياً. لقد كان فارادي عالماً عملياً باهراً، ولكن لم يكن عالم رياضيات، لذا لم يتمكن من وضع معادلات لوصف الحقول الكهربائية والمغناطيسية والتنبؤ بها، وكيفية تفاعلها. وقد تلقى هذا التحدي عالم الفيزياء الاسكتلندي جيمس كلارك ماكسويل.

في عام 1861، لخّص ماكسويل كل شيء كان معروفاً عن تفاعل الكهرباء والمغناطيسية في أربعة «حقول من المعادلات». ومن ثم قام في عام 1864 بجمع معادلاته الأربعة في معادلة واحدة فقط – وأدرك على الفور نوع المعادلة التي توصل إليها. فقد كانت معادلة تصف الموجات. وعندما استنتج سرعة الموجات التي وصفتها معادلته، كانت مطابقة تماماً لسرعة الضوء. وبذا بين ماكسويل أن جميع أشكال الضوء تتكون من حقول كهربائية ومغناطيسية مجتمعة ينشر بعضها البعض – حقل كهربائي واحد يخلق حقلاً مغناطيسياً يخلق بدوره حقلاً كهربائياً، وهلم جراً. ويحدث هذا على الفور تقريباً، الأمر الذي يجعل الضوء ينتقل بسرعة هائلة.

خارج المقياس

لقد كشفت المعادلات عن أمور أكثر: فقد اقترحت إمكانية وجود أشكال أخرى من الإشعاع الكهرومغناطيسي، حتى بترددات أقل من الأشعة تحت الحمراء وأعلى من الأشعة فوق البنفسجية. ففي عام 1887، اكتشف الفيزيائي الألماني هاينريش هيرتز التردد المنخفض الإشعاع: موجات الراديو. وفي غضون 15 سنة أخرى، اكتشف العلماء نوعين من الإشعاع عالي التردد: الأشعة السينية (1895) وأشعة غاما (1900). وبذلك تبين أن جميع أشكال الإشعاع الكهرومغناطيسي متطابقة – بصرف النظر عن ترددها.



تمثيل للموجات الكهرومغناطيسية، بوجود الحقول الكهربائية والحقول المغناطيسية في زوايا قائمة من بعضها البعض.

«يكون اتجاه الانتقال الكهربائي في زوايا قائمة للاضطراب المغناطيسي، وكلاهما بزوايا قائمة لاتجاه الأشعة»

جيمس ماكسويل، 1864

الحلقة الخامسة عشر

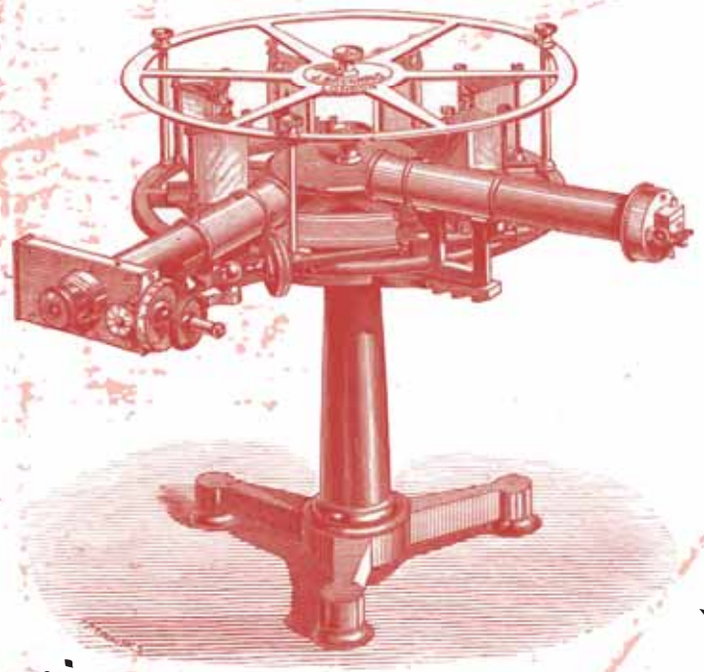
نظام ابتدائي

يكشف عن الأنماط الخفية في الكيمياء، كما حددها:

غوستاف كيرشهوف وبنسن روبرت مخترعي التحليل الطيفي

جون نيولاندز الذي لاحظ التسلسل المتكرر للعناصر

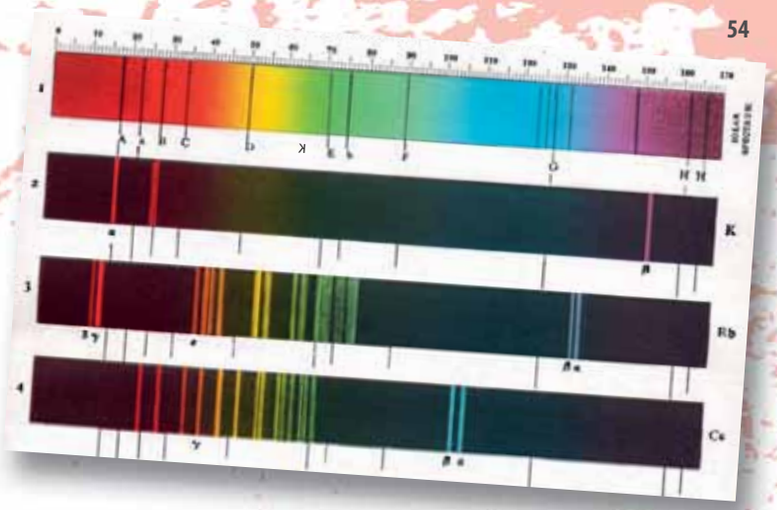
ديمتري مندليف مبتكر الجدول الدوري



سلط مطياف بنسن وكيرتشهوف ضوءاً جديداً على الكيمياء.

كانت النظريات الجديدة حول الطاقة، والتطور، والإشعاع الكهرومغناطيسي قفزات إلى الأمام مثيرة للإعجاب. وسرعان ما اتضح أن حقائق عميقة ما زالت غير مكتشفة في الكيمياء – وكان الكيميائي الروسي ديمتري مندليف حريصاً على اكتشافها.

فبحلول منتصف القرن التاسع عشر، كانت الكيمياء قد قطعت شوطاً طويلاً منذ اكتشف لافوازييه الحقائق الأساسية عن العناصر، والمركبات والتفاعلات الكيميائية في ثمانينيات القرن الثامن عشر. فكانت من التطورات المثيرة اكتشاف العديد من العناصر الكيميائية غير المكتشفة سابقاً. وفي عام 1789، كان لافوازييه يعرف 23 عنصراً، وبحلول نهاية خمسينيات القرن التاسع عشر، ارتفع عدد العناصر في القائمة إلى 58 عنصراً. وفي عام 1860، اكتشف الفيزيائيان الألمانيان، غوستاف كيرتشهوف وروبرت بنسن، العنصر الـ 59 باستخدام جهاز يسمى «المطياف».



أطياف ضوء الشمس (أعلى) والعناصر البوتاسيوم (K)، والروبيديوم (Rb) والسيزيوم (CS)، من رسومات بنسن وكيرتشهوف.

قراءة الخطوط

أدرك كل من كيرتشهوف وبنسن أنهما إذا قاما بتسخين عينة من عنصر ونقلاها من خلال منشور، فإنها تنتج نمطاً ما، أو طيفاً، أو قضباناً ملونة، وأن كل عنصر ينتج نمطاً مختلفاً. وهكذا قاما ببناء جهاز للقيام بهذا – المطياف. وعندما اكتشفا بعد ذلك وجود نمط من الألوان لم يتعرفا إليه، أدركا أنهما اكتشفا عنصراً جديداً، يطلق عليه اليوم «السيزيوم». وبعد ذلك بفترة وجيزة، في عام 1868، مرّر عالم الفلك الفرنسي بيير يانسن أشعة الشمس من خلال منشور، لاحظ وجود خط لم يكن معروفاً سابقاً في طيفه. لقد اكتشف عنصراً آخر جديداً، أطلق عليه في وقت لاحق «الهيليوم»، باسم المفردة اليونانية للشمس – «هيليوس».

البحث عن الرابط

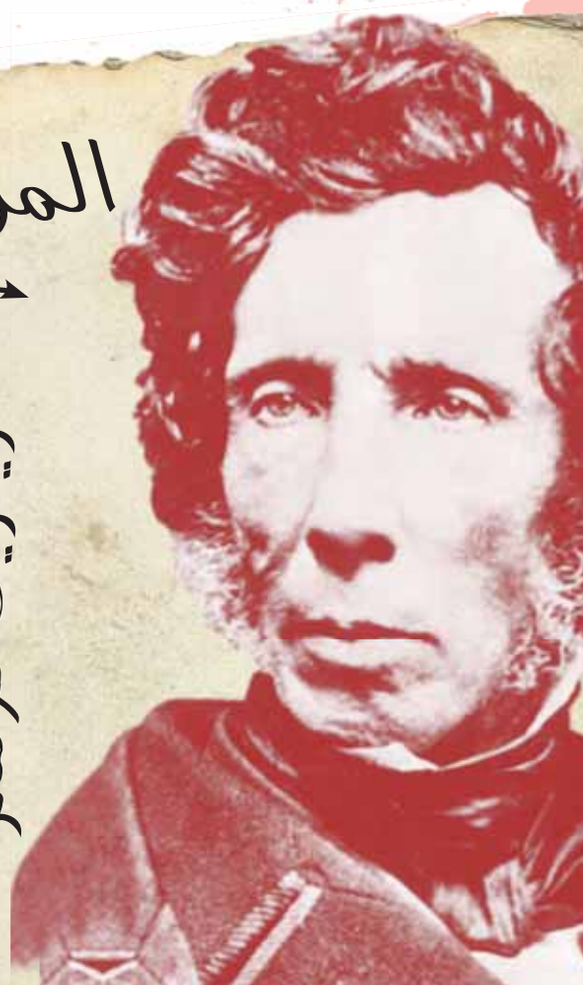
بحلول عام 1870، حدد الكيميائيون 63 عنصراً، وبدأوا يدرسون الرابط في ما بينها، ما يمكن أن يكشف عن النمط المصدر. فلاحظوا، على سبيل المثال، أن كل من الكربون والسيليكون كانا من غير المعادن التي شكّلت مركبات مماثلة، وأن كلاً من الليثيوم والصوديوم، كلاهما ليّنان، من المعادن المتفاعلة.

كان جون دالتون قد توصل إلى أن لذرات العناصر المختلفة أوزاناً مختلفة. ومنذ ذلك الحين قام الكيميائيون بإجراء قياسات دقيقة لأوزان ذرات جميع العناصر المعروفة. ففي عام 1865، تمكن الكيميائي الإنجليزي جون نيولاندز من ترتيب العناصر ترتيباً تصاعدياً بحسب

بلورات واضحة من مركب اليوريا العضوي، تم تصويرها بواسطة مرشحات مستقطبة للضوء (بولاروید).

المركبات العضوية

فريدريك فوهلر



ثمة إنجاز آخر كبير حصل في وقت مبكر من القرن التاسع عشر لإظهار أن التفاعلات الكيميائية في الكائنات الحية لم تكن تختلف كثيراً عن التفاعلات الموجودة في المختبر. فالكائنات الحية مكونة تقريباً من مركبات عنصر الكربون: ما يسمى بالمركبات العضوية. لقد اعتقد العلماء والفلاسفة لفترة طويلة أن المواد العضوية تختلف عن غيرها من المواد «غير العضوية» – أنها تمتلك نوعاً من القوة الحيوية أو الروح الحية. ولكن في عام 1828، قلب الكيميائي الألماني فريدريك فوهلر هذه الفكرة عندما صنع يوريا مركب عضوي من مكونات غير عضوية.

الأوراق على الطاولة

لقد لاحظ ديمتري مندليف أيضاً أن خصائص العناصر كانت «دورية». ففي عام 1869، صنع بطاقات يحمل كل منها اسم عنصر ما ووزنه الذري، ووضعها على طاولة بطرق مختلفة. وعندما رتبها في عدة صفوف، أو «فترات»، مكونة من ثمانية، ثم من ثمانية مرة أخرى، ثم من ثمانية عشر، ابتداء من أعلى اليسار بحسب ترتيب الوزن الذري، وجد أن الأعمدة تمثل « مجموعات» عناصر بخصائص مماثلة. لقد كان ثمة نمط يتشكّل.

على الرغم من وجود ثغرات في جدولة الدوري، أدرك مندليف أنها تمثل عناصر لم تكتشف بعد، وقد تنبأ بدقة تقريباً بخصائص وأوزان ذرية لثلاثة من العناصر المفقودة. فاليوم ثمة 118 عنصراً معروفاً. وعلى الرغم من ضرورة تعديل الجدول بشكل طفيف، إلا أن هيكلة مندليف الأساسية للمجموعات وللفترات تبقى دقيقة.

يوضح الجدول الدوري ترتيب هيكل الذرات. وهو عبارة عن خريطة جاهزة لطبيعة الكيمياء، وقد ثبت أنها دليل مفيد جداً للعلماء في السنوات المقبلة عندما بدأوا باكتشاف أسرار عالم ما داخل الذرة

حتى باللعب من دون ورق لعب كاملة، تمكّن مندليف من اكتشاف تراتبٍ في الكيمياء.

1 H Hydrogen																	2 He Helium
3 Li Lithium	4 Be Beryllium											5 B Boron	6 C Carbon	7 N Nitrogen	8 O Oxygen	9 F Flourine	10 Ne Neon
11 Na Sodium	12 Mg Magnesium											13 Al Aluminium	14 Si Silicon	15 P Phosphorus	16 S Sulphur	17 Cl Chlorine	18 Ar Argon
19 K Potassium	20 Ca Calcium	21 Sc Scandium	22 Ti Titanium	23 V Vanadium	24 Cr Chromium	25 Mn Manganese	26 Fe Iron	27 Co Cobalt	28 Ni Nickel	29 Cu Copper 63.546	30 Zn Zinc 65.409	31 Ga Gallium	32 Ge Germanium	33 As Arsenic	34 Se Selenium	35 Br Bromine	36 Kr Krypton
37 Rb Rubidium	38 Sr Strontium	39 Y Yttrium	40 Zr Zirconium	41 Nb Niobium	42 Mo Molybdenum	43 Tc Technetium	44 Ru Ruthenium	45 Rh Rhodium	46 Pd Palladium	47 Ag Silver	48 Cd Cadmium	49 In Indium	50 Sn Tin	51 Sb Antimony	52 Te Tellurium	53 I Iodine	54 Xe Xenon
55 Cs Caesium	56 Ba Barium	57-71 Lanthanoids	72 Hf Hafnium	73 Ta Tantalum	74 W Tungsten	75 Re Rhenium	76 Os Osmium	77 Ir Iridium	78 Pt Platinum	79 Au Gold	80 Hg Mercury	81 Tl Thallium	82 Pb Lead	83 Bi Bismuth	84 Po Polonium	85 At Astatine	86 Rn Radon
87 Fr Francium	88 Ra Radium	89-103 Actinoids	104 Rf Rutherfordium	105 Db Dubnium	106 Sg Seaborgium	107 Bh Bohrium	108 Hs Hassium	109 Mt Meitnerium	110 Ds Darmstadtium	111 Rg Roentgenium	112 Uub Ununbium	113 Uut Ununtrium	114 Uuq Ununquadium	115 Uup Ununpentium	116 Uuh Ununhexium	117 Uus Ununseptium	118 Uuo Ununoctium

57 La Lanthanum	58 Ce Cerium	59 Pr Praseodymium	60 Nd Neodymium	61 Pm Promethium	62 Sm Samarium	63 Eu Europium	64 Gd Gadolinium	65 Tb Terbium	66 Dy Dysprosium	67 Ho Holmium	68 Er Erbium	69 Tm Thulium	70 Yb Ytterbium	71 Lu Lutetium
89 Ac Actinium	90 Th Thorium	91 Pa Protactinium	92 U Uranium	93 Np Neptunium	94 Pu Plutonium	95 Am Americium	96 Cm Curium	97 Bk Berkelium	98 Cf Californium	99 Es Einsteinium	100 Fm Fermium	101 Md Mendelevium	102 No Nobelium	103 Lr Lawrencium

الجدول الدوري، بفتراته (الصفوف) ومجموعاته «الأعمدة».

وزن ذراتها، واكتشف بدايات النمط. فقد لاحظ نيولاندز أن كل ثمانية عناصر في التسلسل، تتكرر خصائصها الكيميائية – كانت «دورية». فعلى سبيل المثال كان الليثيوم والصوديوم في المرتبتين الثانية والعاشرة، والكربون والسيليكون في المرتبتين الخامسة والثالثة عشر. ولكن نمط نيولاندز انطبق فقط على أول عشرين عنصراً تقريباً، وسُخر منه حتى لإيحائه بأن اكتشافه كان مهماً. وكان هذا عيباً، لأنه كان على وشك اكتشاف أمر ما.

اغسل يديك

في القرن التاسع عشر، كان الجراحون يؤدون عمليات جراحية باستخدام معدات مثل هذه.

استكشاف الجراثيم برفقة كل من:

إيغناز سيملويس، أخصائي الصحة البدنية الرائد

لويس باستور الذي اكتشف أسباب «سوء الأمور»

جوزيف ليستر ورذاذه المطهر

روبرت كوتش الذي عرف الجناة الذين يتسببون بالسل والكوليرا

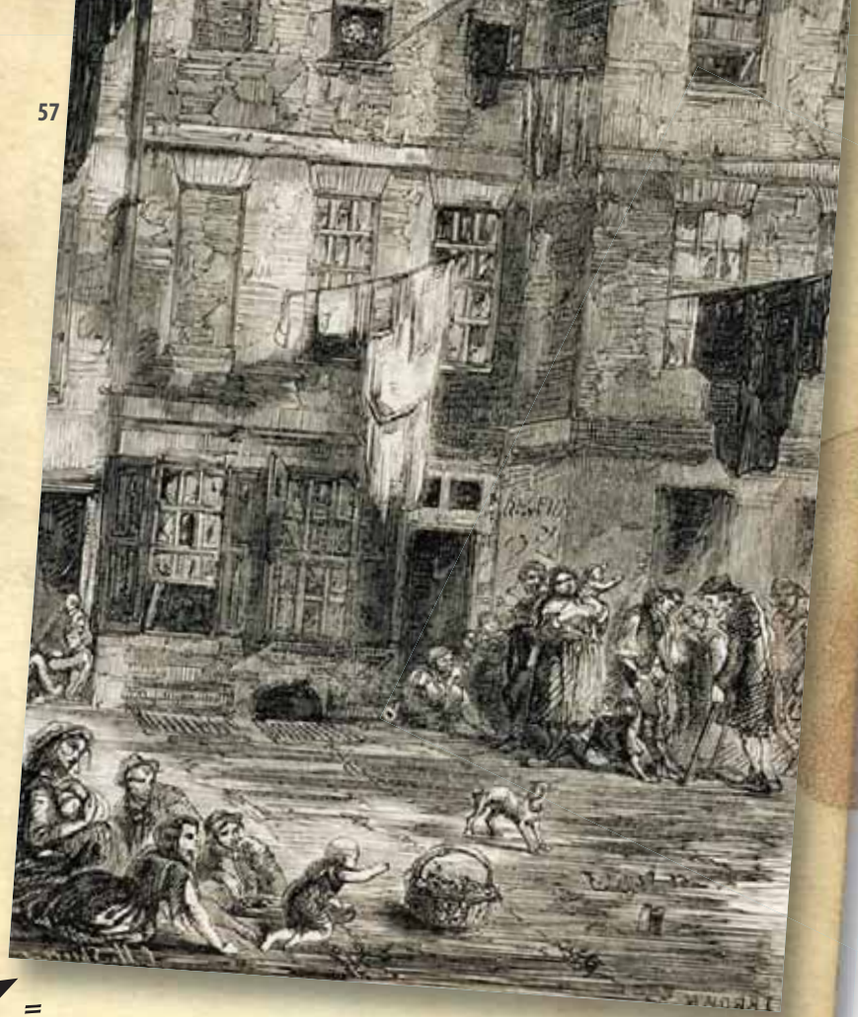
كان النصف الثاني من القرن التاسع عشر زمن التغير السريع، خصوصاً في أوروبا وأميركا الشمالية. فقد أصبح لدى الناس القدرة على الوصول إلى تكنولوجيات جديدة، غير أن العديد منهم انتقلوا الى المدن، حيث كانت الحالة الصحية سيئة، وغالباً ما كانوا يموتون وهم في مقتبل العمر من أمراض يسهل علاجها اليوم.

لقد كان للتقدم الذي حصل في الفيزياء والكيمياء دور رئيسي في ابتكار العديد من التكنولوجيات الجديدة في ذلك الوقت. فعلى سبيل المثال، كان التلغراف الذي أتاح الاتصالات لمسافات طويلة، يعتمد على الكهرومغناطيسية. وأما المواد الكيميائية الاصطناعي (التي لم تكن موجودة في الطبيعة)، مثل الأصباغ الملونة، فكانت تصنع بوفرة في مصانع الصناعة الكيميائية التي كانت تنمو بسرعة.

أما علم الأحياء فكان له دور أقل في التغيرات الهائلة التي حدثت في المجتمع. فعلماء النبات وعلماء الحيوان كانت لديهم فكرة لا تكاد تذكر عن كيفية عمل النباتات والحيوانات في الواقع، ولم يكن لنظرية التطور الجديدة أي تطبيق عملي. وأما في الطب، فقد أصبح لدى الأطباء ما يكفي من المعرفة عن داخل الجسم البشري لإجراء عملية جراحية معقدة للغاية. ولكن العديد من المرضى كانوا يتوفون بعد وقت قصير من إجراء العمليات، واستمر الناس بالموت حتى من جروح بسيطة. ولم يكن أحد يعرف السبب.

النظافة الصحية في المستشفى

في عام 1847، اكتشف الطبيب المجري إيغناز سيملويس اكتشافاً مدهشاً يبدو لنا جلياً اليوم: غسل اليدين يمكن أن يمنع انتشار المرض. فقد كان سيملويس في مستشفى كانت تموت فيها



كانت شوارع المدن غالباً متسخة، وأماكن غير نظيفة صحياً في القرن التاسع عشر.

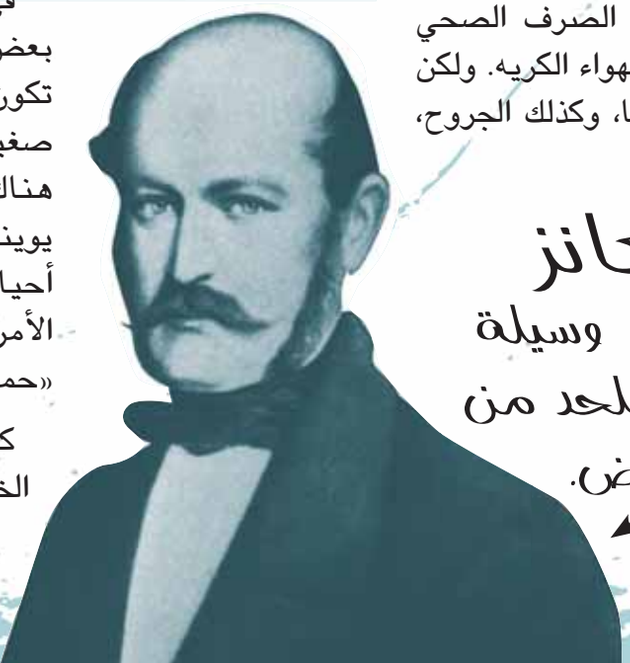
امرأة واحدة من كل عشر نساء مباشرة بعد الولادة، عادة من أحد أشكال الإنتان، أو «تسمم الدم»، كان يطلق عليه «حمى النفاس». ولكن في مستشفى آخر قريب، كان معدل الوفيات أقل من واحد في العشرين.

قام سيملويس بمقارنة الأوضاع في المستشفيين، وأدرك أن الأطباء في مستشفاه كانوا غالباً ما يقومون بتوليد المرأة بعد أن يكونوا قد قاموا بتشريح جثة. وأدرك أن شيئاً ما من الجثث كان يلتصق بأيدي الأطباء ويتسبب بمرض المرأة. وببساطة كان سيملويس بجعله الأطباء يغسلون أيديهم بعد لمس جثث الموتى، قادراً على الحد من معدل الوفيات بين النساء في أثناء الولادة بنسبة 90 في المئة.

حمى المستنقع أم البكتيريا؟

للأسف لم يكترث كثيرون بنتائج سيملويس. ففي ذلك الوقت، لم يكن معظم العلماء يؤمنون بانتشار المرض من شخص إلى آخر، ولكن كانوا يؤمنون أنه ينشأ في المواد مثل الخضروات المتعفنة أو مياه الصرف الصحي في المجاري المفتوحة، ومن ثم ينتشر بعد ذلك كرائحة كريهة في الهواء، يطلق عليها «حمى المستنقع». لذا لم يروا كيف يمكن لغسل اليدين أن يساعد في الحد من انتشار المرض. وقد أدت نظرية «حمى المستنقع»، في بعض المدن على الأقل، إلى إغلاق شبكات الصرف الصحي وسن قوانين للحد من انتشار الهواء الكريه. ولكن أمراضاً مثل الكوليرا والدفتيريا، وكذلك الجروح، كانت تحصد ملايين الأرواح.

ابتكر إيغانز سيملويس وسيلة بسيطة وسيلة للحد من انتشار المرض.



في خمسينيات القرن التاسع عشر، اقترح بعض العلماء أن السبب الحقيقي للأمراض قد تكون الكائنات الحية الدقيقة – كائنات حية صغيرة يمكن أن تُرى فقط تحت المجهر. وكان هناك الكائنات الحية الدقيقة التي شاهدها يوينهويك لأول مرة قبل 200 سنة. وكان يشار أحياناً إلى الكائنات الحية الدقيقة التي تحمل الأمراض بـ «الجراثيم»، ولذا أصبح البديل لنظرية «حمى المستنقع» تعرف باسم «نظرية الجراثيم».

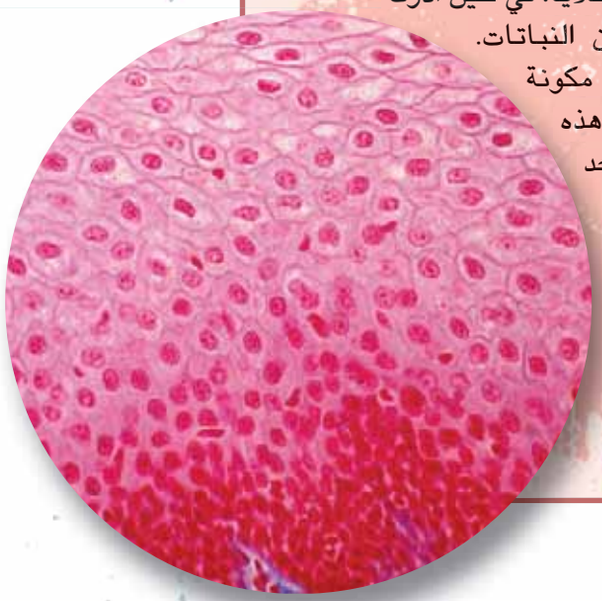
كانت الجراثيم في الواقع كائنات حية وحيدة الخلية، الأصح أن يطلق عليها بكتيريا. وكان

العلماء قبل ذلك الوقت قد بدأوا يدركون أن جميع الكائنات الحية مكونة من الخلايا. علاوة على ذلك، ففي أربعينيات القرن التاسع عشر أثبت العالم البولندي روبرت ريماك أن الخلايا يمكن أن تنشأ فقط من خلايا أخرى. وحتى ذلك الحين، كان العلماء يعتقدون أن الكائنات الحية يمكن أن تأتي من أشياء غير حية – فكرة كان يطلق عليها «التوليد العفوي».

في تجربة رائعة، أثبت الميكروبيولوجي (عالم الميكروبات) الفرنسي لويس باستور أن فكرة ريماك كانت صحيحة. فقد صنع باستور بعض المرق وغلاه في قارورة لها فوهة مقوسة. فعادة كان المرق يفسد بعد يوم أو يومين. ولكن الغليان قتل أي بكتيريا كانت في المرق، علاوة على ذلك، منعت الفوهة المقوسة أي بكتيريا من الوصول إلى المرق من الجو. ونتيجة لذلك، ظل المرق جيداً لفترة أطول من المعتاد. وبدأ يفسد فقط بعد تركه مفتوحاً ومعرضاً للهواء، وعندما بدأت البكتيريا المحمولة في الهواء تهبط فيه، وبدأت بالتوالد. وبذا منح عمل باستور التأييد لنظرية الجرائيم، وأظهر كيف يمكن قتل الجراثيم بسهولة باستخدام

نظرية الخلية

عندما التقى كل من العالمين الألمانيين ثيودور شوان وماتياس شلايدن في عام 1838، طوّرا نظرية أن الخلية هي الوحدة الأساسية لجميع الكائنات الحية. وكان شوان أدرك في السابق أن الحيوانات مكوّنة من الخلايا، في حين أدرك شلايدن الأمر ذاته عن النباتات. وحتى البكتيريا كانت مكونة من خلايا – ولكن في هذه الحالة، من خلية واحد فقط.



خلايا جلد بشري كما تبدو خلال المجهر. تحتوي كل خلية على نواة – البقع الداكنة.

لويس باستور ينظر من خلال المجهر في محاولة لمعرفة إذا كان لديه مرق فاسد.

تمسّ جوزيف ليستر تماماً برذاذ حمض الكربوليك الجديد الذي ابتكره.

الحرارة – اقترح أنه يمكن قتل البكتيريا أيضاً باستخدام بعض المواد الكيميائية.

الوقاية والعلاج

كان الجراح الاسكتلندي جوزيف ليستر ممن ألهمتهم تجربة باستور. ففي عام 1865، بدأ ليستر باستخدام محلول حمض الكربوليك (المعروف الآن بمسمى «الفينول») لقتل البكتيريا في الحالات التي يكون فيها الجسم مفتوحاً وعرضة للعدوى. ففي البداية، كان يغمس الضمادات في المحلول ويلفه حول الجروح المفتوحة. ومن ثم بدأ بغسل يديه به وينظف به أدواته الجراحية، وصمم جهازاً لرش رذاذاً خفيفاً منه في غرفة العمليات. فانخفض معدل الإصابة والموت في المستشفى.

في عام 1876، تمكن الطبيب الألماني والميكروبيولوجي روبرت كوتش من تحديد أنواع البكتيريا التي تسبب مرض قاتل يسمى «الجمرة الخبيثة» – وهي المرة الأولى التي تم فيها ربط البكتيريا بمرض معين. كما تمكن من تحديد البكتيريا التي تسبب الكوليرا والسل. وفي ثمانينيات القرن التاسع عشر تمكن باستور ومساعديه من تطوير لقاحات مناعة جعلت الدجاج محصناً ضد الكوليرا والأغنام

اللقاحات، مثل هذا اللقاح، يمكنها منع الإصابة بأمراض بكتيرية وفيروسية، بتحفيز الجسم لإعداد الدفاع.

محصنة ضد مرض الجمرة الخبيثة. واللقاح هو شكل ضعيف من المرض يحقن في الجسم، ويحفز الجهاز المناعي في الجسم من إنتاج بروتينات تسمى أجساماً مضادة تكافح هذا المرض. ولم يدرك أحد سبب نجاح اللقاحات حتى اكتشاف كيفية عمل الأجسام المضادة، في ثلاثينيات القرن العشرين.

ولتطوير وسيلة أخرى لتنقية السوائل، تمكن باستور وفريقه من تطوير مرشح (فلتر) من الخزف له ثقوب صغيرة. فعندما يصب السائل من خلال المرشح، تحصر أي بكتيريا في تلك الثقوب، ويصبح المحلول معقماً. في عام 1887، استخدم عالم الأحياء الدقيقة الروسي ديمتري إيفانوفسكي مرشح من هذا النوع لدراسة مرض كان يصيب نباتات التبغ. فعندما فشل المرشح في جعل المحلول معقماً، أدرك إيفانوفسكي أن المرض ناجم عن شيء أصغر بكثير من البكتيريا. وفي عام 1898، أطلق الميكروبيولوجي الهولندي مارتينوس بيجيرينك على ذلك الشيء اسم «الفيروس». وقد ساعدت هذه الاكتشافات للبكتيريا والفيروسات، باعتبارها مسببات للأمراض، في تحسين الصحة العامة ومنع حدوث ملايين الوفيات، كما أدت إلى تحقيق خروقات في الطب في القرن العشرين.

الحلقة السابعة عشرة

أصغر من الذرات

استكشاف عالم جديد من الجزيئايت الصغيرة جداً كما كشف عنه:

جوزيف جون طومسون، مكتشف الإلكترون

ماري كوري التي تمكنت من عزل العناصر المشعة

إرنست رذرفورد الذي رسم صورة التركيب الذري

بينما كان كل من باستور وكوتش يدرسان الكائنات الدقيقة الصغيرة من خلال مجاهرهما، كان الفيزيائي الإنجليزي جوزيف طومسون يقوم بدراسة حتى الأشياء الأصغر – أصغر حتى من الذرات.

حتى تسعينيات القرن كان العلماء يعتقدون أن الذرات كانت كرات صلبة – الأجزاء الأصغر «غير القابلة للتجزيء». ولكن في عام 1897، اكتشف طومسون «الإلكترون»، جزيئات أصغر من الذرة، وهكذا بدأت رحلة الاكتشاف داخل الذرة.

الإلكترونات هي جزيئات موجودة في كل ذرة تحمل شحنة كهربائية سالبة. وتحتوي كل ذرة أيضاً على شحنة كهربائية موجبة، وتوازن عموماً الشحنات داخل الذرة. ولكن على الرغم من صغر الإلكترونات، إلا أنه يمكن فصلها عن الذرات. وكانت هذه الحقيقة البسيطة سبب العديد من الظواهر التي حيرت العلماء لأكثر من 100 سنة، بما في ذلك الكهرباء الساكنة، والتيار الكهربائي والتفاعلات الكيميائية.

اكتشف طومسون الإلكترون باستخدام أنبوب «أشعة الكاثود»: أنبوب زجاجي مختوم تمت إزالة معظم الهواء منه. وداخل الأنبوب يوجد قطبان معدنيان متصلان بإمداد كهربائي. ويتدفق التيار الكهربائي بين القطبين كأشعة غير مرئية تمر عبر الفراغ. ولاحظ طومسون أن الأشعة تتدفق دائماً من القطب السلبي (المعروف بـ «الكاثود») نحو القطب الموجب (الأنود)، الأمر الذي أوحى أنه يجب أن يكون مشحوناً سلباً. ومن ثم بيّن أن الأشعة كانت في الواقع شعاع من الجزيئات، واكتشف أن تلك الجزيئات كانت أخف بكثير من أخف نوع من ذرات الهيدروجين.

جوزيف جون طومسون، أول شخص يكتشف شيئاً أصغر من الذرة.

«ما هي هذه الجزيئات؟
هل هي ذرات، أو مادة لا تزال في حالة قابلة للتقسيم لأجزاء أصغر» طومسون، 1895.

أنبوب أشعة الكاثود لطومسون. أشعة من الكاثود الدائرية (إلى اليسار) تنطلق عبر الأنود (الشريط الداكن في بداية الأنبوب) ويتم حرفها بواسطة حقل كهربائي لوحتين في الوسط.

أشعة غامضة

في عام 1898، بدأت العالمة البولندية ماري كوري الكشف عن سر آخر من العالم داخل الذرة، عندما كانت تستكشف السلوك الغريب لمركبات عنصر اليورانيوم. لقدكانت كوري تدرس اكتشاف الفيزيائي الفرنسي هنري بيكريل لسنة 1896 أن معدناً خاماً يحتوي على عنصر اليورانيوم تنبعث منه أشعة غير مرئية. وتوصلت كوري إلى أن الأشعة تنبعث من داخل ذرات اليورانيوم، وأطلقت على هذه الظاهرة «النشاط الإشعاعي».

وبمساعدة زوجها بيير، قامت كوري بإجراء تجارب على جميع العناصر المعروفة لمعرفة ما إذا كا أي منها مشع. فاكتشفت أن «الثوريوم»، ومادتين أخريين غير مكتشفتين سابقاً كانت مشعة أيضاً، وهما البولونيوم والراديوم. ولإثبات أن هذه عناصر جديدة، كان عليها استخراج عينات من خام اليورانيوم، بواسطة الغليان، والتصفية والتنقية. وبعد ثلاث سنوات من العمل الدؤوب، تمكنت كوري من استخراج بضعة غرامات فقط من الراديوم من عدة أطنان من خام اليورانيوم.

التركيب الذري

في عام 1899، اكتشف الفيزيائي النيوزيلندي المولد إرنست رذرفورد أن هناك نوعين من الأشعة التي تنتجها المواد المشعة، وأطلق عليهما أشعة «ألفا» وأشعة «بيتا»، باسم أول حرفين من الأبجدية اليونانية. واكتشف رذرفورد أن

أُنجز تقريباً! بعد ثلاث سنوات من العمل الدؤوب الساخن، غلى الزوجان كيوري عدة أطنان من خام اليورانيوم.

جائزة نوبل

كل عام منذ عام 1901، تمنح منظمة يطلق عليها «مؤسسة نوبل»، شكلها السويدي الثري مخترع الديناميت، ألفريد نوبل. وتمنح الجوائز المجزية لأبرز الأعمال التي يتم تحقيقها في مجالات الفيزياء، والكيمياء، وعلم وظائف الأعضاء أو الطب والأدب والعلاقات الدولية. وقد فاز العديد من العلماء الذين ساهموا في اكتشاف البنية الداخلية للذرة بجائزة نوبل، بمن فيهم هنري بيكريل (1903)، ماري كوري (1903 و1911)، بيير كوري (1903)، جوزيف طومسون (1906)، إرنست رذرفورد (1908)، وجيمس تشادويك (1935).

ميدالية جائزة نوبل التي منحت لجوزيف طومسون في عام 1906.

هذه الأشعة كانت عبارة عن تيارات صغيرة من الجزيئات المشحونة كهربائياً: شظايا ذرات «مفككة». وفي عام 1900، اكتشف الفيزيائي الفرنسي بول فيلار أن المواد المشعة تنتج نوعاً ثالثاً من الأشعة، أطلق عليه أشعة «غاما» (الحرف الثالث من الأبجدية اليونانية). واكتشف فيلارد أن الأشعة «غاما» هي شكل من أشكال الإشعاع الكهرومغناطيسي – مثل الضوء والأشعة السينية وموجات الراديو.

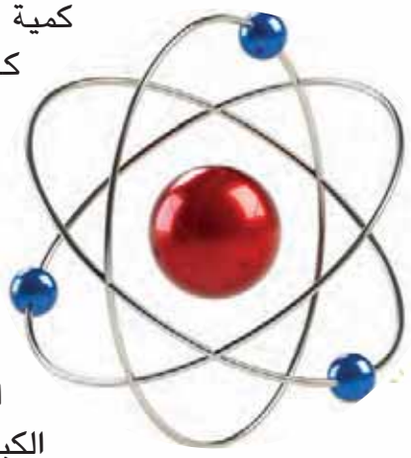
ولمعرفة بنية الذرة، أطلق طالبين من طلاب رذرفورد في عام 1911 جزيئات «ألفا» على رقاقة نحيفة من الذهب. فعبرت معظم جزيئات «ألفا» تقريباً من خلال الرقاقة، ولكن ارتد بعضها إلى الخلف. وأوحى هذا إلى رذرفورد أنه من المرجح أن الذرة تتألف من لب كثيف صغير جداً موجب الشحنة (أطلق عليه نواة)، تدور حولها إلكترونات صغيرة الحجم سالبة الشحنة في فضاء أكبر – مثل الكواكب التي تدور حول الشمس. وقد تمكن في تجربة رقاقة الذهب معظم جزيئات «ألفا» موجبة الشحنة العبور من خلال الفضاءات الموجودة بين النوى. ولكن ما يثير الاهتمام والفضول هو أن

كان الأمر تقريباً كما لو أطلقت قذيفة عيار 15 بوصة على منديل ورقي وارتدت إليك».

رذرفورد (أعلى) معلقاً على تجربة رقاقة الذهب.

عدداً قليلاً منها اصطدم وصدته الشحنة الموجبة المركّزة للنواة.

في عام 1918، اكتشف رذرفورد أن النواة لم تكن مجرد فقاعة من شحنة موجبة: كانت تحتوي على جزيئات موجبة الشحنة، أطلق عليها «البروتونات». وكان كل بروتون يحمل نفس كمية الشحنة كما في كل إلكترون، ولكن كانت موجبة وليس سالبة، وكان عدد البروتونات في النواة يحدد ماهية العنصر. فللهيدروجين بروتون واحد، في حين أن لدى الأوكسيجين ثمانية بروتونات، على سبيل المثال. لأن جميع البروتونات موجبة، فإنها تدفع بعضها بعضاً، الأمر الذي يجعل النواة غير مستقرة. ولا بد أن تكون النواة الكبيرة أقل استقراراً من النواة الأصغر حجماً، وهذا يفسر السبب في أن اليورانيوم (92 بروتوناً)، والراديوم (88) مشعّين. وفي عام 1932، أثبت عالم الفيزياء الإنجليزي جيمس تشادويك أن النواة تحتوي على نوع آخر من الجزيئات ليس لها شحنة كهربائية، وهو «النيوترون».



فكرة رذرفورد لما تبدو الذرة: الإلكترونات تدور حول نواة ثقيلة موجبة الشحنة.

الحلقة الثامنة عشرة

ثوري نسبياً

المغامرات في الزمان والمكان، بطولة:

ألبرت آينشتاين الذي أدرك أن كل شيء في الفضاء هو نسبي

هيرمان مينكوفسكي والبعد الرابع

آرثر إدينغتون الذين أثبت نظريات آينشتاين عملياً

بعد ثماني سنوات من اكتشاف طومسون الإلكترون، نشر فيزيائي ألماني يدعى ألبرت آينشتاين أولى نظريتيه في «النسبية»، والتي أحدثت ثورة في فهمنا للفضاء والوقت والحركة والجاذبية.

في عام 1869، أشار جيمس كلارك ماكسويل إلى أنه قد يكون من الممكن للعلماء تحديد السرعة الفعلية أو «المطلقة» للأرض، عبر الفضاء. حتى ذلك الحين، كان بمقدروهم فقط قياس سرعة كوكبنا بالنسبة إلى الشمس والكواكب الأخرى – التي تتحرك أيضاً عبر الفضاء. كان هذا مثل بحار بمقدوره فقط معرفة سرعة قاربه بالنسبة إلى حركة القوارب الأخرى، وليس سرعة قاربه المطلقة عبر المياه.

صورة لألبرت أينشتاين في عام 1920، بعد خمس سنوات من نشره نظريته الثانية في النسبية.

اقترحت المعادلات التي توصل إليها ماكسويل في ستينيات القرن التاسع عشر أن الضوء كان موجة كهرومغناطيسية تنتقل عبر الفضاء بسرعة معينة. وتوقع العلماء أنهم إذا قاسوا سرعة الضوء، فإنها ستختلف اعتمادا على ما إذا كانوا ينتقلون تجاهها أو بعيداً عنها. على سبيل المثال، كان من المنطقي أنك إذا كنت تنتقل بسرعة وأشعلت شعلة في اتجاه تحركك، أنك «ستلتقي» مع موجات الضوء قليلاً وتقيس سرعتها بانخفاض طفيف؛ بالفعل إذا سافرت بسرعة الضوء، هل ستبقى مع الأمواج، وتكون السرعة حينها صفراً. على العكس من ذلك، إذا أشعلت شعلتك في الاتجاه المعاكس، فإنك «ستخلف الأمواج وارءك» وستقيس سرعتها بارتفاع قليلاً.

نتيجة محيرة

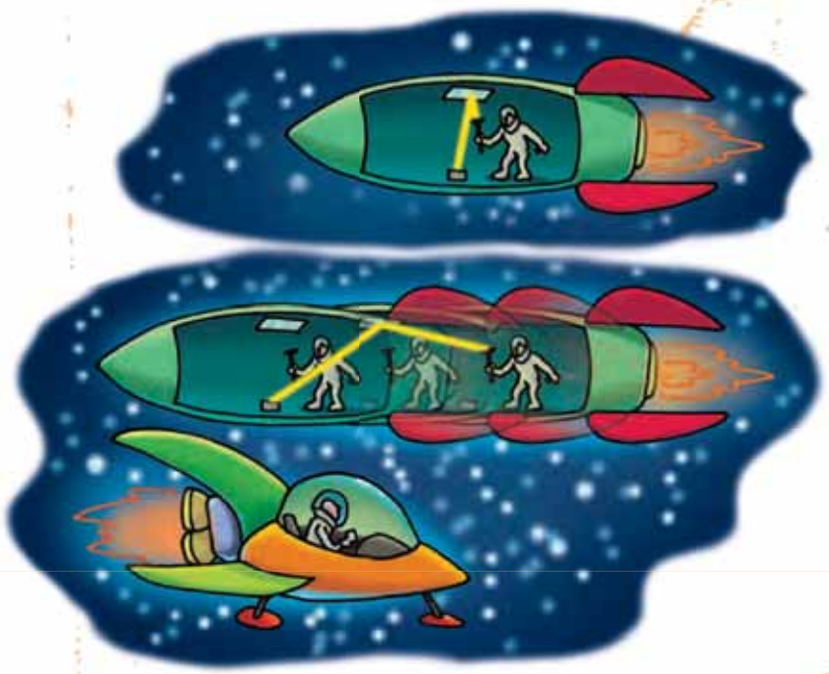
خلال سبعينيات وثمانينيات القرن التاسع عشر حاول العديد من العلماء الكشف عن الفرق في السرعة بين أشعة الضوء الذي يسافر في اتجاهات مختلفة في الفضاء. وعلى الرغم من محاولاتهم إلا أنهم لم يكتشفوا شيئاً: كانت سرعة الضوء دائما هي ذاتها بالضبط. وطوال تسعينيات القرن التاسع عشر أدرك العلماء أن الوسيلة الوحيدة التي يمكن أن يفسروا بها هذه النتيجة الغريبة هي إذا قبلوا أن قياسات المسافة تعتمد دائماً على حركتك عبر الفضاء. كما أنهم اقترحوا أن الوقت قد يجري بمعدلات مختلفة – قد يكون ثمة «توقيت كوني» للفضاء الفارغ و«توقيت محلي» للأجسام التي تتحرك عبره.

في عام 1905، بيّن ألبرت آينشتاين في ورقته العلمية «في الديناميكا الكهربائية للأجهزة المتحركة»، أن هذه الأفكار الغريبة لم تكن مباينة كثيراً للحقيقة. فالمسافة والزمن كانا حقاً «نسبيين». وبيّن أيضاً أنه لا يوجد «توقيت كوني» ولا «راحة مطلقة». فالعلماء الذين يسافرون بطريقة نسبية من بعضهم البعض سيقيسون المسافات والأزمان بشكل مختلف. وسيكون التأثير ملحوظاً فقط في السرعات النسبية العالية جداً – قريبة من سرعة الضوء – وهي السبب في أن أحداً لم يلاحظها من قبل.

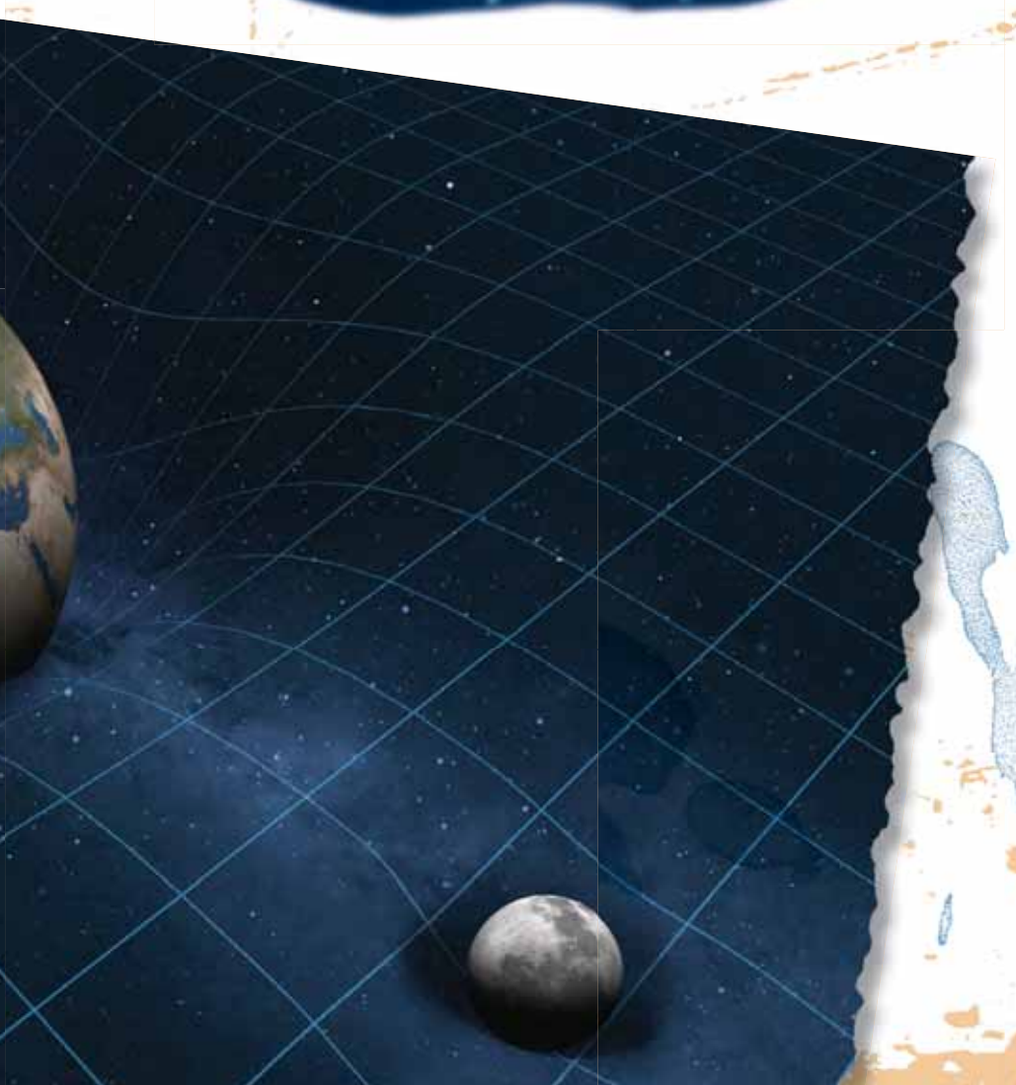
الوقت النسبي

لفهم هذه الأفكار الأساسية لنظرية آينشتاين، تخيل مركبة فضائية، يشعل فيها رائد الفضاء شعلة باتجاه مرآة في السقف. فمن وجهة نظر رائد الفضاء أو أي شخص آخر في سفينة الفضاء، فإن ضوء الشعلة يتبع مساراً قصيراً مباشرة الى

حين يُرى من الخارج، الضوء يشرق على مرآة داخل سفينة فضاء مارة سيبدو أنه يستغرق وقتاً أطول للوصول إلى المرآة، ويغطي مسافة أكبر.



وفقا للنظرية العامة للنسبية، فإن الجاذبية يتسبب بها الفضاء–الزمن حول الأجسام ذات الكتلة.



المرآة وإلى الخلف. الآن تخيل أنك في سفينة فضاء أخرى، وتمر بسرعة خاطفة بالاتجاه المعاكس للسفينة الأولى. فمن وجهة نظرك، أو «الإطار المرجعي»، فإن الشعلة تتبع مساراً قطرياً أطول. فبما أن سرعة الضوء هي نفسها دائماً، فلا بد أنه استغرق وقتاً أطول للوصول إلى المرآة في إطارك المرجعي مما حصل في الإطار المرجعي لرائد الفضاء. فنفس الحدثين – انطلاق الضوء ووصوله إلى المرآة – مفصولان بكميات مختلفة من الوقت، ويعتمد ذلك على ما إذا كنت في راحة نسبية إلى المرآة (داخل سفينة الفضاء الأولى) أو تتحرك بالنسبة إلى المرآة (تراقب سفينة الفضاء تمر بك بسرعة خاطفة).

الكتلة والطاقة

كجزء من نظريته النسبية وضع آينشتاين معادلات تبين أن كتلة الجسم هي في الحقيقة مجرد مقياس لطاقته الإجمالية. ففيما تزداد سرعة الجسم، فإنه يكتسب مزيداً من الطاقة وتزداد كتلته. فقد بينت المعادلات أنه عندما يتوقف الجسم عن الحركة، فإنه يستمر في التمتع بالطاقة.

لقد خُفضت الرياضيات المعقدة إلى معادلة مفيدة – وهي التي اشتهرت في مجال العلوم بـــ: $E = MC2$. ففي المعادلة، تعني «E» الطاقة، و«m» تعني الكتلة، و«c2» تعني «تربيع c»، وسرعة الضوء (c) مضروب بذاته. وقد أثبت آينشتاين أنها ليست الكتلة أو الطاقة التي يتم حفظها، ولكن الكمية الجديدة: «الكتلة–الطاقة».

«الفضاء في حد ذاته، والوقت في حد ذاته، محكومان أن يتلاشيا إلى مجرد ظلال، وفقط نوع من الاتحاد بين الاثنين سيحافظ على الحقيقة المستقلة» هيرمان مينكوز 1908.

الجاذبية، المكان، والزمان

قادت محاولات فهم نظرية آينشتاين في النسبية عالم الرياضيات الألماني هيرمان مينكوفسكي إلى اعتبار الوقت بوصفه «البعد الرابع» في الكون. وقد ساعدت فكرته عن «الزمان– المكان» الرباعي الأبعاد علماء الفيزياء في تصور والتوصل إلى عواقب النسبية.

في عام 1915، نشر آينشتاين النظرية الثانية في النسبية – أطلق على نظريته الأولى «الخاصة» والثانية «العامة». وشرحت النظرية العامة للنسبية الجاذبية وبينت كيف أنها تؤثر أيضاً في الزمان والمكان. وفقا لهذه النظرية، يمكن فهم الجاذبية بأنها «انحناء» الزمان– المكان حول الأجسام التي لها كتلة.

صورة التقطها ايدينغتون لكسوف الشمس في عام 1919. يمكنك مشاهدة بعض النجوم حول الشمس المحجوب.

ثبت أنه كان مصيباً

باستخدام المعادلات الرياضية، كان بمقدور آينشتاين إجراء تجارب لا يمكنه البتة إجراءها في العالم الحقيقي. ولكن المثير للدهشة، أن النتائج الرياضية «لتجاربه الذهنية» ثبت مراراً وتكراراً أنها صحيحة في العالم الحقيقي – كان أكثر هذه شهرة في أثناء كسوف كلي للشمس في عام 1919.

فالكسوف الكلي للشمس يحدث عندما يغطي القمر الشمس تماماً، كما يبدو من الأرض، ونتيجة لذلك، تصبح سماء النهار المشرقة مظلمة ويمكن رؤية النجوم فيها. وقد استخدم الفلكي الإنجليزي آرثر إيدينغتون الكسوف في عام 1919 لمقارنة النظرية العامة لآينشتاين بنظرية قانون الجاذبية لإسحق نيوتن.

وقد اقترحت كلتا النظريتين أن الضوء ينحرف عندما يمر بالقرب من جسم ضخم، ولكنهما اختلفتا في شأن درجة الانحراف. وقد التقط إيدينغتون صوراً للنجوم في السماء بالقرب من الشمس المحجوبة أظهرت أن مواقعها تحولت من المواقع التي تكون فيها عادة – كما كان متوقعاً، فقد حرفت كتلة الشمس الضخمة ضوءها. وقد كان التحول في مواقع النجوم تماماً كما تنبأت نظرية آينشتاين، وليس كما توقعت نظرية نيوتن.

انتشرت الأنباء عن انتصار آينشتاين بسرعة في جميع أنحاء العالم – وما وراء عالم العلم. ومنذ ذلك الحين، أصبح من المشاهير الدوليين وارتبط اسمه إلى الأبد بالعبقرية.

بأفكاره التي استغرقتها النسبية، كثيراً ما كان آينشتاين يفقد الإحساس بالوقت

فروقات الوقت

عنت نظريتي آينشتاين أيضاً أنه يمكن حدوث بعض الأشياء الغريبة، ولكن فقط في أقصى سرعة أو جاذبية – نادراً ما ستكون قادراً على رؤية وقوعها. على سبيل المثال، الساعة الموجودة في القسم السفلي من مبنى مرتفع جداً ستعمل بشكل أبطأ من ساعة موجودة في الجزء العلوي منه. أيضاً، في سيارة منطلقة بسرعة قريبة من الضوء، فإن الوقت سيكون أبطأ مما لو كانت السيارة متوقفة. ولذا إذا ما تسنى لشخص ما السفر في مركبة فضائية بتلك السرعة لبعض الوقت وعاد إلى الأرض، فسيجد أن وقتاً أطول قد مر هناك.

في علم الوراثة

حل أسرار الوراثة، وذلك بفضل:

غريغور مندل ونباتات البازلاء الخاصة به

فالتر فليمنغ، مكتشف الكروموسومات

والتر ساتون الذي رأى أن الكروموسومات تحمل جينات

توماس هانت مورغان وقواريره التي تحتوي آلاف ذباب الفاكهة

بحلول أوائل القرن العشرين، كان جميع العلماء تقريباً قد تقبلوا نظرية تشارلز داروين في التطور. وعلى الرغم من ذلك، فلم تجب نظرية داروين عن مسألة «الوراثة»: كيف يمكن نقل الخصائص من جيل من الكائنات الحية إلى جيل آخر؟

حتى عندما كان داروين يشيع نظريته، كان الراهب النمساوي غريغور مندل، يعمل في عام 1859 على التوصل إلى «قوانين» الوراثة في سلسلة رائعة من التجارب على البازلاء. ففي عام 1856، بدأ مندل بإنتاج أصناف من «هجين» لنبتة البازلاء تجمع بين أفضل الصفات في كل منها. فقام في خلال ثمانية سنوات بزرع أكثر من 10.000 نبتة بازلاء وتهجينها وملاحظة مدى اختلاف الخصائص أو السمات التي كانت تنتقل إلى الهجين الجديد.

السمات الخفية

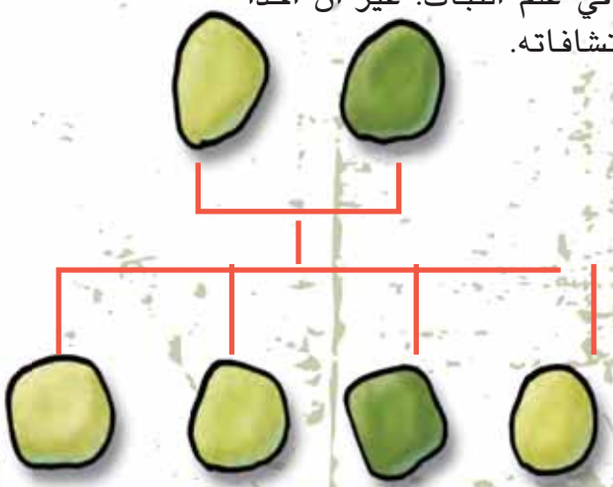
ركز مندل على سبع سمات بسيطة، لكل منها صيغتين اثنتين فقط؛ على سبيل المثال، فلون البازلاء (سمة واحدة) يمكن أن يكون أصفر أو أخضر. وبرزت قاعدة بسيطة من تجاربه: بدا أن نموذجاً واحداً من كل سمة كان «مهيمناً»، وحدث في المتوسط في ثلاثة نسل من أصل أربعة؛ وكان الآخر «متنحٍّ»، يظهر نسل من كل أربعة. وكان

غريغور مندل يتساءل عن مدى تشابه كل حبتي بازلاء في قرن البازلاء الواحد

يبدو أن الطبيعة ترمي نرداً مغشوشاً.

توصل مندل إلى أن لون البازلاء تحدده جزيئات أطلق عليها اسم «العناصر». فكل نبتة تتلقى عنصرين: واحد من كل من الوالدين. وعلاوة على ذلك، يأتي العنصر في نسختين: الأخضر (g) والأصفر (y). ونتيجة لذلك، ستتلقى النبتة الواحدة مجموعة من أربعة عناصر: yy، yg، gy، gg. فإذا كان عنصران من هذه العناصر هي نفسها (gg أو yy)، فستكون النبتة من ذلك اللون. ولكن إذا كان هناك عنصر من كل واحد (gy أو yg)، فإن السمة المهيمنة – في هذه الحالة الأصفر – سوف تسود. وبين ذلك سبب أن لثلاث من أصل أربع نباتات حبات بازلاء صفراء. علاوة على ذلك، أدرك مندل أن كل سمة، وليس فقط لون البازلاء، لا بد أن تحددها عناصر بهذه الطريقة. وسيكون لبعض العناصر عدة نسخ، وستحدد معظم السمات بأكثر من عنصر واحد.

شرحت أفكار مندل كيف يمكن لبعض الخصائص أن تختفي في جيل واحد، وتعاود الظهور مرة أخرى في جيل آخر منها – الصفات يمكن أن «تنتقل» إلى الذرية، ولكن إذا كانت متنحية، فيمكن أن تبقى مخفية لأجيال. وفي عام 1865، قدم مندل اكتشافاته إلى جمعية العلوم الطبيعية في منطقته، وبعد ذلك، كتب النتائج التي توصل إليها، وأرسل نسخا منها إلى أستاذين معروفة في علم النبات. غير أن أحداً منهما لم يأبه باكتشافاته.



جيل من تهجين نبتة بازلاء صفراء بأخرى خضراء. في المتوسط، سيكون ثلاثة نسل من أصل أربعة صفراء، بما أن العنصر الأصفر هو المهيمن.

رسومات فالتر فليمنغ للكروموسومات في نواة الخلية

الجمع بين الكروموسومات

في الوقت نفسه، كان علماء الأحياء مشغولين بالنظر في مجاهرهم في الخلايا النباتية والحيوانية، وأصبحوا مهتمين بصفة خاصة بالنواة، وهي منطقة مظلمة داخل ما يقرب كل نوع من الخلايا. وفي عام 1878، اكتشف عالم الأحياء الألماني فالتر فليمنغ هياكل صغيرة داخل النواة – هياكل نسميها الآن «الكروموسومات».

رأى فليمنغ أن هذه الهياكل أصبحت طويلة وليفية أثناء انقسام الخلية (عندما تصبح الخلية الواحدة خليتين) ورأى أن الكروموسومات مشتركة بين الخلايا «الأم» والخلايا «النسل». ولكن بما أنه لم يكن يعلم شيئاً عن تجارب مندل، فإنه لم يربط بين الكروموسومات والوراثة.

في عام 1898، أدرك عالم الأحياء الألماني تيودور بوفري أن خلايا البويضة وخلايا الحيوانات المنوية في الحيوانات وخلايا حبوب اللقاح والبويضات في النباتات لها فقط نصف عدد الكروموسومات كما في الخلايا الأخرى. وعندما يحدث الإخصاب – عندما تتحد البويضة

«يمكن لربط الكروموسومات الأبوية أو الأمومية في أزواج أن يشكل الأساس المادي لقانون مندل في علم الوراثة». والتر ساتون، 1902.

والحيوانات المنوية أو خلية بويضة حبوب اللقاح – يتواجد العدد الكامل للكروموسومات مجدداً. وفي عام 1902، قام عالم الأحياء الأميركي والتر ساتون بالربط بين هذه العملية وقوانين مندل للوراثة التي أعاد اكتشافها في عام 1900، أي بعد 16 سنة من وفاة مندل. وأدرك ساتون أن على الكروموسومات أن تحمل بطريقة أو بأخرى عناصر مندل. وفي عام 1905، اقترح عالم الأحياء الإنجليزي وليام بيتسون أن دراسة الوراثة ينبغي أن تسمى «علم الوراثة». وبعد أربع سنوات أطلق عالم النبات الدنماركي فيلهلم يوهانسن كلمة «جينات» على عناصر مندل.

التجارب على الذباب

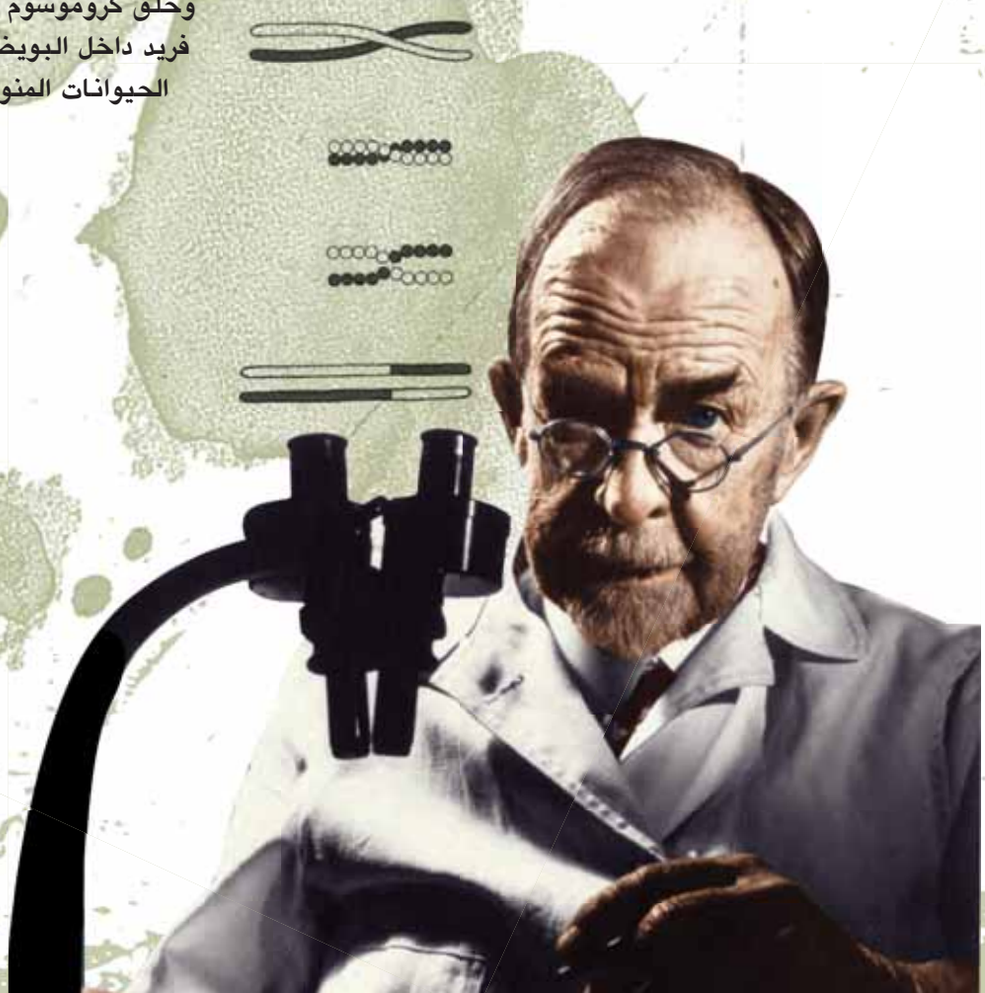
جاء إثبات فكرة ساتون – أن الجينات تستمر عبر الكروموسومات – من مختبر غير عادي في الجامعة التي كان يعمل فيها ساتون. ففي عام 1910، أنشأ عالم الأحياء الأميركي توماس هانت مورغان «غرفة الذباب» التي ملأها بمئات القوارير التي تحتوي على ذباب الفاكهة. وقد اختار مورغان ذباب الفاكهة لإجراء تجاربه لأنها تتسم بدورة حياة قصيرة جداً، وتحتاج إلى غذاء قليل جداً، فضلاً عن أنها صغيرة جداً يمكن وضعها بأعداد كبيرة. وأصبحت منذ ذلك الحين من الكائنات الحية القياسية التي تستخدم لإجراء الدراسات في علم الوراثة.

تمكن مورغان وفريقه بواسطة التحديق من خلال المجاهر وتحديد الذباب ذات الصفات المختلفة بعناية، من وضع مخططات السمات التي تنتقل إلى أي كروموسومات. وفي عام 1926، تمكن هيرمان مولر، أحد زملاء مورغان، من إنتاج ذباب فاكهة بطفرات – شذوذ في نسخ معلومات الجينات – عن طريق تعريض الذباب للأشعة السينية.

الأخطاء التي تعمل

في عام 1930، شرح مورغان في كتاب بعنوان «نظرية وراثية للانتقاء الطبيعي» دور الجينات والكروموسومات في التطور. فالجينات، الكروموسومات التي تستمر داخل نواة الخلية، تنقل المعلومات من جيل إلى آخر. وأما الطفرات اللازمة لحدوث التطور فهي «أخطاء» في نسخ المعلومات في الجينات، مثل تلك التي أنتجها مولر. كما أن بعض الطفرات تنتج صفات جديدة تمنح الفرد سمة متميزة عن ذوي قرباه. ويكون هؤلاء الأفراد أكثر احتمالاً للبقاء على قيد الحياة، وبذلك تترسخ الطفرة. وفي نهاية المطاف، بعد تراكم الطفرات، قد تنشأ أنواع جديدة.

أما السؤال المهم فيبقى: كيف يمكن للكروموسومات أن تنقل المعلومات؟ لقد جاء الجواب عن ذلك في خمسينيات القرن العشرين عندما اكتشف العلماء بنية مركب كيميائي يسمى «الحمض النووي».



توماس هانت مورغان عاكف على مجهره. تبين مخططاته (إلى اليمين) كيف يمكن للكروموسومات الأم خلط الجينات على طولها، وخلق كروموسوم جديد فريد داخل البويضة أو الحيوانات المنوية.

الحلقة العشرون

ما هو حجم الكون؟

النظر بإمعان في الفضاء السحيق جداً مع:

فريدريك بسل وتقنية التخاطل

هنريتا ليفيت ومقارناتها للنجوم المتغيرة

إدوين هابل الذي أدرك أن الكون في ازدياد لامتناهي

بحلول القرن العشرين، كان فهم العلماء للفضاء الخارجي قد قطع شوطاً كبيراً منذ أيام كيبلر، وغاليليو ونيوتن. ولكن ما زالت هناك بعض الأسئلة الأساسية التي كانت بحاجة إلى أجوبة. على سبيل المثال: ما هو حجم الكون؟

في نيسان/ أبريل عام 1920، عقد عالمي الفلك الأميركيين هارلو شابلي وهابر كورتيس مناظرة عامة عن حجم الكون. فجميع النجوم التي يمكننا رؤيتها في السماء ليلاً هي جزء من مجموعة تسمى «مجرة درب التبانة». ولكن العلماء اكتشفوا مئات الأشياء الأخرى الغامضة في الفضاء، وأطلقوا عليها اسم «السدم». وكان كورتيس قد جادل بأن هذه كانت مجرات أخرى. في حين أن شابلي ومعظم الفلكيين الآخرين اعتقدوا أنه لا يمكن أن يكون هناك أي شيء أبعد من مجرة درب اللبانة – ويرجع ذلك جزئياً إلى أن المسافات التي ستتطلب وجود مجرات أخرى ستكون هائلة لا يمكن حتى تصورها. وتركزت الحجج على سديم واحد، سديم «أندروميدا» (المرأة المسلسلة) في كوكبة «الجبار». وقبل نهاية المناظرة، بقيت المسألة دون حل، إذ لم يكن بمقدور أحد قياس المسافة إلى ذلك السديم أو إلى أي سديم آخر.

هابر كورتيس الذي جادل في أن أندروميدا، وغيرها من السدم، هي «جزيرة في الكون» – مجرات خارج مجرتنا.

قياسات التخاطل (اختلاف المنظر)

يمكن لعلماء الفلك قياس المسافات إلى النجوم – ولكن فقط النجوم القريبة منا. وقد كان أول شخص يقوم بذلك هو الفلكي الألماني فريدريك بسل. ففي عام 1838، استخدم بسل

أعلاه: سديم أندروميدا. إلى اليسار: استخدام التخاطل لحساب المسافة لنجم قريب، وذلك بقياس موقع النجم في أوقات مختلفة من السنة

ظاهرة تسمى «التخاطل» لقياس المسافة إلى نجم يسمى «الدجاجة 61» (يسمى أيضاً «نجم بسل»). ويمكنك إجراء تجربة التخاطل بعقد إصبع أمام وجهك وإغلاق عين واحدة في كل مرة. فسترى أن الأصبع يتغير مكانه أمامك؛ كلما كان الأصبع أقرب، ازداد التغير أكثر. وبالطريقة نفسها يغير نجم «الدجاجة 61» موقعه في خلفية النجوم الأكثر بعداً. ولكن النجم بعيد جداً فلا يمكنك كشف التخاطل بإغلاق عين واحدة في كل مرة واحد – يجب أن تكون رؤيتيك بعيدتين عن بعضهما أكثر من ذلك بكثير. وهكذا لاحظ بسل النجم في مناسبتين، تفصل الواحدة عن الأخرى ستة أشهر، فكان على طرفي نقيض من مدار الأرض حول الشمس في كل مرة – أي ما يعادل جعل العينين بعيدتين عن بعضهما ملايين الكيلومترات. وعندما تمكن في ذلك الوقت من قياس مدى تغير موقع النجم في الخلفية، قدر بسل أن المسافة إلى نجم «الدجاجة 61» تبلغ 650.000 ضعف بعد الأرض من الشمس – نحو 10 سنوات ضوئية – قريبة جداً من الرقم الفعلي.

المقياس القيفاوي (السيفيدي)

يصلح التخاطل فقط لقياس بعد أقرب النجوم إلينا، ولكن تمكن علماء الفلك في أوائل القرن العشرين من إيجاد طريقة جديدة لقياس المسافات في الفضاء. ففي عام 1908، بدأت الفلكية الأميريكية هنريتا

فريدريك بسل، أول من اكتشف مدى بُعد النجوم

هنريتا ليفيت التي اكتشفت طريقة جديدة لقياس الأجسام البعيدة في الفضاء.

ليفيت بدراسة متغير للنجوم يسمى «المتغير القيفاوي»، وهو موجود في كل مكان في السماء ليلاً. فالنجوم المتغيرة تصبح أكثر إشراقاً مرات ومرات ثم باهتة مرات أخرى خلال فترة محددة، تتراوح من بضعة أيام إلى عدة أسابيع. وقد لاحظت ليفيت أن هناك علاقة مباشرة بين فترات هذه النجوم وكمية الضوء الذي ينبعث منها.

إذا كنت تعرف كمية الضوء الذي ينبعث من نجم ما، فيمكنك معرفة بعده من خلال قياس مدى لمعانه – فكلما كا ن النجم بعيداً، سيبدو باهتاً أكثر. وقد قاس علماء الفلك المسافة إلى أقرب المتغيرات القيفاوية باستخدام التخاطل. ولكن الآن، يمكنهم من خلال مقارنة المتغيرات القيفاوية على مسافات معروفة بأخرى في الفترة نفسها في مواقع أخرى، حساب المسافات إلى نجوم وسدم أبعد من ذلك بكثير.

أدناه إلى اليسار: تظهر معظم المجرات البعيدة التي جرت مراقبتها حمراء في هذه الصورة الحديثة.

في عام 1923، كان ثمة عالم فلك أميركي آخر، هو إدوين هابل، يعمل في مركز «تلسكوب هوكر» في جبل ويلسون في كاليفورنيا. وباستخدام الأسلوب الجديد، تمكن من حساب المسافة من الأرض إلى المتغيرات القيفاوية التي رصدها في «أندروميدا» وبعض السدم الأخرى. وقد دُهش لاكتشاف أنها تبعد ملايين السنين الضوئية – أبعد من أي نجم من نجوم السماء ليلاً.

لقد كان كورتيس محقاً: كان الكون أكبر بكثير من تصور أي شخص. وما «درب التبانة» إلا مجرة واحدة من العديد من المجرات.

الكون المتمدد

في عام 1929، قدم هابل اكتشافاً آخر، فقد تمكن من قياس سرعات 46 مجرة، من خلال مراقبة طيف الضوء الذي ينبعث من كل منها. فعندما يتحرك مصدر الضوء نحوك، ينتقل الضوء الذي ينبعث منه باتجاه الطرف الأزرق من الطيف؛ وعندما يتحرك بعيداً عنك، فإنه ينتقل باتجاه الطرف الأحمر من الطيف. واكتشف هابل أن كل واحدة من المجرات كانت «حمراء التنقل» – بعبارة أخرى فإن كل مجرة تتجه تسرع بعيداً عن الأرض. فما لم يكن كوكبنا في وسط الكون، فهناك تفسير واحد لذلك فقط: الكون كله يتوسع باستمرار.

إدوين هابل

الجمع من بعيد

مثل معظم التلسكوبات الكبيرة، كان للتلسكوب الذي استخدمه هابل مرآة منحنية لجمع وتركيز الضوء من الفضاء، بدلاً من العدسة. فكلما كانت مرآة التلسكوب، أو العدسة، أكبر كانت الصورة أكثر وضوحاً وجمعت المزيد من الضوء، الأمر الذي يتيح لعلماء الفلك مراقبة الأجسام الأكثر خفوتاً. وبربط اللوحات التصويرية الحساسة للضوء بالتلسكوبات يتمكن العلماء من صنع سجل دائم لملاحظاتهم. ويمكن لمثل هذه اللوحات، إضافة إلى تعرضها الطويل، تسجيل الأجسام الشديدة الخفوت بحيث لا يمكن رؤيتها بواسطة النظر من خلال التلسكوب فحسب.

عالم غامض

الغرابة على نطاق صغير، كما شرحها كل من:

نيلز بوهر الذي تنبأ بالمدارات الثابتة للإلكترونات

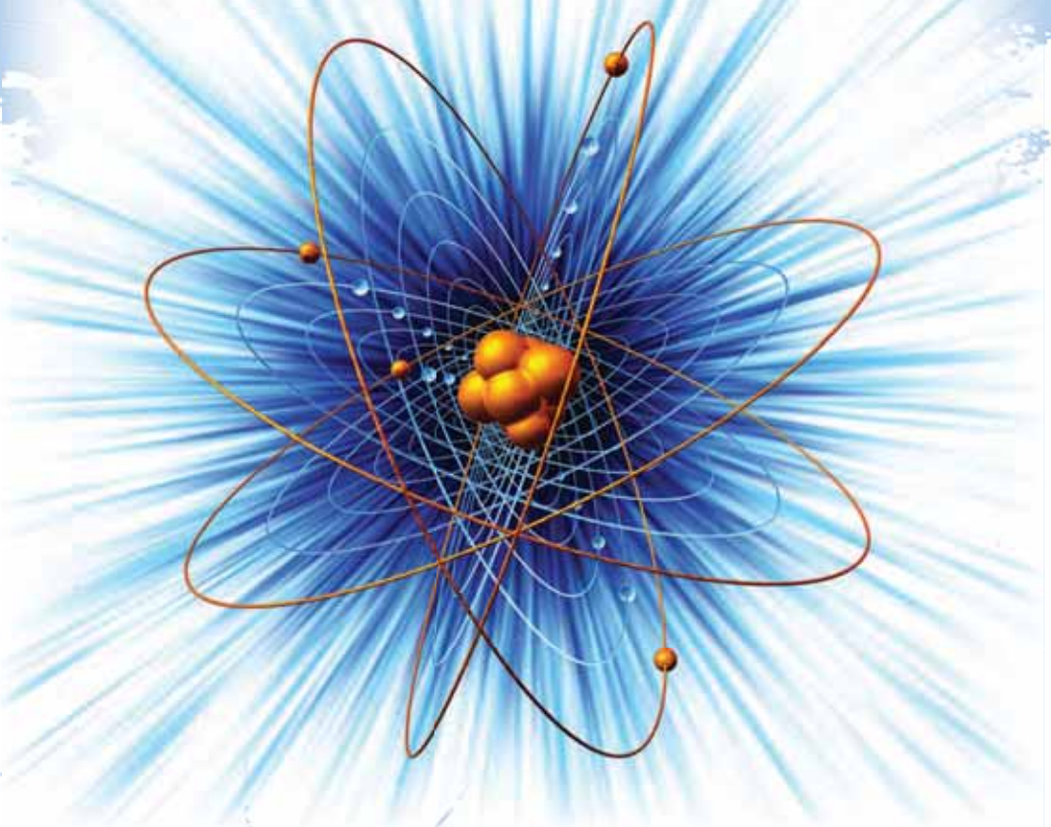
ماكس بلانك صاحب نظرية الكمية

إروين شرودنغر ومداراته الغامضة

بعد اكتشاف الإلكترون والنواة الذرية، جهد العلماء لمعرفة كيفية تركيبها معاً لصنع الذرات. وبحلول نهاية عشرينيات القرن العشرين، قادتهم نظرياتهم وتجاربهم إلى بعض الاستنتاجات الغريبة حول كيفية عمل العالم في نطاق أصغر.

بعد أن اكتشف إرنست رذرفورد نواة الذرة – تركيز الشحنة الموجبة في وسط كل ذرة – تصور أن إلكترونات الذرة تدور حولها، مثلما تدور الكواكب حول الشمس. ولكن كانت هناك مشكلة كبيرة في هذه الفكرة: كان علماء الفيزياء يعرفون أن إلكتروناً يتحرك حولها في دائرة من شأنه أن يبث إشعاعاً كهرومغناطيسياً ويفقد بالتالي الطاقة، وإذا ما فعل ذلك، فإنه سيدور تدريجياً إلى الداخل ويلتصق بالنواة.

في عام 1913، اقترح عالم الفيزياء الدنماركي نيلز بور أن للإلكترونات مدارات محددة فقط «مسموح بها»، وأنه عندما يفقد الإلكترون الطاقة فإنه لا يدور إلى أسفل، ولكنه «يقفز» إلى مدار آخر. وحتى الذرات التي تكون طاقتها منخفضة تبقى في مدار منخفض الطاقة، أطلق عليه بوهر «الحالة القاعية»، ولا تقع في النواة.



انطباع فنان لفكرة بوهر للبنية الذرية. تدور الإلكترونات حول النواة فقط على مسافات معينة بطاقات محددة.

قفزات كمية

اقترض بوهر فكرته من النظرية التي اقترحها الفيزيائي الألماني ماكس بلانك في عام 1900. فقد اقترح بلانك أمراً شبيها بهذا عندما كان يحاول شرح الضوء الذي تنتجه الأجسام الساخنة – الوهج البرتقالي للحمم البركانية. وكانت الطريقة الوحيدة التي يمكن فيها جعل معادلاته تتطابق مع الملاحظات هي افتراض أن الطاقة «محددة الكم» – أن الإلكترونات يمكنها أن تكتسب أو تفقد الطاقة فقط في خطوات متميزة أو قفزات نوعية، بدلاً من القيام بذلك باطراد.

لم يكن بلانك متيقناً من أن اقتراحه الراديكالي قد يكون صحيحاً، ولكن في عام 1905 استخدم ألبرت آينشتاين الفكرة لفهم تأثير آخر، يمكن فيه للضوء أن «يطرد» الإلكترونات إلى خارج ذراتها. وقد افترض آينشتاين أن الضوء موجود كحزم من الطاقة تسمى «الفوتونات» – ولا يمكن الاستمرا في اعتبارها تموجات تنتقل عبر الفضاء. ولم يبدُ أن أحداً كان مقتنعاً بهذه الأفكار، ولكنها جميعاً تطابقت بدقة وتماشت مع كل من خبرة المراقبة والحسابات الرياضية.

كما شرحت فكرة بوهر أيضا سبب إنتاج كل عنصر طيف محدد من الضوء حين تسخينه، كما اكتشف بنسن وكيرشهوف في عام 1860. فعندما تتلقى الذرات طاقة إضافية، من الحرارة أو الكهرباء، فإن إلكتروناتها تقفز إلى مدارات طاقة أعلى. وعندما «تقع» إلى مكانها مجدداً، ينبعث منها ضوءاً؛ يعتمد لون الضوء على الفرق في الطاقة بين المستويات – ويختلف ذلك من عنصر إلى آخر.

ماكس بلانك الذي تتطابق فكرته عن مستويات الطاقة «محددة الكم» مع سلوك الإلكترونات في الذرات.

تطابق مثالي

أصبحت الأمور في عشرينيات القرن العشرين

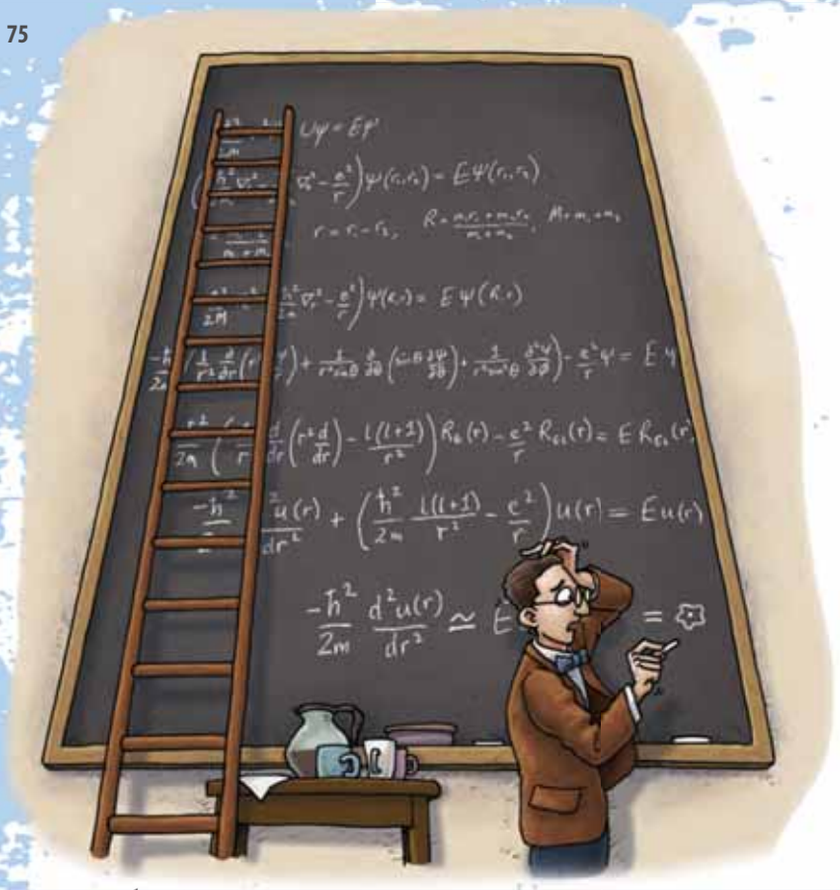
عندما يسخّن عنصر الزئبق، فإنه ينتج هذا الطيف من الضوء الأزرق، والأخضر، والأحمر. كل لون تنتجه الإلكترونات التي تسقط من مستوى أعلى من الطاقة.

أكثر غرابة. فبحلول ذلك الوقت، اكتشف العلماء أدلة كافية لإقناعهم بأن آينشتاين كان محقاً حول الضوء: إنه مكون حقاً من الفوتونات. ولكن الضوء لا يزال يتصرف أيضاً مثل الموجات – من الغريب أنه كان موجة وجُزيء في الوقت نفسه.

في عام 1923، تساءل الفيزياء الفرنسي لويس دي برولي عما إذا كان من الممكن أن يكون الأمر عكس ذلك أيضاً: أي إن الجزيئات، مثل الإلكترون، قد تتصرف مثل الأمواج. وحين وضع فكرة دي برولي في صيغة معادلة جرى بشكل مثالي فهم مدارات الإلكترونات التي تحدث عنها بوهر: كانت المدارات الوحيدة المسموح بها هي المدارات التي تتطابق تماماً مع «موجات» الإلكترون. بدا الأمر كأن الإلكترونات أوتار غيتار تهتز وهي ملفوفة حول الذرة.

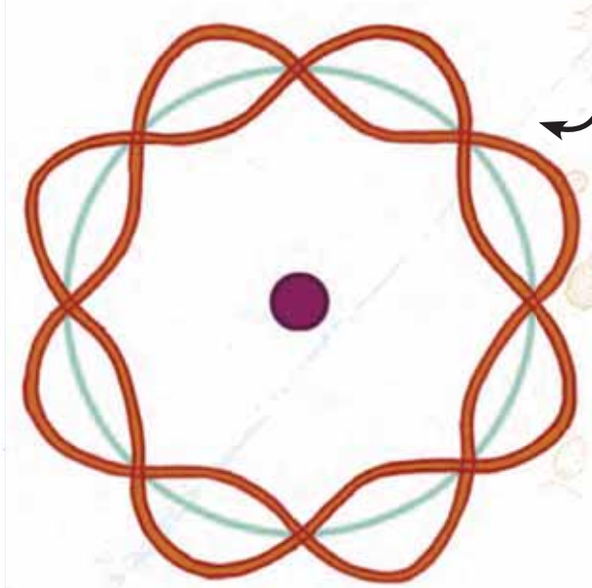
المدارات الغامضة

أصبحت الأمور أكثر غرابة. ففي عام 1926، توصل الفيزيائي النمساوي إروين شرودنغر إلى معادلة يمكنها أن تصف السلوك المتموج للإلكترونات. وقد تنبأت تماماً بمستويات الطاقة التي تحدث عنها بوهر. ولكن ليس في مكان معين أو في وقت معين. وبذا أصبحت مدارات بوهر المحددة بشكل جيد «مدارات» غامضة. لقد اكتشف شرودنغر حقيقة عميقة عن العالم في أصغر حجم له: إن جميع جزيئات المادة تحكمها «موجات احتمالية».



باستخدام معادلات كبيرة معقدة، تمكن شرودنغر أخيراً من إدراك كيفية تصرف الجزيئات مثل الأمواج.

لقد نجمت محاولات تفسير معادلة شرودنغر عن إرباك علماء الفيزياء منذ ذلك الحين. فلا أحد يعرف حقاً ماذا يعني بتموج الجزيئات أو جعل الأمواج جزيئات. ولكن معادلات الفيزياء الكمية دقيقة للغاية وناجحة في توقع ووصف سلوك الذرات والإلكترونات. ومن دون الفيزياء الكمية ما كانت لتحدث الثورة الرقمية أبداً، إذ إن سلوك الإلكترونات في الدوائر المدمجة الصغيرة التي تعتمد عليها أجهزة الكمبيوتر كان ممكناً فقط باكتشاف الفيزياء الكمية. كما كان بالإمكان اختراع الليزر فقط باستخدام معادلة الفيزياء الكمية.



"تماماً مثل الأمواج تتوافق الإلكترونات حول المدار الذي اقترحه بوهر."

حديقة حيوان الجسيمات

اكتشاف مفاجآت عن الأجسام «دون الذرية» في عالم خفي، برفقة:

بول ديراك وجسيماته المضادة

كارل أندرسون، مكتشف البوزيترون

هيديكي يوكاوا والتفاعل القوي

جون كوكروفت وإرنست والتون اللذين أطلقا العنان للطاقة النووية

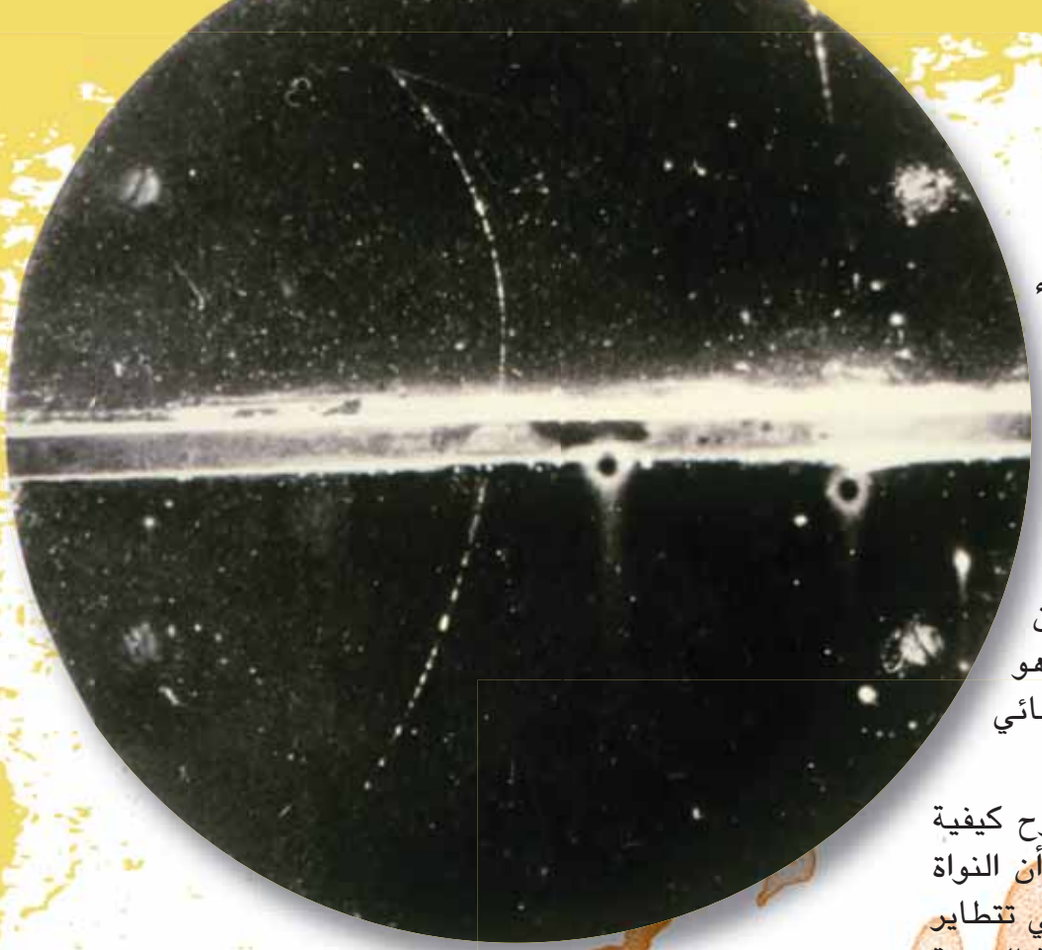
منحت النظريات الجديدة للنسبية الخاصة والفيزياء الكمية العلماء نظرة جديدة في عالم لا يمكن أن نختبره مباشرة أبداً: عالم الجسيمات الأصغر من الذرات – جسيمات دون حجم الذرة. فقد كانت النظريات الجديدة في الفيزياء تكشف عن عالم خفي مزدحم نشيط.

في عام 1931، جمع عالم الفيزياء الإنجليزي بول ديراك بين جميع معادلات الفيزياء الكمية مع معادلتي آينشتاين في النسبية في معادلة واحدة جديدة – واكتشف مجموعة جديدة كاملة من الجسيمات.

لقد اقترحت معادلة ديراك أن لكل نوع من الجسيمات «جسيم مضاد»، بذات الكتلة، ولكن بشحنة كهربائية معاكسة. وتنبأ ديراك، على وجه الخصوص، بوجود «مضادات إلكترونات» موجبة الشحنة. وصفها بأنها «بوزيترونات».

وقد ثبت بشكل لا يصدق أن ديراك كان محقًا، عندما اكتشف الفيزيائي الأميركي كارل أندرسون البوزيترون بعد سنة فقط. وقد قام أندرسون باكتشافه في «حجرة سحابة»، وهي عبارة عن خزان مملوء بالبخار، تخلّف فيه الجزيئات مسارات، كما تفعل الطائرات التي تخلف مسارات بخار عالياً في السماء الزرقاء الصافية. فالمجالات المغناطيسية والكهربائية في الحجرة تؤدي إلى انحناء الجزيئات المشحونة، الأمر الذي يمكن العلماء من معرفة حجم الكتلة والشحنة الكهربائية والمسار الذي سيتبعه الانحناء.

أعلاه: رمز الإشعاع الدولي.
إلى اليمين: محطة للطاقة النووية.



بيزترون ينحني في حقل مغناطيسي في حجرة سحابة لكارل أندرسون في عام 1932.

قوى غير مرئية

كان «البوزيترون» أول جزيء دون ذري من «حديقة حيوان» كاملة يكتشفه العلماء، بدءاً من ثلاثينيات القرن العشرين. وكان أندرسون نفسه قد اكتشف جزيء آخر في عام 1936، تبين أنه نسخة ثقيلة من الإلكترون – يبلغ 200 ضعفاً من حيث الحجم – أطلق عليه اسم «الميون». وكان أندرسون يبحث عن جزيء مختلف تماماً، وهو «الميزون» الذي تنبأ بوجوده الفيزيائي الياباني هيديكي يوكاوا في عام 1934.

كان يوكاوا قد اقترح الميزون لشرح كيفية بقاء نواة الذرة متراصة معاً. وأدرك أن النواة تحتوي على العديد من البروتونات التي تتطاير نتيجة قوة طاردة للبروتونات موجبة الشحنة المتراصة سوية – ما لم تكن هناك قوة قوية جدا تجذبها معاً.

وقد توصل يوكاوا إلى أن القوة الغامضة – تسمى اليوم التفاعل القوي – قد «تحتوي عليها» جزيئات تندفع جيئة وذهاباً بين البروتونات والنيوترونات، كما توصل إلى ماهية الكتلة التي تمتلكها هذه الجزيئات. وقد اكتُشف هذا الجزيء الذي تنبأ به يوكاوا أخيراً في عام 1947. كما تم التنبؤ في ثلاثينيات القرن العشرين بوجود قوة أخرى تؤثر في جزيئات النواة الذرية – يسمى التفاعل الضعيف، كما تم تحديد الجزيئات دون الذرية التي تحتوي عليها في ستينيات وسبعينيات القرن العشرين.

بنى كل من الفيزيائي الإنجليزي جون كوكروفت والفيزيائي الأيرلندي إرنست والتون أول مسرّع للجزيئات في عام 1929. وفي عام 1932 نشرت الصحف في جميع أنحاء العالم تقارير أنهما تمكنا من «شطر الذرة». ولكن في الحقيقة، تمكنا من «شطر النواة». فقد صدم كوكروفت ووالتون البروتونات بعنف بسرعة عالية بهدف صغير مصنوع من «الليثيوم». فكلما ارتطم البروتون بنواة ذرة الليثيوم، كانت النواة تنشطر إلى شطرين، وكانت هذه الشظايا ترتطم بشاشة مصنوعة من كبريتيد الزنك، حيث كانت تتسبب بحدوث ومضة صغيرة من الضوء.

مسرعات الجزيئات

لقد اكتشف العلماء مئات الجزيئات المختلفة، كل منها بمزيج مختلف الكتلة والشحنة، وفي مسرعات الجزيئات – الآلات التي تصدم الجزيئات ببعضها بعنف وبسرعة عالية. وقد

كان هيديكي يوكاوا منجذباً لفكرة وجود قوة قوية تجذب النواة إلى بعضها بعضاً.

الطاقة النووية

أدى إجراء التجارب على عناصر ذات نوى أكبر في ثلاثينيات القرن العشرين إلى ابتكار الانشطار النووي – التفاعل الذي ينتج الطاقة في محطات الطاقة النووية والأسلحة النووية. ويتميز اليورانيوم بأن لديه أكبر نواة من أي عنصر طبيعي، وثمة نسخة منه تحتوي على نواة غير مستقرة تجعلها مثالية للاستخدام في الانشطار النووي. ففي التفاعل الانشطاري تتفكك النواة الكبيرة وتنشطر الى قسمين وتطلق طاقة. كما أن النواة تطلق أيضاً، عندما تتفكك، نيوترونات يمكن أن تتسبب بتفكك نوى أخرى أيضاً. وفي ظل الظروف المناسبة، وإذا ما كان هناك ما يكفي من اليورانيوم في مكان واحد، فيمكن أن تصبح هذه العملية «سلسلة من التفاعل». ويمكن التحكم بعناية، في محطة للطاقة النووية، بسلسلة التفاعل – ولكن لا يمكن التحكم بذلك في قنبلة نووية.

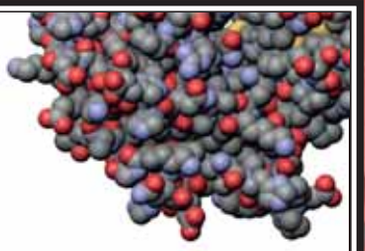
كوكروفت ووالتون على أهبة تشغيل مسرع الجزيئات وصدم بعض الذرات.

لقد أطلقت تجربة كوكروفت ووالتون طاقة من النواة – لقد كان هناك طاقة بعد التجربة أكثر من قبل إجرائها. وكان يمكن أن تمثل هذه الطاقة «الإضافية» خسارة للكتلة: كان مجموع كتلة شظايا النواة التي بقيت بعد حدوث الارتطام أقل من كتلة نواة ليثيوم قبل حدوث الارتطام.

كان هذا هو الدليل الأول لمعادلة آينشتاين، $E = Mc2$، إذ إن كمية الطاقة الإضافية كانت تساوي كمية الكتلة مضاعفاً بتربيع سرعة الضوء. وكان هذا أول دليل على أنه بالإمكان تسخير الكتلة–الطاقة الخفية في النواة.

باستخدام مجرد عدد قليل من الكيلوغرامات من اليورانيوم أو البلوتونيوم، يمكن لقنبلة ذرية إطلاق قدر من الطاقة يساوي آلاف الأطنان من المتفجرات التقليدية.

الحلقة
الثالثة والعشرون



كل شيء في الجينات

حلّ رمز الحياة، بمفاتيح وفرها كل من:

فريدريك ميشر، مكتشف الحمض النووي

فريدريك غريفيث ومبدأ التحويل

روزاليند فرانكلين وحيود (انحراف) الأشعة السينية

جيمس واطسون وفرانسيس كريك والحلزون المزدوج

في الوقت نفسه الذي كان علماء الفيزياء يكتشفون كماً من الجزيئات دون الذرية، كان علماء الكيمياء الحيوية – العلماء الذين يدرسون التفاعلات الكيميائية في الكائنات الحية – يعملون جاهدين لاكتشاف كيف يمكن للجينات أن تنقل المعلومات من جيل إلى آخر. وكان المفتاح يكمن في مركب كيميائي يسمى الحمض النووي.

وكان الحمض النووي، والحمض النووي الريبي منقوص الأوكسيجين قد اكتُشفا في عام 1869، من قبل عالم الأحياء السويسري فريدريك ميشر، بينما كان يحاول معرفة التكوين الكيميائي لنواة الخلايا البشرية.

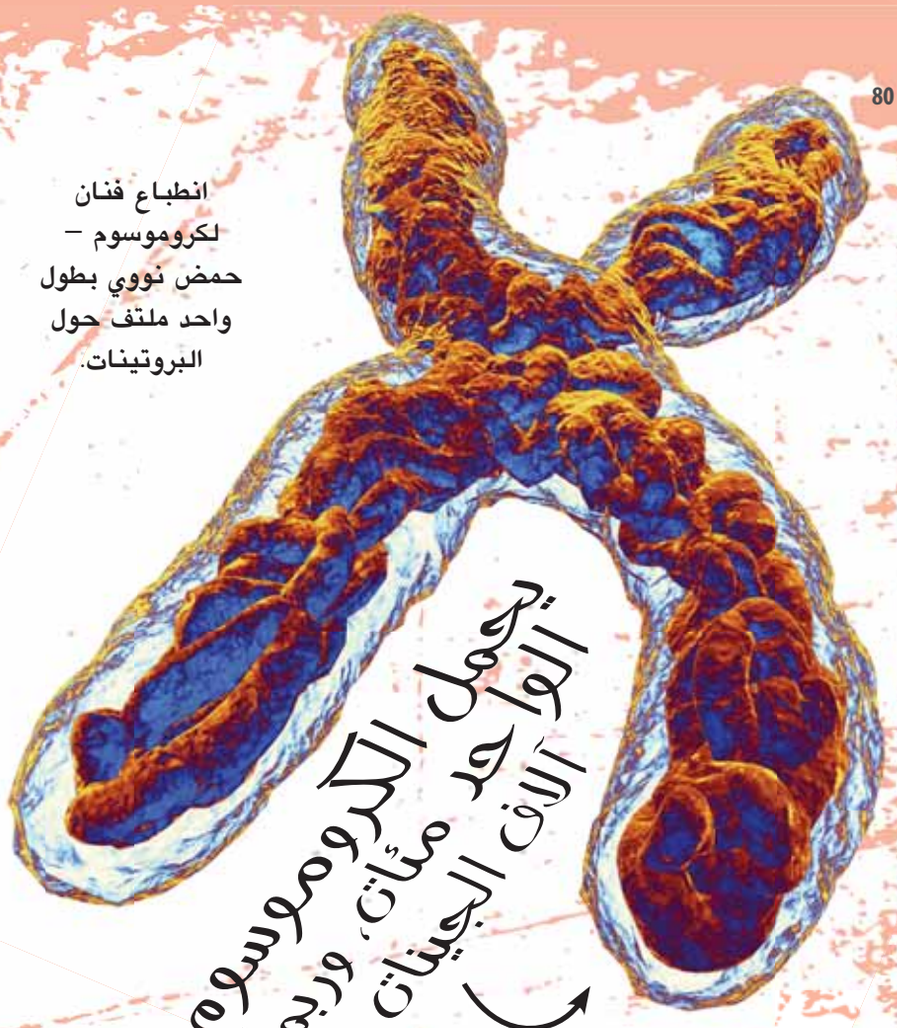
واكتشف ميشر وسيلة لاستخراج المواد الكيميائية من نوى خلايا الدم البيضاء. وتوجد هذه الخلايا عادة بكثرة في القيح، فكان يحصل على الضمادات المتسخة من المستشفى. وعندما حلل ميشر محتويات نواة الخلية، وجد أن معظم هذه المحتويات من البروتينات، كما كان متوقعاً، ولكنه وجد أيضا مركباً لم يكن بروتيناً.

اكتشف فريدريك ميشر مركباً كيميائياً مهماً جداً في نواة الخلية.

فقد كان حمضياً قليلاً في الماء ويحتوي على كميات كبيرة من الفوسفور. وبما أنه لم يكن متأكداً من ماهيته، فقد أطلق عليه اسم «نُوكْلِئين»، ولكن عندما تمت تنقيته – فصل البروتينَ الذي كان ملتصقاً به – بدأ العلماء يطلقون عليه الحمض النووي. ولم يتضح دوره أكثر في نقل المعلومات الوراثية إلا بعد مرور 70 عاماً.

خط إنتاج البروتين

في أوائل القرن العشرين اكتشف العلماء أن الجينات تكون محمولة على الكروموسومات في



انطباع فنان لكروموسوم – حمض نووي بطول واحد ملتف حول البروتينات.

يحمل الكروموسوم الواحد مئات، وربما آلاف الجينات

نواة كل خلية. وأدركوا أنه لا بد من وجود آلاف الجينات، ولا بد أنها تحمل سوية التعليمات للون الشعر، ولون البشرة – في الواقع، جميع خصائص الكائن الحي. ولذا فإن الكروموسومات كانت بمنزلة دليل إرشادي لكيفية بناء شكل الحياة. ولكن كيف يمكن كتابة دليل التعليمات داخل نواة الخلية؟

منذ منتصف القرن التاسع عشر، كان الكيميائيون يعلمون أن الكائنات الحية تتكون في معظمها من مركبات كيميائية تسمى البروتينات. فهناك ملايين الأنواع المختلفة من البروتينات، بما في ذلك الكيراتين، المكون الرئيسي للشعر والأظافر، كما أن كثيراً منها موجود داخل الخلايا. وبحلول عشرينيات القرن العشرين توصل علماء الكيمياء الحيوية إلى أن البروتينات يجب أن تكون «مبنية» داخل الخلايا، وأن تعليمات بناء البروتينات يجب أن تكون التعليمات الوراثية المحمولة على الكروموسومات.

حمل الرسالة

بدأ اكتشاف دور الحمض النووي في حمل المعلومات في عام 1928. فقد كان الميكروبيولوجي الإنجليزي فريدريك غريفيث يحاول صنع لقاح لمنع مرض الالتهاب الرئوي. وفي أثناء تجربته، اكتسب نوع واحد من البكتيريا خصائص نوع آخر – انتقلت المعلومة الوراثية من نوع إلى آخر في المادة الكيميائية التي أطلق عليها غريفيث «مبدأ التحويل». وفي الوقت نفسه، في عام 1933، اكتشف الصيدلي البلجيكي جان براشيه أن الحمض النووي موجود في الكروموسومات داخل النواة. وفي عام 1943، أي بعد عشر سنوات من العمل المضني، أثبت فريق بقيادة الباحث الطبي أوزوالد آفري أن الحمض

بروتينات الخلية

الخلية الحية بمنزلة كيس يحدث فيه عدد لا يحصى من التفاعلات الكيميائية. فالكيس، أو «الغشاء»، مكون في معظمه من الدهون، ولكن المواد الكيميائية داخل الخلية بروتينات في الأساس. والبروتينات هي جزيئات «عضوية» أو جزيئات ترتكز على الكربون، وتنضم ذرات الكربون، أو «تلتصق» ببعضها لصنع سلاسل وحلقات طويلة، وهذا هو سبب وجود مجموعة متنوعة ضخمة من البروتينات.

نموذج لجزيء من البروتين يسمى الهيموغلوبين. والكرات الرمادية هي ذرات الكربون.

عالم بلورات روزاليند فرانكلين والصورة 51 التي التقطتها باستخدام الأشعة السينية.

النووي ومبدأ التحويل الذي قال به غريفيث هما الشيء ذاته.

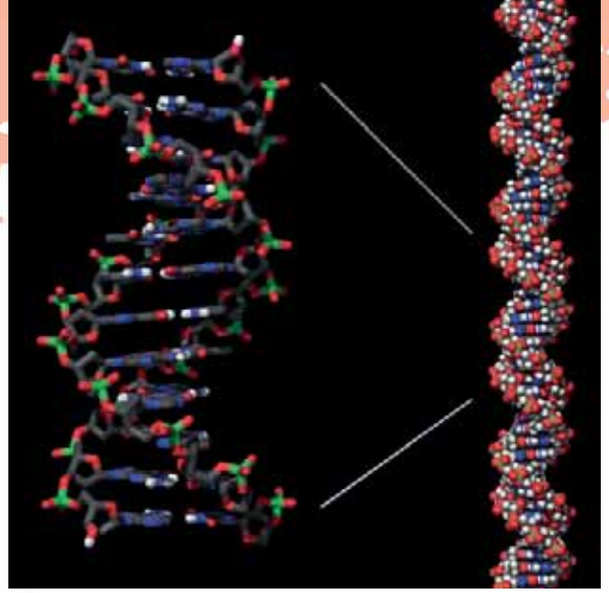
ويترتب على ذلك أنه إذا تمكن العلماء من التوصل إلى بنية جزيء للحمض النووي، فسيكون بمقدورهم التوصل إلى كيفية حمل الحمض النووي للمعلومات الوراثية. وأظهر التحليل الكيميائي أن الحمض النووي مكون من عدة أجزاء مختلفة: نوع من السكر يسمى «ديوكسيريبون»؛ حمض الفوسفوريك (الفوسفات)، وأربع مواد كيميائية تسمى «القواعد». ويطلق على هذه القواعد الأربع الأدينين (A)، الثايمين (T)، جوانين (G) والسيتوزين (C). ولاحظ العلماء أنه في أي عينة من الحمض النووي، كانت كمية الأدينين دائماً هي نفس كمية الثايمين، وأن كمية الجوانين كانت نفس كمية السيتوزين. ولكن كان من الصعب التوصل إلى كيفية توافق السكر والفوسفات والقواعد معاً.

ما الذي قالته النقاط

بدأ العلماء في أواخر أربعينيات القرن العشرين باستخدام تقنية تسمى «حيود (انحراف) الأشعة السينية» للتوصل لمعرفة هيكل الجزيئات العضوية. فإذا ما تم إطلاق بلورة بأشعة سينية، ترتد الأشعة السينية على الذرات، وتشكل أنماط من النقاط على أفلام فوتوغرافية تتسم بالحساسية من الضوء. فحينها يكون بالإمكان معرفة ترتيب الذرات من نمط هذه النقاط. وكان هذا أمراً سهلاً إلى حد ما مع مواد مثل المعادن التي لها تركيب بلوري عادي جداً. ولكنه أكثر صعوبة مع الجزيئات العضوية الكبيرة، مثل الحمض النووي، ذلك أنها غالبا ما تشكل أليافاً طويلة بدلاً من البلورات، ومن الممكن أن يكون ترتيب ذراتها معقداً جداً.

التقطت روزاليند فرانكلين الصورة 51 في عام 1952. وكانت النقاط السوداء أنتجتها الأشعة السينية التي ارتدت عن ذرات في جزيئات الحمض النووي. وقد وفرت مواقع النقاط أدلة على بنية الحمض النووي.

في عام 1951، تمكن الفيزيائي النيوزيلندي المولد موريس ويلكنز من الحصول على بعض نتائج حيود الأشعة السينية للحمض النووي، والتي أشارت إلى أن جزيء الحمض النووي يجب أن يكون «حلزوني» الشكل مثل زنبرك ملتف. وقد أجرت زميلة لويلكنز، الفيزيائية الإنجليزية روزاليند فرانكلين، المزيد من حيود الأشعة السينية، وأنتجت في عام 1952 نمطاً واضحاً من النقاط. وفي الوقت نفسه، كان بيولوجي الجزيئات الأميركي جيمس واطسون وبيولوجي الجزيئات الإنجليزي فرانسيس كريك يحاولان يائسين للتوصل إلى معرفة بنية الحمض النووي



قبل أي شخص آخر. وهكذا فبعد أن شاهدا صورة فرانكلين، تمكنا من بناء نموذج للحمض النووي في مختبرهما في عام 1953.

الإرشادات مرفقة

توصل كل من واطسون وكريك إلى أن الحمض النووي هو حلزون مزدوج – مثل سلالم لولبية. ويشكل السكر والفوسفات «العمود الفقري» الملتوي للجزيء، وأن القواعد الأربع متصلة على فترات منتظمة على طول ذلك، مثل درجات السلالم. وترتبط القواعد سوية في أزواج – قواعد الاتصال معا في أزواج – الأدينين إلى الثايمين، والجوانين إلى السيتوزين – الأمر الذي يفسر سبب وجود نفس الكميات من الأدينين والثايمين، والجوانين والسيتوزين في عينات الحمض النووي. فالكروموسوم هو جزيء من الحمض النووي يلتف حول نفطة (كتلة مستديرة لزجة) من البروتين تسمى «الهيستون».

تعد «أزواج القواعد» على طول الجزيء حروف رمز الحياة: فهي تفسر المعلومات الوراثية المحمولة في الجينات، في شكل تعليمات لبناء البروتينات. وأما داخل نواة الخلية، فينحل الحلزون المزدوج ويرسل نسخاً من الجينات إلى داخل الخلية. فتقوم البروتينات التي تُعرف بـالـ «ريبوسوم» بقراءة الرمز من نسخ الجينات، وبناء البروتينات. وتتم هذه العملية المذهلة ملايين المرات، حتى في الوقت الراهن، داخل (تقريباً) كل خلية في جسمك.

إلى اليسار: زنبرك حمض نووي من كروموسوم.
إلى أقصى اليسار: نموذج مكبر لنموذج جزيئي للحلزون المزدوج.

كريك وواطسون ونموذج إفعلها بنفسك للحمض النووي

مقطع عرضي لنواة الخلية، وإلى اليمين، صورة عن كثب لكروموسوم والبنية الحلزونية المزدوجة في الداخل.

الحلقة
الرابعة والعشرون

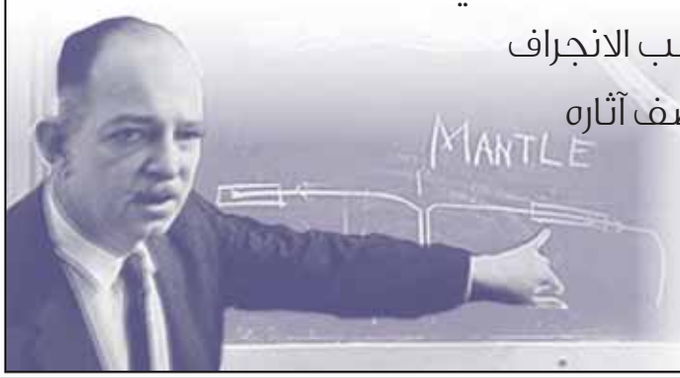
فكرة متحركة

معرفة كيف تكوّنت الجبال والمحيطات، برفقة كل من:

ألفريد فيغنر، صاحب نظرية الانجراف القاري

آرثر هولمز الذي حدّد سبب الانجراف

هاري هيس الذي وصف آثاره



لقد عُثر على معظم أحافير أسلافنا في أفريقيا في «الوادي المتصدع الكبير»، وهو وادٍ مسطح القاع يمتد لمسافة تبلغ آلاف الكيلومترات عبر شرق أفريقيا. ووفقا لنظرية تسمى «الصفائح التكتونية»، فإن هذا الوادي سيصبح محيطاً في يوم من الأيام.

في عام 1962، كتب الجيولوجي الأميركي هاري هيس تقريراً علمياً يسمى «تاريخ أحواض المحيطات»، وضع فيه الخطوط العريضة لنظرية عن قاع المحيط. فاقترح هيس أن صخوراً جديدة تتشكّل باستمرار، حيث ترتفع الصخور المنصهرة خلال الشقوق في قاع البحر، وأن هذه الصخور الجديدة تدفع باطراد جانبي القاع القديم

هاري هيس يشرح نظريته. يظهر الرسم قاع البحر وهو يتمدد ويدفع القارات بعيداً عن بعضها البعض.

للبحر إلى الخارج باتجاه جانبي الشقوق. وقد منحت نظرية هيس، التي تعرف بـ «تمدد قاع المحيط» دعماً جديداً لفكرة قديمة رفضها معظم الجيولوجيين لمدة 50 عاماً.

اللغز القاري

في عام 1912، اقترح الجيولوجي والمستكشف الألماني ألفريد فيغنر أن قارات الأرض تتحرك دائماً. وعلاوة على ذلك، فقد اقترح أن القارات كانت في ما مضى قارة عظمى واحدة، وأنها تبتعد عن بعضها منذ ذلك الحين. وفسرت هذه الفكرة حقيقة أن القارات في خريطة العالم تبدو كأنها قطع من أحجية رديئة. كما تشرح هذه النظرية حقيقة أن العديد من الأحافير المتشابهة

فيغنر يجمع قطع أحجية التباعد القاري

جداً عُثر عليها في أماكن تفصل بينها محيطات شاسعة، فضلاً عن وجود أنواع متطابقة من الصخور على جانبي المحيطات الفسيحة.

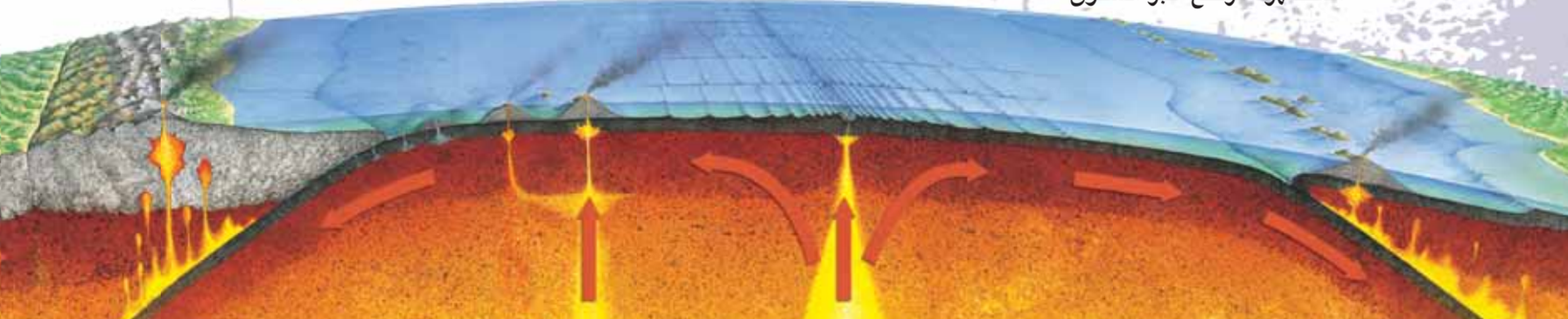
في عام 1929، اكتشف الجيولوجي الإنجليزي آرثر هولمز كيفية حدوث «الانجراف القاري» الذي تحدث عنه فيغنر. فتحت الطبقة الخارجية الصلبة من كوكبنا (القشرة)، هناك طبقة كبيرة من الصخور المنصهرة (الدثار). وقد اعتقد هولمز أن بمقدور الصخور الساخنة السائلة التي ترتفع إلى سطح الدثار أن تشق قارة وتدفع القطع

سلسلة تلال منتصف المحيط: الصخور المنصهرة ترتفع عبر الشقوق

إن للحمل الحراري آثار أخرى غير تمدد قاع البحر، نورد بعضاً منها في أدناه.

الاندساس (الاستخفاض): صفيحة تُضغط تحت أخرى

البراكين الساخنة: حيث تثقب الصخور المنصهرة قشرة الكرة الأرضية



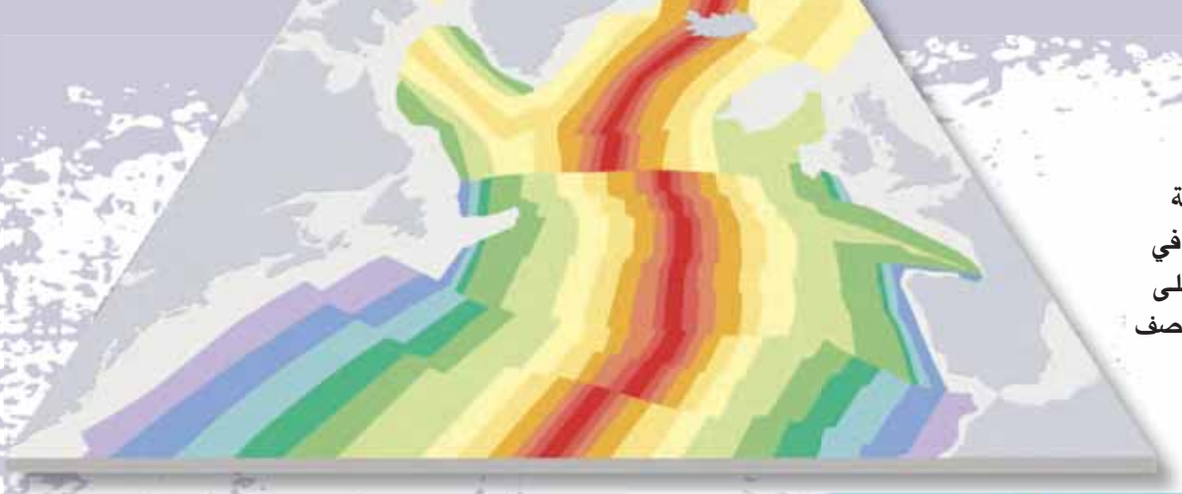
«ولو تم قبول دثار الحمل الحراري، لكان بالإمكان سرد قصة معقولة لوصف نشوء أحواض المحيطات والمياه فيها». هاري هيس 1962

المنشطرة بعيداً عن بعضها. ويطلق على هذه السوائل الساخنة الصاعدة «الحمل الحراري» (عملية انتقال الحرارة في الموائع من منطقة إلى أخرى بواسطة الحركة الجزيئية). واعتبرها هولمز حزاماً ناقلاً: عندما يبرد الصخر المنصهر، فإنه يعاود السقوط في الدثار؛ ويشكل تياري الارتفاع والهبوط تشكيل «دورة الحمل الحراري».

تحرك الصفائح

كان لدى هاري هيس معلومات إضافية لم تكن بحوزة هولمز، أخبرته أن هولمز كان محقاً. فقد كان لدى هيس خرائط لقاع المحيط أظهرت وجود سلاسل جبال طويلة تمتد عبر منتصف قاع جميع المحيطات الكبرى، مثل ندبة كبيرة في قشرة الأرض. كما كان لديه سجلات لدرجة حرارة قشرة الأرض في قاع المحيط، والتي أظهرت أن الصخور الممتدة على طول «سلسلة تلال منتصف المحيط» أكثر دفئاً من بقية المحيط.

كما ساهمت فكرة دورات الحمل الحراري في دثار الأرض تفسير أصول الزلازل والبراكين. فكما ترتفع الصخور عبر الدثار إلى السطح، فإنه يتم جذبها إلى أسفل من السطح إلى الدثار.



تظهر الأشرطة الملونة حتى انتشار التغيرات في المجال المغناطيسي على جانبي سلسلة تلال منتصف المحيط الأطلسي.

خريطة معاصرة لحدود الصفائح التكتونية.

وتسمى هذه العملية «الاندساس» أو «الاستخفاض»، وهي تحدث حيث تلتقي قشرة المحيط بقارة ما. فتضغط قشرة المحيط الأرق إلى أسفل القشرة القارية الأكثر سمكاً، وبينما تتطاحن هاتان الصفيحتان يخلق الاحتكاك حرارة واهتزازاً. وهذه الحركة ليس بالأمر الهين: يتراكم الضغط، ويُطلق تدافعاً نختبره في شكل زلازل. وتذيب الحرارة الصخور الجوفية العميقة التي يندفع بعضها حتى عبر قشرة الأرض، وتصل أحياناً إلى السطح، فتتسبب في خلق البراكين. وفي الوقت نفسه، يدفع اصطدام الصفيحات الأرض إلى أعلى فتتشكل سلاسل الجبال.

دليل قوي

هكذا بدت نظرية هيس كأنها تشرح الانجراف القاري الذي تحدث عنه فيغنر، فضلاً عن يفاعة قاع المحيط، والبراكين والزلازل. ولإثبات نظرية هيس بطريقة أو بأخرى، أتى العلماء في عام 1963 باختبار.

يعلم الجيولوجيون أن المجال المغناطيسي للأرض يتغير على مدى فترات طويلة، وأن هذه التغييرات يتم الاحتفاظ بها في الصخور – في الصخور المنصهرة تطلق الجزيئات المغناطيسية لتنضم إلى الحقل المغناطيسي للأرض، ولكن في الصخور الصلبة لا يكون بمقدورها التحرك. فإذا كانت نظرية هيس محقة، فسيكون سجل هذه التغييرات في المجال المغناطيسي على أحد جانبي سلسلة تلال منتصف المحيط. وقد اكتشفت ذلك المسوحات التي أجريت في أواخر ستينيات القرن العشرين.

مشهد دائم التغير

تعرف نظرية الانجراف القاري اليوم باسم «الصفائح التكتونية». فقشرة كوكب الأرض تشبه قشرة بيضة متصدعة، كل واحدة من هذه القطع تسمى «صفيحة». وتحمل معظم الصفائح قارة، وحيثما تلتقي هذه الصفائح، فإما أن تتشكل قشرة قاع للمحيط بتمدد القاع، أو تتدمر بسبب «الاندساس». وأحياناً سوف يظهر صدع داخل الصفيحة، جاعلاً حدوداً جديدة للصفيحة. وهذا هو ما يحصل حالياً في الوادي المتصدع الكبير في أفريقيا. إنه جزء التصدع الذي يشطر الصفيحة الأفريقية. وفي بضعة ملايين السنين، سيبلغ عرض الصدع مئات الكيلومترات – وستغمره مياه المحيط الهندي.

الوادي المتصدع: الصفائح القارية تبتعد عن بعضها.

تشكّل الجبال: اصطدام صفيحتين.

الحلقة
الخامسة والعشرون

همسات من الكون

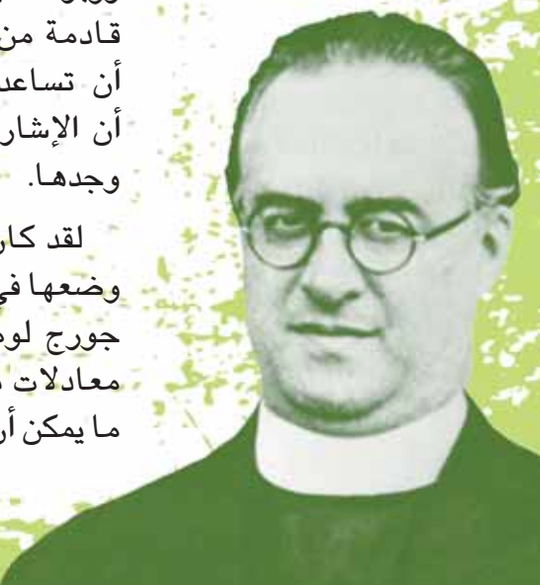
النظر إلى الوراء إلى أول البداية مع:

جورج لوميتر الذي رأى «ذرة بدائية»

فريد هويل الذي فضل نظرية «الحالة الثابتة»

أرنو بنزياس وروبرت ولسون مكتشفا إشعاع الخلفية الكونية

جورج لوميتر الذي استخدم الرياضيات لاقتراح أن الفضاء يتوسع.



بعد ثلاث سنوات من نشر هاري هيس نظريته حول تمدد قاع البحر، قام فريق من العلماء بقيادة الفيزيائي الأميركي روبرت ديك بالبحث عن إشارة راديو خافتة قادمة من الفضاء، والتي اعتقدوا أن من شأنها أن تساعدهم على فهم أصل الكون. وقد ثبت أن الإشارة موجودة – ولكن لم يكونوا هم من وجدها.

لقد كان ديك وفريقه يحاولون اختبار نظرية وضعها في وقت سابق الكاهن والفلكي البلجيكي جورج لوميتر. ففي عام 1927، استخدم لوميتر معادلات نظرية النسبية العامة لآينشتاين ليرى ما يمكن أن تخبره عن كيفية تغير الكون مع مرور الوقت. واقترحت نتائجه أن الكون يتوسع. وبعد ذلك بعامين، بدا أن ملاحظة الفلكي إدوين هابل بأن المجرات تتسارع في الابتعاد عن بعضها تؤكد هذه الفكرة. وبعد ذلك بعامين، أدرك لوميتر أنه إذا تم عكس الزمن إلى الوراء، فإن الكون الذي يتوسع لا بد أن ينكمش، وبالتالي، فإن الكون في بدايته كان صغيراً جداً – وهي حالة أطلق عليها «الذرة البدائية».

سيناريوهان

في أربعينيات القرن العشرين، وضع الفلكي الإنجليزي فريد هويل نظرية مختلفة، اقترح فيها أن الكون كان موجوداً منذ الأزل، وأن لا بداية

له. ولتفسير هذا، ادعى هويل أن المادة الجديدة كانت مخلوقة طوال الوقت، في كل مكان، وليس فقط دفعة واحدة بعد بداية الزمن.

في عام 1949، استخدم هويل عند شرحه «حالة الثبات» هذه مصطلح «الانفجار الكبير» لوصف نظرية لوميتر. وعلق الاسم: أصبحت الذرة البدائية للوميتر «الانفجار الكبير». لقد اقترحت نظرية لوميتر أن الكون كان في البداية؛ وأما هويل فاقترح أنه لم يكن كذلك. وباستخدام الفيزياء الكمية والفهم الحالي للتفاعلات النووية، فإن كلا النظريتين يمكن أن تفهما في سياق تجمع البروتونات، والنيوترونات والإلكترونات لتشكيل عناصر بسيطة مثل الهيدروجين والهليوم.

كان بإمكان كلا النظريتين أيضاً شرح تشكيل عناصر أكبر من الهيدروجين والهيليوم، داخل النجوم. وقد بدا لفترة من الوقت أن كليهما مرجحان. ولكن كان ثمة ضرورة لإجراء اختبار للفصل بينها.

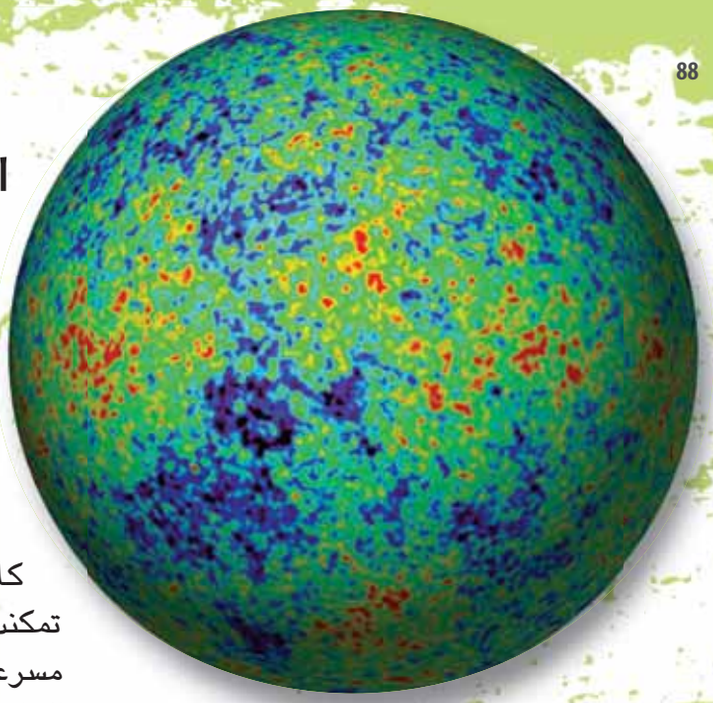
فريد هويل الذي تتنبأ نظرية «الحالة الثابتة» التي وضعها بإشعاع الخلفية الكونية.

الأشعة الكونية

إذا كانت نظرية «الانفجار الكبير» محقة، فذلك يعني أنه عندما كان الكون في بدايته، كان صغيراً جداً وحاراً جداً. ولذلك ينبغي أن يكون من الممكن الكشف عن بعض الطاقة من عمر الكون المبكر كإشعاع كهرومغناطيسي. لقد كان الإشعاع الكوني – همس حرارة طاقة الكون المبتدئ – هو ما كان يبحث عنه ديك وفريقه في عام 1965. ولكن حالما بدأوا بحثهم، وجده عالمان آخران قريبان منهم، عن طريق الصدفة.

قبل ذلك بعام، كان الفيزيائي أرنو بنزياس والفلكي روبرت ولسون قد بدآ العمل على هوائي راديو في نيو جيرسي، على أمل اكتشاف موجات راديو من الغبار والغاز حول مجرتنا. واكتشف بنزياس وولسون أن هوائيهم الحساس كان يلتقط «ضوضاء راديو» – في شكل إشعاع ميكروويفي عشوائي. وبدآ محاولة التوصل لمعرفة المكان الذي تنبعث منه، بحيث يمكن أخذه بعين الاعتبار في مراقبتهم للفضاء. وقاما باستبعاد كل مصدر

ذهب بنزياس وولسون إلى أبعاد متطرفة للحد من التدخل.



إشعاع ميكروويفي يمكن أن يساورهما: الغلاف الجوي، الشمس، كوكب المشتري، نظم الرادار، والبث الإذاعي على الأرض – حتى أنهما أزالا طيور الحمام وفضلاتها عن الهوائي. وأخيراً، أدركوا أن ثمة إشارة كانت مقبلة حقاً من الفضاء الخارجي.

في الواقع، كانت ضوضاء الراديو قادمة من كل جزء من الفضاء، في جميع أوقات اليوم. وقام العالمان برصدها لمدة عام كامل – وبقيت على حالها. لقد وقعا في حيرة. ولكن بعد ذلك اكتشفا ما كان يبحث ديك وفريقه عنه، وأدركا على الفور أنهما وجداه بالفعل – الأشعة الكونية التي من شأنها أن تقدم الدليل في مصلحة نظرية «الانفجار الكبير».

اختبار النظرية

منذ عام 1965، جرت دراسة «إشعاع الخلفية الكونية» الذي اكتشفه كل من بنزياس وولسون بكثير من التفصيل، وبقي متناسباً مع تنبؤات نظرية «الانفجار الكبير». لقد تم اختبار هذه النظرية بطرق أخرى أيضاً. على سبيل المثال، إنها تتنبأ بدقة بنسبة الهيدروجين إلى الهيليوم التي كانت موجودة في وقت مبكر جداً للكون. كما تمكنت التجارب مع الجزيئات دون الذرية في مسرعات ضخمة للجزيئات من تكرار الظروف القاسية التي ربما كانت موجودة في الكون حديث السن، الصغير، الساخنة، والكثيف.

لا يزال هناك الكثير الذي يحتاج إلى الإلمام به والتوصل إلى معرفته في علم الكونيات، ودراسة أصول عالمنا. وفي حين أن نظرية الانفجار الكبير تؤدي عملاً جيداً في شرح نشوء المادة وتمدد الكون، إلا أنها لا تشرح من أين جاءت «الذرة البدائية»، كما لا يمكنها شرح القوانين الطبيعة وسبب الحالة التي هي عليه. وعلى الرغم من ذلك، فإن أحدث المراقبات والقياسات من الفضاء توحي بقوة أن نظرية الانفجار الكبير صحيحة. ولذا يبدو أن كوننا بدأ قبل نحو 13.7 مليار سنة كبقعة صغيرة جداً، وكثيفة جداً، وساخنة جداً من الكتلة–الطاقة.

إلى اليمين: صورة لتوزيع إشعاع الخلفية الكونية عبر السماء كلها، والتي تظهر أن هناك اختلافات طفيفة في درجة حرارة الكون في مراحله الأولى.

الجدول الزمني للكون، يظهر الانفجار الكبير وتمدد الكون عبر 13.7 مليار سنة.

الحلقة
السادسة والعشرون

التقدم والعلم

استمرار السعي للمعرفة – مع جيل جديد من العلماء

فحوصات حديثة بالأشعة للجسم تقدم صوراً واضحة للعظام والأعضاء الداخلية.

لا تنتهي قصة العلوم مع الانفجار الكبير. فالعلماء مستمرون بوضع نظريات جديدة – والتجارب لاختبارها. وسوف تجد الاكتشافات العلمية الجديدة طريقها إلى حياتنا بعدة وسائل، من خلال التكنولوجيا. ويعتقد كثير من الناس أن «العلم» و«التكنولوجيا» هما ذات الشيء. ولكنهما ليسا كذلك. فالعلم هو وسيلة لاكتشاف سبب ما عليه العالم، وذلك باستخدام المراقبة، والنظرية والتجربة. وأما التكنولوجيا فهي «المعرفة»: اختراع الأشياء، وبناء الأشياء، واستخدام الأدوات، والعمليات – مثل الزراعة أو التعدين.

لذلك، في حين أن تاريخ العلم يعود في الحقيقة إلى القرن السادس عشر فقط، فإن تاريخ التكنولوجيا يعود إلى أبعد من ذلك بكثير – إلى اللحظة التي صنع فيها أجدادنا الأدوات الحجرية، قبل نحو 2.5 مليون سنة. وقد تقدمت التكنولوجيا لفترة طويلة من دون أي مدخلات من العلم. فعلى سبيل المثال، شيد المهندسون شبكات الصرف الصحي القديمة التي حسّنت الصحة العامة، من دون فهم نظرية الجرثومة؛ التربية الانتقائية لحيوانات المزرعة حدثت لآلاف السنين قبل علم الوراثة؛ حتى أن المحرك البخاري اختُرع تقريبا من دون أي مدخلات من العلماء. ولكن عندما أصبح العلم مشاركاً وثيقاً مع التكنولوجيا، تسارعت وتيرة التغير التكنولوجي.

الابتكارات والاختراعات

لقد كان أول تأثير حقيقي للعلم في تاريخ التكنولوجيا في الصناعة الكيميائية، وذلك ابتداء من منتصف القرن التاسع عشر. فقد أدى الفهم العلمي للتفاعلات الكيميائية إلى اختراع الأصباغ الاصطناعية، والأسمدة الاصطناعية الغنية بالنيتروجين، والمواد الاصطناعية مثل البلاستيك. كما أحدثت الاكتشافات الكهرومغناطيسية والإشعاع الكهرومغناطيسي ثورة في الاتصالات، الأمر الذي أدى إلى ابتكار نظام التلغراف ثم الهاتف، فالمذياع والتلفاز. وبحلول ثلاثينيات القرن العشرين، كان معظم المنازل في البلدان المتقدمة مزود بالكهرباء التي كانت تعتمد على المولدات والمحولات الكهرومغناطيسية – وفهم للدوائر الكهربائية.

كما أدت نظرية المرض الذي تتسبب الجرثومة بحدوثه إلى تطوير أساليب جراحية أكثر أماناً، فضلاً عن المضادات الحيوية والأدوية الأخرى. علاوة على ذلك، فقد مكّن اكتشاف الإلكترون والنظرية الكمية من اختراع الكمبيوتر، والهاتف المحمول والإنترنت. كما ساهمت الاكتشافات الجيولوجية في عثور شركات الطاقة واستخراج المزيد من النفط، لتزويدها بالوقود.

الاهتمامات البيئية

إن أحد أهم وأبرز النتائج للتغيرات التكنولوجية الهائلة التي حدثت كان النمو السريع في تعداد سكان العالم: لقد كان تعداد السكان مليارَي نسمة (2 مليار) في عام 1927، وبلغ 7 مليارات نسمة في عام 2011. فاللقاحات وغيرها من الأدوية حالت دون وفاة الملايين من البشر.

كما ساهمت الأسمدة الاصطناعية والمبيدات الحشرية في زيادة الإنتاج الزراعي، لتلبية الاحتياجات الإضافية لسكان العالم. كما فعل فهم أفضل لعلم الوراثة الشيء ذاته، وذلك بتمكين المزارعين من إنتاج محاصيل جديدة ذات عوائد أعلى، ومقاومة أفضل للمرض وفترات زراعة أقصر.

في ستينيات وسبعينيات القرن العشرين، بدأ عديدون يشككون في التقدم التكنولوجي المحفّز علمياً الذي كان يحدث وآثاره على البيئة. فالمواد الكيميائية السامة التي لم تكن موجودة في الطبيعة – منتجات نفايات العمليات الصناعية – وقد وجدت طريقها إلى الأنهار والبحار. كما تم قطع مساحات كبيرة من الغابات، لإفساح المجال للزراعة والسكن أو الصناعة لمواكبة تزايد عدد السكان. ووجدت ملايين الأطنان من المعدن والبلاستيك والنفايات الأخرى طريقها إلى مكبات النفايات سنوياً – وبقيت هناك في جوف الأرض. كما انقرضت أنواع عديدة من النباتات والحيوانات بسبب فقدانها موائلها الطبيعية.

ومن الأمور المثيرة للقلق أيضاً الحوادث النووية في محطات توليد الطاقة، والتي تطلق مواداً مشعة في البيئة، فضلاً عن الإدراك المتزايد

أعلاه إلى اليمين: الشمبانزي يستخدم أدوات كما كان يفعل أسلافنا الذين يشبهون القرود. أعلاه: أدت العلوم إلى الاختراعات الضرورية مثل التلغراف. فوق إلى اليسار: أنقذت اللقاحات عدداً لا يحصى من الأرواح.

بأن حرق النفط والفحم ينشر كميات هائلة من ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي. فهنالك أدلة قوية على أن هذا قد أدى إلى ارتفاع متوسط درجة الحرارة في كوكب الأرض – «الاحترار العالمي/ الاحتباس الحراري» – والذي قد يتسبب بدوره بارتفاع كارثي في مستويات البحار، وذوبان الجليد في القطبين، وحدوث أحوال مناخية متطرفة بشكل أكثر تكراراً، مثل الأعاصير.

ربما ساهمت العلوم والتكنولوجيا في التسبب بحدوث هذه المشاكل، ولكنها تمتلك الحلول أيضاً. إذ بإمكان العلماء والمخترعين تطوير طاقة منخفضة الكربون أو خالية منه من مصادر جديدة، وجعل التكنولوجيا أكثر كفاءة في استخدام الطاقة، واستخدام علم الوراثة لتطوير محاصيل يمكنها استخدام أفضل للمياه، أو يمكنها أن تنمو في بيئات أكثر عدائية.

أسئلة لم يرد عليها

لا يزال في هذا العالم التكنولوجي الجديد الشجاع مكان للعلم «النقي»– طرح الأسئلة عن العالم من حولنا، لذات الأسئلة. فما زال هناك العديد من الأسئلة التي لا تزال من دون أجوبة عنها. فعلى سبيل المثال، لدى علماء البيولوجيا فكرة جيدة عن الزمن الذي بدأت فيه الحياة على كوكب الأرض – قبل نحو 3.4 مليار سنة – ولكنهم ما زالوا غير متأكدين بالضبط كيف بدأت. كما توصل علماء الكون إلى معرفة أن الكون بدأ قبل 13.7 مليار سنة – ولكنهم لا يعرفون السبب.

ثمة أسئلة كبرى في علم الأعصاب، دراسة أعصابنا وعقولنا.. فقد حقق علماء الأعصاب قفزات كبيرة إلى الأمام في فهم الخلايا الفردية للدماغ (الخلايا العصبية) وترابطها في الدماغ. لكن لا يوجد لديهم فكرة عن كيفية عمل هذه الروابط لجعل الدماغ يتسم بالفضول – واكتشاف الحقائق عن العالم من خلال عملية المراقبة، والنظرية والتجربة التي نسميها العلوم.

أعلاه إلى اليسار: ارتفاع زيادة السكان التنافس على محدوديةالموارد. أعلاه: ظاهرة الاحتباس الحراري تتسبب بذوبان القمم الجليدية، الأمر الذي أدى إلى ارتفاع مستوى سطح البحر – وبمشاكل جدية للدببة القطبية.

النهاية

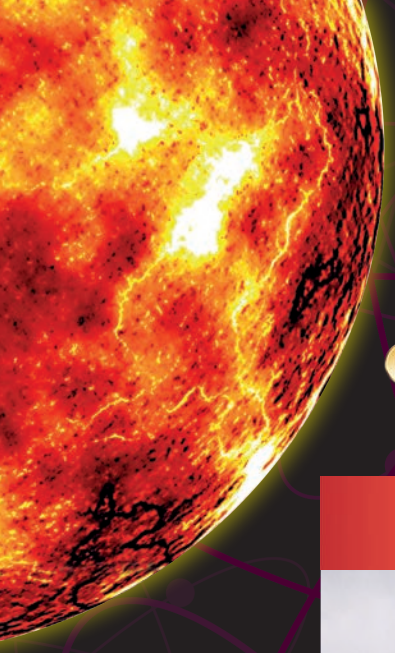
معجم المصطلحات

الابتكار والاختراعات، 92
أجسام مضادة، 59
أحواض المحيطات، 85–87
إدينغتون، آرثر، 66
أرسطو، الفراغ، 11
أرسطو، القوة والحركة، 17–18
الأرض محور الكون، 7–8
أرض، نظرية هوتون، 37
إشعاع كوني، 89–90
أشعة ألفا، 62
أشعة بيتا، 62
الأشعة تحت الحمراء، 51
أشعة سينية، 52
أشعة فوق بنفسجية، 51
أصل البشر وتطورهم، 83–84
أعصاب، علم، 93
آفري، أوزوالد، 81
إلكترونات، 60–61، 73–75
انتقاء طبيعي، 47–49
انجراف قاري، 85–87
إنجيل، 36–37
أندرسون، كارل، 76
آندريه أمبير، 42
اندساس، 86–87
انشطار نووي، 78
انفجار كبير، 89–90
أنواع، أصولها وتطورها، 48–49
أورستد، كريستيان، 41
أوشر، جيمس، 37
أوكسيجين، 33
إيفانوفسكي، ديمتري، 59
آينشتاين، ألبرت، 63–66، 74–75، 78
باروميتر، 13
باستور، لويس، 59–60
باسكال، بليز، 12
براشيه، جان، 81
براكين، 36، 86–87
براند، هينينغ، 32
براهي، تيكو، 9–10
برنولي، دانيال، 23، 46
بروتون، 62
بروتين، 80
بروتينات الخلية، 80
بروست، جوزيف، 40
برولي، لويس دي، 75
بريستلي، جوزيف، 33
بسل، فريدريك، 70–71
بطاريات، 38–39
بكتيريا، 57–59
بلاك، جوزيف، 29–30
بلانك، ماكس، 74
بلاي فير، جون، 37
بنزياس، آمو، 89–90
بنسن، روبرت، 53–54
بنية الذرة، 61–62، 73–75
بوزيترون، 76
بوصلة، 41–42
بوفري، تيودور، 68
بوهر، نيلز، 73
بويل، روبرت، 12–13، 22–23، 31
بيار كوري، 61–62
بيجيرينك، مارتينوس، 59
تشادويك، جيمس، 62
تطور الجنس البشري، 83–84
التطور بالانتقاء الطبيعي، 47–49
تطور، دور الجين والكروموسوم، 68–69
تلسكوب هوكر، 72
تلسكوب، 9، 72
تمدد قاع المحيط، 85، 87
جاذبية، 19–20، 65
جدول دوري، 55
جراثيم، 57
جرثومة، نظرية، 57–58
جزيئات ما دون الذرة، 76–77
الجزيئات ومضادات الجزيئات، 76
جزيئات، 40
جول، جيمس، 45–46
الجينات وعلم الوراثة، 67–68، 79–82
جيولوجيا، 35–37، 85–87
حجر الفلاسفة، 32
الحرارة الكامنة، 29–30
الحرارة كسائل، 28–30
الحرارة وقوة الحركة، 44
الحرارة، قياس، 28–29
حراري، 30
الحركة والانشطار، 18
الحركة وقوانين نيوتن الثلاثة، 19–20
حمض الكربوليك (الفينول)، 59
الحمض النووي والأصول البشرية، 84
حمض نووي، اكتشاف، تركيب، 79–82
حمض نووي، بنية، 81–82
حمى المستنقع، نظرية مرض، 57
حيوان ميكرسكوبي، 16
خلايا الجلد
خلايا الدم، 16
خلايا الدم، 16
خلايا الدماغ، 93
الخلايا وحدة أساسية للمخلوقات الحية، 58
خيمياء، 31–34
دارت، رايموند، 84
داروين، تشارلز، 47–49، 83–84
دافي، همفري، 39
دالتون، جون، 40
دون الذرة، 76–77
ديراك، بول، 76
ديساغليرز، جون، 26
ديك، روبرت، 88
ديناميكا حرارية، 46
ذرات
ذرات مركبة، 41
راديوم، 61–62
رذرفورد، إرنست، 61، 62، 73
ريتر، يوهان، 51
ريماك، روبرت، 57–58
زلازل، 86–87
الزمان–المكان، 63–65
ساتون، فالتر، 68–69
ستال، جورج، 31–32
ستورجيون، وليام، 42
سُدم، 72
سديم أندروميدا، 70
سكيل، كارل فيلهلم، 33
السل، 59
سيزيوم، 54
سيلسيوس، أندرس، 29
سيملويس، إيغناز، 56–57
شابلي، هارلو، 70
شرودنغر، إروين، 75
شلايدن، ماتياس، 58
شوان، ثيودور، 58
صخور رسوبية، 36–37
صفائح تكتونية، 85–87
صوت، 22
ضغط هواء، 12–13
ضغط جوي، 12–13
الضوء كطاقة (الفوتون)، 74
الضوء كطيف من الألوان، 51–52، 75
الضوء والمغناطيسية، 52
الضوء، سرعة، 51–52، 63–65
الضوء، نظرية الموجة، 50
الطاقة النووية، 78
الطاقة والكتلة، 65
الطاقة، تطور المفهوم، 65، 78
طفرات، 69
طومسون، بنجامين، 45
طومسون، جوزيف جون، 60–61، 62
علم الحيوان، 48
علم الكونيات، 89–90
علم النبات، 48

علم فلك، 7–10، 70–72، 88–90
العلم والتكنولوجيا، 91–92
عوازل، 26
عوازل، 26
غازات، 39–40
غالفن، لويغي، 39
غاليليو، غاليليه،18، 28
غاما، أشعة، 52، 62
غراي، ستيفن، 26
غريفيث، فريدريك، 80
غيلبرت، وليام، 24–25، 42
فارادي، مايكل، 42، 53
فراغ، 12–13
فرانكلين، بنجامين، 27
فرانكلين، روزاليند، 81–82
فضاء، قياس المسافات في، 70–72
فليمنغ، فالتر، 68
فهرنهايت، غابرييل، 28–29
فوتون، 74
فوسفور، 32
فولتا، أليساندرو، 39
فوهلر، فريدريك، 54
فيروسات، 59
فيزو، هيبوليت، 51
فيزياء كمية، 75
فيغنر، ألفريد، 85–86
فيلارد، بول، 62
قانون بويل، 23
قانون حفظ الكتلة، 38–39
قفزات كمية، 74
قمر، مدار، 20
قنابل ذرية،78
قوانين عالمية، 20
قياس التخاطل، 70–71
كاثود، أشعة، 61
كارنو، سادي، 44
كافنديش، هنري، 33
كائنات دقيقة، 16، 57
الكتلة–الطاقة، 65
كربون، ثاني أكسيد، 33
كروموسوم/ كروموسومات، 68–69، 80–82
كريك، فرانسيس،81–82
كسوف شمسي، 66
كنيسة كاثوليكية، 10
كهرباء، أصل الكلمة، 25
كهرباء، بطارية فولتا، 39
كهرباء، تجارب، 26–27
الكهرباء، سائل مرن، 24
كهرباء، قياس قوة التيار، 42
كهرباء، كسائل، 24–25، 27
كهرباء، موصلات وعوازل، 26
كهرباء، والمغناطيسية، 41–43
كهربائية، محركات، 42
كهربائية، محوّلات، 43
كهربائية، مولدات، 42–43
الكهرمان،24–25
كهرومغناطيسي، إشعاع، 52
كهرومغناطيسية، 41–42، 61
كواكب، 7
كوبرنيلوس، نيكولاس، 8–9
كوتش، روبرت، 59
كورتيس، هاربر، 72
كوري، ماري، 61–62
كوكروفت، جون، 77–78
كوليرا، 59
كيبلر، يوهانسن 9–10
كيرشهوف، غوستاف، 53–54
الكيمياء، 31–34
لافوازييه، أنطوان، 30، 38، 39
لقاحات، 59
لوميتر، جورج، 88
ليدن، بلورة، 26
ليستر، جوزيف، 59
ليفيت، هنريتا، 71–72
ليكي، ماري ولويس، 84
لينايوس، كارل، 29، 47–48
المادة جزيئات صغيرة، 21–22، 40
المادة كجزيئات، 21–22، 40
ماروم، مارتينوس فان، 26
ماكسويل، جيمس
كلارك، 52، 63
متغيرات قيفاوية، 71–72
مجرات، 70، 72
مجهر، 14–16
محرك بخاري، 44–45
مدرات الكواكب، 10، 17–20
مركبات عضوية، 54
مسرعات الذرة، 77–78
مضخات فراغ، 12–13، 22
مطياف، 54
معلومات وراثية، 79–82
مغناطيسيات كهربائية، 42
مغناطيسية، 24–25، 41–43، 52
المغناطيسية، سائل مرن، 25
مقاومة الهواء، 18
مقاييس درجة الحرارة، 29
ملف حلزوني، 42
مندل، غريغور، 67–68، 63
مناديف، ديمتري، 55
موجات راديو، 52
مورغان، توماس هانت، 69
مولر، هيرمان، 69
ميزان حرارة، 28
ميزون، 77
ميشر، فريدريك، 79
مينكوز، هيرمان، 65
نسبية الزمن، 65
نسبية، 63–66
نشاط إشعاعي، 61–62
نظافة في المستشفى، 56–58
نظام الكواكب، 7–10
نظرية الخلية، 58
نظرية العناصر الأربعة، 32
نظرية اللاهوب، 31–32، 34
نظرية النسبية العامة، 64–66
نواة ذرية انظر نواة
نواة، 62–78
نوبل، جائزة، 62
نوليت، جان أنطوان، 26–27
نيوتن إسحق، 18–20، 21–22
نيولاندز، جون، 54–55
هابل، إدوين، 72
هنري بيكريل،
هنري، جوزيف، 42
هواء قابل للاشتعال (الهيدروجين)، 32–33
هواء النار (الأوكسيجين)، 33
الهواء كذرات، 22–23
الهواء، فراغات، 10–11
هوتون، جيمس، 35–37
هوك، روبرت، 12،14–15
هوكسبي، فرانسيس، 25
هويل، فريد، 88–89
هيدروجين، 33
هيرتشل، وليام، 51
هيس، هاري، هولمز، آرثر، 86
هيغنز، كريستيان، 50
هيلز، ستيفن، 23، 24
هيليوم، 54
الوادي المتصدع الكبير، 85، 87
واطسون، جيمس، 81–82
والتون، إرنست، 77–78
الوراثة، 67–69
وراثة، قوانين، 67–69
وليام بيتسون، 69
ويلسون، روبرت، 89–90
ويلكنز، موريس، 81
يانسن، بيير، 54
يورانيوم، 61–62، 78
يوريا، 54
يوكاوا، هيديكي، 77

إن أعظم الإكتشافات العلمية
منذ القدم وحتى يومنا هذا، تقودنا
إلى التفكير مليًّا في أمر هذا
الكون وتحديد مكاننا فيه...

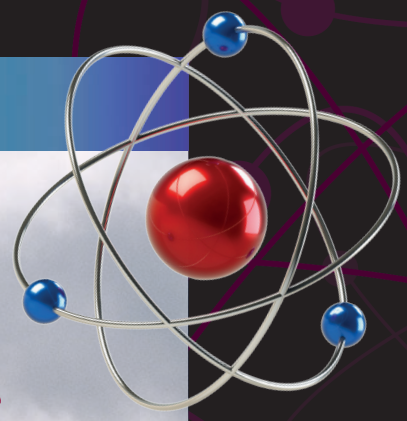
روبرت بارك
عالم أميركي



كتاب العربية
129

الثقافة العلمية للجميع
(ثقافتك)

مدينة الملك عبدالعزيز
للعلوم والتقنية KACST



يعد كتاب «قصة العلوم والعلماء»

مقدمة مثالية للعلم. إنه أشبه بمقتطفات لأبرز مشاهد مباراة كرة قدم: فإذا ما شاهدت المقتطفات، فإنك تدرك ما جرى في المباراة كلها.

ويحتوي هذا الكتاب على أبرز المقتطفات لـ 500 سنة من الاكتشافات العلمية، يتم سردها في 26 حلقة، يعرِض فيها أبرز العلماء اكتشافاتهم المذهلة التي غيّرت فهمنا إزاء كيفية عمل العالم من حولنا.

عن جاك تشالينور

كتب جاك أكثر من 30 كتاباً عن العلم والتكنولوجيا للأطفال والمراهقين والراشدين. كما عمل محرراً ومستشاراً علمياً لكثير من الكتب والمجلات والبرامج التلفزيونية. وباعتباره مدرساً مدرباً، فإنه يقدم عروضاً علمية حية في المتاحف، والمدارس، والمكتبات. كما يلحن جاك وينتج ويعزف الموسيقى، وقد لحن أوبرا جاز عن النظام الشمسي.

ISBN 978-603-8138-85-4
9 786038 138854