مجلة
أفكار بلا حدود

شهرية ثقافية، تصدر عن
منظمة أفكار بلا حدود

العدد: 16، نوفمبر 2023

ثورة الفيزياء
في القرن العشرين

وفي ثورة العُلوم تقرؤون:

غاليليو
وبداية الثورة العلمية

ألكساندر غراهام بيل:
الهاتف وتقصير المسافات

شهرية ثقافية، تصدر عن
منظمة **أفكار بلا حدود**

العدد: 16، نوفمبر 2023

مجلة أفكار بلا حدود

نجعل غير المُتاح **مُتاحاً**

تقرؤون في هذا العدد

ثورة الفيزياء في القرن العشرين	1
كيف أثر نيوتن في العلم والثورة الصناعية	5
غاليليو وبداية الثورة العلمية	9
كوبرنيكوس والثورة على مركزية الأرض	13
تشارلز داروين والثورة على مركزية الإنسان	17
ألكساندر غراهام بيل: الهاتف وتقصير المسافات	20
ألبرت آينشتاين والنظرية النسبية	23
فيرنر هايزنبيرغ ومبدأ عدم اليقين	27
ماكس بلانك وولادة الفيزياء الكمومية	30

ثورة الفيزياء في القرن العشرين

خلال النصف الأول من القرن العشرين – الربع الأول في واقع الأمر – كانت هناك ثورتان علميتان كبيرتان. تلك الكوارث المعرفية حدثت في الفيزياء، وتعرف بالثورة النسبية والكمية. وهي مرتبطة على التوالي بالنظريات النسبية الخاصة والعامة (أينشتاين ١٩٠٥، ١٩١٥)، وميكانيكا الكم (هايزنبرغ ١٩٢٥، شرودنغر ١٩٢٦).

النظرية النسبية

لقد كتب الكثير، وسوف يُكتب في المستقبل، عن أهمية تلك النظريات وتأثيرها على الفيزياء ككل، حتى قبل منتصف القرن. تم إنشاء النظرية النسبية الخاصة لحل "نقص الفهم" الواضح بشكل متزايد بين ميكانيكا نيوتن والديناميكا الكهربائية لجيمس كليرك ماكسويل (١٨٣١-١٨٧٩)، وفرضت تعديلات جذرية على الأفكار والتعاريف التي كانت سارية منذ إسحاق نيوتن (١٦٤٢). -١٧٢٧) أدرجها في البنية المهيبة الواردة في كتاب (١٦٨٧) - وهي مفاهيم أساسية من وجهة نظر فيزيائية وأنطولوجية ومعرفية مثل المكان والزمان والمادة (الكتلة). والنتيجة، أن قياسات المكان والزمان تعتمد على حالة حركة الراصد، والكتلة m تعادل الطاقة E (التعبير الشهير $E=m\cdot c^2$، حيث تمثل c سرعة الضوء)، فتح أبوابًا جديدة لفهم العالم المادي. على سبيل المثال، ساعدت هذه النظرية في تفسير كيف أنه من الممكن أن تكون العناصر المشعة (اليورانيوم، البولونيوم، الراديوم، الثوريوم) قد تمت دراستها لأول مرة من قبل هنري بيكريل (١٨٥٢-١٩٠٨) وماري (١٨٦٧-١٩٣٤) وبيير كوري (١٨٥٢-١٩٠٨) ١٨٥٩-١٩٠٦)، تبعث الإشعاع بطريقة مستمرة دون فقدان واضح للكتلة.

ثم كانت هناك النظرية النسبية العامة، التي فسرت الجاذبية عن طريق تحويل الفضاء - في الواقع الزمكان رباعي الأبعاد - إلى شيء منحني، وبهندسة متغيرة! وكان من الواضح على الفور أن نظرية أينشتاين الجديدة، مقارنة بالجاذبية العالمية لنيوتن، جعلت من الأسهل كثيرا فهم الظواهر الملموسة في النظام الشمسي (فقد حلت، على سبيل المثال، شذوذا عمره قرن من الزمان في حركة الحضيض الشمسي لعطارد). وكأن ذلك لم يكن كافيًا، فقد كان أينشتاين نفسه (١٩١٧) يتمتع بالجرأة الفكرية لتطبيق نظريته النسبية العامة على الكون ككل، وبالتالي خلق علم الكون باعتباره مجالًا علميًا وتنبؤيًا أصيلًا. ومع أنه صحيح أن النموذج الذي اقترحه أينشتاين في ذلك الوقت، والذي فيه الكون ساكن، لم يصمد في النهاية؛ ما يهم هو أنه فتح الأبواب أمام نهج علمي للتعامل مع الكون، مما يجعله حدثًا غير مسبوق تقريبًا في تاريخ العلم.

للعثور على الحل الدقيق لمعادلات علم الكون النسبي الذي كان يستخدمه، استخدم أينشتاين (١٨٧٩-١٩٥٥) الاعتبارات الفيزيائية. اتبع علماء الرياضيات أو الفيزيائيون الآخرون ذوو الأحاسيس الخاصة والمهارات الرياضية مسارًا مختلفًا، وسرعان ما وجدوا حلولًا دقيقة جديدة - والتي تمثل ضمنيًا نماذج أخرى للكون - تعتمد حصريًا على التقنيات الرياضية، والتي استخدموها لمعالجة تعقيدات معادلات علم الكون النسبي (نظام من عشر معادلات غير خطية في المشتقات الجزئية). وجد ألكسندر فريدمان (١٨٨٨-١٩٢٥)، وهوارد روبرتسون (١٩٠٣-١٩٦١) وآرثر ووكر (مواليد ١٩٠٩) حلولًا تشير ضمنًا إلى أن الكون يتوسع. في الواقع، حصل عالم آخر على نتائج مماثلة: القس الكاثوليكي البلجيكي جورج لوميتر (١٨٩٤-١٩٦٦). ومع ذلك، يجب أن نذكر هذا بشكل منفصل لأنه، كما فعل أينشتاين مع نموذجه الثابت، استخدم لوميتر (١٩٢٧) الاعتبارات الفيزيائية للدفاع عن فكرته عن التوسع الحقيقي المحتمل للكون.

كل هذه النماذج نشأت من حلول المعادلات الكونية؛ أي أنهم تناولوا الاحتمالات النظرية. السؤال عن كيف يكون الكون حقًا – ثابتًا؟ التوسع؟ – لم يتم توضيحه بعد، ولهذا فإن الدليل الوحيد المقبول يجب أن يأتي من الملاحظة.

إن المجد الدائم المتمثل في العثور على أدلة تجريبية تشير إلى أن الكون يتوسع يعود إلى عالم الفيزياء الفلكية الأمريكي إدوين هابل (١٨٨٩-١٩٥٣)، الذي استفاد من التلسكوب العاكس الرائع الذي يبلغ قطره ٢,٥ متر في مرصد جبل ويلسون (كاليفورنيا) حيث عملت، جنبا إلى جنب مع مؤشرات ممتازة للمسافة. كانت تلك المؤشرات عبارة عن نجوم سيفيدية، وهي نجوم ذات لمعان متغير حيث يمكن التحقق من وجود علاقة خطية بين لمعانها الجوهري وفترة كيفية تغير هذا اللمعان (هابل ١٩٢٩؛ هابل وهيوماسون ١٩٣١). وإذا كان الكون يتوسع، كما أكد هابل، فهذا يعني أنه لا بد من وجود لحظة في الماضي (قُدرت في البداية بحوالي عشرة آلاف مليون سنة، وبعد ذلك بخمسة عشر ألف مليون، والآن بحوالي ثلاثة عشر ألفًا وسبعمائة مليون سنة). سنوات) عندما كانت كل المادة مركزة في منطقة صغيرة: "الذرة البدائية" لوميتر أو الانفجار الكبير، والذي تبين أنه اسم ناجح للغاية. كان هذا ولادة مفهوم الكون الذي أصبح الآن جزءًا من ثقافتنا الأساسية. ولكن هذا لم يكن الحال دائما. في الواقع، في عام ١٩٤٨، مع اقتراب النصف الأول من القرن العشرين من نهايته، كان ثلاثة فيزيائيين وعلماء كونيات يعملون في كامبريدج: فريد هويل (١٩١٥-٢٠٠١)، من ناحية، وهيرمان بوندي (١٩١٩-٢٠٠٥) وتوماس جولد (١٩١٩-٢٠٠٥) ١٩٢٠-٢٠٠٤) ومن ناحية أخرى (ناقش الثلاثة هذه الأفكار قبل نشر مقالاتهم الخاصة) – نشروا نموذجًا مختلفًا للكون المتوسع: علم الكونيات ذو الحالة المستقرة، والذي يرى أن الكون كان وسيظل كذلك دائمًا. نفس الشكل، بما في ذلك كثافة المادة. وهذا الجانب الأخير أجبرهم على تقديم فكرة خلق المادة، بحيث يكون لـ "حجم" الكون دائمًا نفس المحتويات، على الرغم من أنه يتوسع. ووفقا لهم، فإن الكون ليس له بداية ولن ينتهي أبدا.

على الرغم مما قد نفكر فيه اليوم – فنحن الآن مشبعون تمامًا بنموذج الانفجار الكبير – إلا أن علم كونيات الحالة المستقرة كان له تأثير كبير خلال الخمسينيات. وكما سنرى، لم يتم رفضه نهائيًا إلا في النصف الثاني من القرن.

ميكانيكا الكم

الثورة الكبرى الثانية المذكورة أعلاه هي فيزياء الكم. على الرغم من أنها ليست دقيقة بشكل صارم، إلا أن هناك ما يكفي من الحجج لاعتبار أن نقطة بداية هذه الثورة كانت في عام ١٩٠٠. أثناء دراسة توزيع الطاقة في إشعاع الجسم الأسود، قدم الفيزيائي الألماني ماكس بلانك (١٨٥٨-١٩٤٧) المعادلة، E=h?، حيث E، كما في المعادلة النسبية، هي الطاقة، h هو ثابت عالمي (سمي لاحقًا "ثابت بلانك") و ? هو تردد الإشعاع المعني (بلانك ١٩٠٠). في البداية، قاوم ما تنطوي عليه هذه النتيجة من أن الإشعاع الكهرومغناطيسي (أي الضوء، الذي كان لا يزال يعتبر موجة مستمرة في ذلك الوقت) يمكن أن يتكون أيضًا بطريقة ما من "جسيمات" (سميت لاحقًا "فوتونات") من الطاقة. لكن هذا المعنى الضمني لـ «ازدواجية الموجة والجسيم» أصبح له تأثير في النهاية، وكان أينشتاين (١٩٠٥ ب) حاسمًا في قبوله.

لمدة ربع قرن، ناضل الفيزيائيون من أجل إضفاء معنى على تلك الظواهر الكمومية، والتي شملت في نهاية المطاف النشاط الإشعاعي، والتحليل الطيفي، والفيزياء الذرية أيضًا. ومن المستحيل هنا تقديم قائمة بأعداد العلماء المشاركين، والأفكار التي تناولوها والمفاهيم التي قدموها، ناهيك عن ملاحظاتهم وتجاربهم. لا أستطيع إلا أن أقول إن لحظة حاسمة في تاريخ فيزياء الكم وصلت في عام ١٩٢٥، عندما قام عالم فيزياء ألماني شاب يدعى فيرنر هايزنبرغ (١٩٠١-١٩٧٦) بتطوير أول صيغة متماسكة لميكانيكا الكم: ميكانيكا الكم المصفوفية. وبعد ذلك بوقت قصير، اكتشف النمساوي إروين شرودنغر (١٨٨٧-١٩٦١) نسخة جديدة (سرعان ما أثبتت أنها متطابقة): ميكانيكا الكم الموجية.

إن النص في إحدى بديهتي النظرية النسبية الخاصة على أن سرعة الضوء يجب أن تكون ثابتة، واعتماد قياسات المكان والزمان على حركة المراقب، والانحناء الديناميكي للزمكان، كانت كلها مبتكرة بالفعل ونتائج مفاجئة تتناقض مع "الفطرة السليمة". لكن محتويات أو استنتاجات ميكانيكا الكم كانت أكثر إثارة للصدمة، بما في ذلك اثنين يجب ذكرهما هنا) تفسير ماكس بورن (١٨٨٢-١٩٧٠) للدالة الموجية المنصوص عليها في معادلة شرودنغر، والتي بموجبها تلك الوظيفة - العنصر الأساسي الذي يستخدمه تمثل فيزياء الكم لوصف الظاهرة قيد النظر احتمالية نتيجة ملموسة (Born ١٩٢٦) ومبدأ عدم اليقين (Heisenberg ١٩٢٧)، الذي يؤكد أن المقادير المترافقة قانونيًا (مثل الموقع والسرعة، أو الطاقة والوقت) لا يمكن أن تكون إلا يتم تحديده بشكل متزامن مع عدم تحديد مميز (ثابت بلانك). في نهاية مقالته، استخلص هايزنبرج استنتاجًا من نتائجه كان له آثار فلسفية دائمة: «في الصياغة القوية لقانون السببية «إذا عرفنا الحاضر بدقة، يمكننا التنبؤ بالمستقبل»، فإنه ليس الاستنتاج، بل الفرضية التي هي كاذبة. لا نستطيع من حيث المبدأ أن نعرف الحاضر بكل تفاصيله». وأضاف: «بالنظر إلى العلاقة الحميمة بين الطابع الإحصائي لنظرية الكم وعدم دقة كل الإدراك، فمن الممكن أن نقترح أنه خلف الكون الإحصائي للإدراك هناك عالم «حقيقي» خفي تحكمه السببية. تبدو لنا مثل هذه التكهنات – وعلينا أن نؤكد على هذه النقطة – عديمة الفائدة ولا معنى لها. لأن الفيزياء يجب أن تقتصر على الوصف الرسمي للعلاقات بين الإدراكات الحسية.

كيف أثر نيوتن
في العلم والثورة الصناعية

أحد أكثر العلماء تأثيراً في التاريخ، ساعدت مساهمات السير إسحاق نيوتن في مجالات الفيزياء والرياضيات وعلم الفلك والكيمياء في بدء الثورة العلمية. وفي حين أن الحكاية التي طال انتظارها عن سقوط تفاحة على رأسه المتعلم هي على الأرجح ملفقة، إلا أن مساهماته غيرت الطريقة التي نرى بها ونفهم العالم من حولنا.
ولد إسحاق نيوتن في يوم عيد الميلاد لعائلة زراعية فقيرة في وولستثورب، إنجلترا، في عام ١٦٤٢. في وقت ولادة نيوتن، استخدمت إنجلترا التقويم اليولياني، ومع ذلك، عندما اعتمدت إنجلترا التقويم الغريغوري في عام ١٧٥٢، أصبح عيد ميلاده هو ٤ يناير ١٦٤٣.

وصل إسحاق نيوتن إلى العالم بعد أشهر قليلة فقط من وفاة والده إسحاق نيوتن الأب.

ومع ذلك، عندما أصبح من الواضح أن الحياة الزراعية ليست مناسبة له، التحق نيوتن بكلية ترينيتي في كامبريدج، إنجلترا. كتب جليك: "لم يكن يعرف ماذا يريد أن يكون أو يفعل، لكنه لم يكن يرعى الأغنام أو يتبع المحراث وعربة الروث". أثناء وجوده هناك، اهتم بالرياضيات والبصريات والفيزياء وعلم الفلك.

بعد تخرجه، بدأ التدريس في الكلية وتم تعيينه كرئيس لوكاسيان الثاني هناك. واليوم، يعتبر الكرسي الأكاديمي الأكثر شهرة في العالم، والذي يشغله أمثال تشارلز باباج وستيفن هوكينج.
وفي عام ١٦٨٩، تم انتخاب نيوتن عضوًا في البرلمان عن الجامعة. وفي عام ١٧٠٣، تم انتخابه رئيسًا للجمعية الملكية، وهي زمالة العلماء التي لا تزال موجودة حتى اليوم. حصل على لقب فارس من الملكة آن عام ١٧٠٥. ولم يتزوج قط.

إسهامات نيوتن العلمية

ساهم في التأسيس للتليسكوب الحديث

قبل نيوتن، كانت التلسكوبات القياسية توفر إمكانية التكبير، ولكن مع وجود عيوب. وقد استخدموا، المعروفون باسم التلسكوبات الكاسرة، عدسات زجاجية تغير اتجاه الألوان المختلفة بزوايا مختلفة. تسبب هذا في "انحرافات لونية" أو مناطق غامضة خارج نطاق التركيز حول الأشياء التي يتم مشاهدتها من خلال التلسكوب.

وبعد الكثير من التعديلات والاختبارات، بما في ذلك طحن عدساته، وجد نيوتن الحل. استبدل العدسات الكاسرة بأخرى معكوسة، بما في ذلك مرآة كبيرة مقعرة لإظهار الصورة الأساسية وأخرى أصغر مسطحة عاكسة لعرض تلك الصورة للعين. كان "التلسكوب العاكس" الجديد لنيوتن أقوى من الإصدارات السابقة، ولأنه استخدم مرآة صغيرة لعكس الصورة إلى العين، تمكن من بناء تلسكوب أصغر بكثير وأكثر عملية. في الواقع، كان نموذجه الأول، الذي بناه عام ١٦٦٨ وتبرع به للجمعية الملكية في إنجلترا، يبلغ طوله ست بوصات فقط (أصغر بنحو ١٠ مرات من التلسكوبات الأخرى في ذلك العصر)، ولكنه كان قادرًا على تكبير الأشياء بمقدار ٤٠ مرة.

لا يزال تصميم تلسكوب نيوتن البسيط مستخدمًا حتى اليوم، من قبل علماء الفلك وعلماء ناسا.

ساهم في إنشاء التحليل الطيفي

في المرة القادمة التي تنظر فيها إلى قوس قزح في السماء، يمكنك أن تشكر نيوتن لمساعدتنا أولاً في فهم ألوانه السبعة والتعرف عليها. بدأ العمل على دراساته للضوء واللون حتى قبل إنشاء التلسكوب العاكس، على الرغم من أنه قدم الكثير من أدلته بعد عدة سنوات، في كتابه الصادر عام ١٧٠٤ بعنوان البصريات.

قبل نيوتن، التزم العلماء في المقام الأول بالنظريات القديمة حول اللون، بما في ذلك نظريات أرسطو، الذي اعتقد أن جميع الألوان جاءت من الضوء (الأبيض) والظلام (الأسود). بل إن البعض يعتقد أن ألوان قوس قزح تشكلت من مياه الأمطار التي تلونت أشعة السماء. اختلف نيوتن. لقد أجرى سلسلة لا نهاية لها من التجارب لإثبات نظرياته.
أثناء عمله في غرفته المظلمة، قام بتوجيه الضوء الأبيض من خلال منشور بلوري على الحائط، والذي انفصل إلى الألوان السبعة التي نعرفها الآن باسم

طيف الألوان (الأحمر والبرتقالي والأصفر والأخضر والأزرق والنيلي والبنفسجي). وكان العلماء يعرفون بالفعل بوجود العديد من هذه الألوان، لكنهم اعتقدوا أن المنشور نفسه يحول الضوء الأبيض إلى هذه الألوان. ولكن عندما كسر نيوتن هذه الألوان نفسها مرة أخرى على منشور آخر، تشكلت إلى ضوء أبيض، مما يثبت أن الضوء الأبيض (وضوء الشمس) كان في الواقع مزيجًا من جميع ألوان قوس قزح.

قوانين نيوتن في الحركة مهدت الطريق للميكانيكا الحديثة

في عام ١٦٨٧، نشر نيوتن أحد أهم الكتب العلمية في التاريخ، وهو كتاب المبادئ الرياضية للفلسفة الطبيعية، والمعروف باسم المبادئ. وفي هذا العمل وضع لأول مرة قوانينه الثلاثة للحركة.

ينص قانون القصور الذاتي على أن حالة السكون أو الحركة تظل ساكنة أو متحركة ما لم تؤثر عليها قوة خارجية. لذا، باستخدام هذا القانون، يساعدنا نيوتن في تفسير سبب توقف السيارة عندما تصطدم بالحائط، لكن الأجسام البشرية الموجودة داخل السيارة ستستمر في الحركة بنفس السرعة الثابتة التي كانت عليها حتى تصطدم الأجسام بقوة خارجية، مثل قوة لوحة القيادة أو الوسادة الهوائية. ويفسر أيضًا سبب احتمالية استمرار الجسم المقذوف في الفضاء بنفس السرعة على نفس المسار إلى ما لا نهاية ما لم يصطدم بجسم آخر يبذل قوة لإبطائه أو تغيير اتجاهه.

يمكنك أن ترى مثالاً على قانونه الثاني للتسارع عندما تركب دراجة. في معادلته، القوة تساوي الكتلة مضروبة في التسارع، أو F=ma، فإن استخدامك لدواسة الدراجة يولد القوة اللازمة للتسارع. يشرح قانون نيوتن أيضًا لماذا تتطلب الأجسام الأكبر أو الأثقل قوة أكبر لتحريكها أو تغييرها، ولماذا يؤدي ضرب جسم صغير بمضرب بيسبول إلى إحداث ضرر أكبر من ضرب جسم كبير بنفس المضرب.

قانونه الثالث للفعل ورد الفعل يخلق تناظرًا بسيطًا لفهم العالم من حولنا: لكل فعل رد فعل مساوٍ له في المقدار ومعاكس له في الاتجاه. عندما تجلس على كرسي، فإنك تؤثر بقوة على الكرسي، ولكن الكرسي يبذل نفس القوة لإبقائك في وضع مستقيم. وعندما يتم إطلاق صاروخ إلى الفضاء، فإن ذلك يرجع إلى القوة الخلفية للصاروخ على الغاز والدفع الأمامي للغاز على الصاروخ.

وضع قانون الجاذبية والتفاضل والتكامل

يحتوي كتاب المبدأ أيضًا على بعض أعمال نيوتن المنشورة الأولى حول حركة الكواكب والجاذبية. وفقًا لأسطورة شعبية، كان نيوتن الشاب يجلس تحت شجرة في مزرعة عائلته عندما ألهم سقوط تفاحة واحدة من أشهر نظرياته. من المستحيل معرفة ما إذا كان هذا صحيحًا (وقد بدأ نيوتن نفسه في سرد القصة عندما كان رجلًا أكبر سنًا)، ولكنها قصة مفيدة لشرح العلم وراء الجاذبية. كما أنها ظلت أساس الميكانيكا الكلاسيكية حتى ظهور النظرية النسبية لألبرت أينشتاين.

توصل نيوتن إلى أنه إذا سحبت قوة الجاذبية التفاحة من الشجرة، فمن الممكن أيضًا أن تمارس الجاذبية تأثيرها على الأجسام البعيدة كثيرًا. ساعدت نظرية نيوتن في إثبات أن جميع الأجسام، صغيرة مثل التفاحة وكبيرة مثل الكوكب، تخضع للجاذبية. ساعدت الجاذبية في الحفاظ على دوران الكواكب حول الشمس وخلق مد وجزر في الأنهار والمد والجزر. وينص قانون نيوتن أيضًا على أن الأجسام الأكبر حجمًا ذات الكتل الأثقل تمارس قوة جذب أكبر، ولهذا السبب شعر أولئك الذين ساروا على القمر الأصغر بكثير بانعدام الوزن، حيث كان لديه قوة جاذبية أصغر.

للمساعدة في شرح نظرياته عن الجاذبية والحركة، ساعد نيوتن في إنشاء شكل جديد متخصص من الرياضيات. كان يُعرف في الأصل باسم "التدفقات"، وأصبح الآن حساب التفاضل والتكامل، وقد رسم حالة الطبيعة المتغيرة والمتغيرة باستمرار (مثل القوة والتسارع)، بطريقة لم يتمكن منها الجبر والهندسة الحاليان من القيام بذلك. ربما

كان حساب التفاضل والتكامل بمثابة لعنة للعديد من طلاب المدارس الثانوية والجامعات، لكنه أثبت أنه لا يقدر بثمن لقرون من علماء الرياضيات والمهندسين والعلماء.

كيف مات نيوتن

توفي نيوتن عام ١٧٢٧ أثناء نومه عن عمر يناهز ٨٤ عامًا. وعلى الرغم من أن سبب الوفاة غير معروف، إلا أن دراسة أجريت عام ١٩٧٩ نشرتها الجمعية الملكية لنيوتن تشير إلى أن التسمم بالزئبق ربما يكون قد ساهم في تدهور صحته الجسدية والعقلية. أثناء استخراج جثته، تم العثور على كميات كبيرة من الزئبق في نظام العالم، على الأرجح بسبب عمله في الكيمياء. أجرى نيوتن عدة تجارب لتحويل المعادن الأساسية مثل الزئبق والنحاس إلى معادن ثمينة مثل الذهب والفضة.

غاليليو
وبداية الثورة العلمية

داخل علبة زجاجية كان هناك أنبوب عادي المظهر، مهترئ ومخدوش. لو كان ملقاة في الشارع، لكان يبدو وكأنه أنبوب قديم. ولكن عندما اقتربت منه، أمرني ديريك بيتس - نصف مازح فقط -: "انحني!" إن هذا الجسم الذي يبدو غير ملحوظ هو في الواقع أحد أهم القطع الأثرية في تاريخ العلم: إنه واحد من اثنين فقط من التلسكوبات الباقية المعروفة التي صنعها غاليليو غاليلي، الرجل الذي ساعد في إحداث ثورة في مفهومنا للكون. وكان التلسكوب محور معرض "جاليليو وآل ميديشي وعصر علم الفلك" في معهد فرانكلين في فيلادلفيا عام ٢٠٠٩.

يقول بيتس، الذي يدير القبة السماوية بالمعهد وبرامج علم الفلك الأخرى، إن استلام التلسكوب من متحف غاليليو في فلورنسا - وهي المرة الأولى التي يغادر فيها الجهاز فلورنسا - كان بمثابة "تجربة دينية". من المفهوم ذلك: إذا كان جاليليو يعتبر قديسا لعلم الفلك، فإن تلسكوبه هو أحد آثاره المقدسة. يقول بيتس: "إن عمل غاليليو مع التلسكوب أطلق العنان لفكرة أن نظامنا الشمسي هو نظام شمسي يتمركز حول الشمس وليس نظامًا شمسيًا يتمركز حول الأرض". بمعنى آخر، من تلك الأسطوانة القديمة القبيحة جاءت الفكرة العميقة القائلة بأننا لسنا مركز الكون.

لقد كانت فكرة خطيرة، وكلفت غاليليو حريته.

في ليلة مرصعة بالنجوم في بادوا قبل ٤٠٠ عام، قام غاليليو لأول مرة بتوجيه تلسكوب نحو السماء. قد يبدو هذا الإجراء الأكثر طبيعية، فبعد كل شيء، ماذا يفعل المرء بالتلسكوب؟ ولكن في عام ١٦٠٩، عُرفت هذه الأداة، التي اخترعها أخصائيو البصريات الهولنديون قبل عام واحد فقط، باسم "المنظار"، تحسبًا لاستخداماتها العسكرية. تم بيع الجهاز أيضًا كلعبة. وعندما قرأ جاليليو عنها، بدأ سريعًا في صنع نسخة أقوى بكثير. قامت التلسكوبات الهولندية بتكبير الصور بمقدار ٣ مرات؛ قامت تلسكوبات جاليليو بتكبيرها بمقدار ٨ إلى ٣٠ مرة. في ذلك الوقت، ظل علم الفلك، مثل الكثير من العلوم، تحت تأثير أرسطو. بعد حوالي ٢٠٠٠ سنة من وفاته، كان عملاق الفلسفة اليونانية يحظى باحترام كبير لدرجة أنه حتى أكثر تصريحاته إثارة للريبة اعتبرت لا يرقى إليها الشك. لقد أكد أرسطو أن جميع الأجرام السماوية هي مجالات كاملة وغير قابلة للتغيير، وأن النجوم تقوم برحلة يومية مذهلة حول مركز الكون، أرضنا الثابتة. لماذا التدقيق في السماء؟ لقد تم بالفعل وضع النظام بدقة في الكتب. كتب غاليليو بإحباط: "إن علماء الفلك "لا يرغبون أبدًا في رفع أعينهم عن تلك الصفحات، كما لو أن هذا الكتاب العظيم عن الكون قد كتب ليقرأه أحد غير أرسطو، وقد كان مقدرًا لعينيه أن تراه لجميع الأجيال القادمة."

في أيام جاليليو، تم استخدام دراسة علم الفلك للحفاظ على التقويم وإصلاحه. قام طلاب علم الفلك المتقدمون بما فيه الكفاية بعمل الأبراج؛ يُعتقد أن محاذاة النجوم تؤثر على كل شيء بدءًا من السياسة وحتى الصحة.

تقول دافا سوبيل، مؤلفة المذكرات التاريخية الأكثر مبيعًا ابنة غاليليو (١٩٩٩)، إن بعض الأنشطة لم تكن مدرجة في الوصف الوظيفي لعالم الفلك. تقول: "لم تتحدث عن المادة التي تتكون منها الكواكب". "لقد كان استنتاجًا مسبقًا أنهم مصنوعون من الجوهر الخامس، مادة سماوية لم تتغير أبدًا." قد يقوم علماء الفلك بتنبؤات فلكية، لكن لم يكن من المتوقع منهم اكتشاف أي شيء جديد.

لذلك، عندما قام جاليليو، الذي كان يبلغ من العمر ٤٥ عامًا، بتوجيه تلسكوبه إلى السماء في خريف عام ١٦٠٩، كان ذلك عملاً صغيراً من أعمال المعارضة. لقد رأى أن مجرة درب التبانة كانت في الواقع "مجموعة من النجوم التي لا تعد ولا تحصى"، أكثر مما تستطيع يده المتعبة أن ترسمه. لقد رأى سطح القمر المليء بالثقوب، والذي، بعيدًا عن كونه كرويًا تمامًا، كان في الواقع "مليئًا بالتجاويف والنتوءات، ولا يختلف عن وجه الأرض". وسرعان ما لاحظ أن لكوكب المشتري أربعة أقمار خاصة به، وأن كوكب الزهرة له أطوار تشبه القمر، حيث يتحول أحيانًا إلى قرص، ويتضاءل أحيانًا إلى هلال. رأى لاحقًا عيوبًا في

الشمس. أدى كل اكتشاف إلى مزيد من التشكيك في نظام أرسطو وقدم المزيد من الدعم لوجهة النظر الثورية الخطيرة التي اعتنقها غاليليو سرًا - والتي طرحها قبل نصف قرن فقط عالم فلكي بولندي يدعى نيكولاس كوبرنيكوس - مفادها أن الأرض تدور حول الشمس.

كتب جاليليو إلى رجل الدولة الفلورنسي القوي بيليساريو فينتا في يناير عام ١٦١٠: "إنني أشكر الله بلا حدود، لأنه كان سعيدًا بأن جعلني أول مراقب للأشياء الرائعة".

مثل العديد من الشخصيات التي بقيت أسماؤها خالدة، لم يكن غاليليو يخجل من السعي إلى الشهرة. كانت عبقريته في علم الفلك تضاهيها عبقريته في الترويج لنفسه، وسرعان ما، بفضل العديد من القرارات الحاذقة، بدأ نجم جاليليو في الصعود.

في توسكانا، كان اسم ميديشي مرادفا للسلطة لعدة قرون. اكتسبتها عائلة ميديشي واستخدمتها من خلال وسائل مختلفة - المناصب العامة، والخدمات المصرفية المفترسة، والتحالفات مع الكنيسة الكاثوليكية القوية. كان غزو الأراضي هو الأسلوب المفضل في أواخر القرن السادس عشر، عندما استولى رب الأسرة، كوزيمو الأول، على العديد من المناطق المجاورة لفلورنسا. اهتمت الأسرة بشدة بالعلوم وتطبيقاتها العسكرية المحتملة.

ربما كانت عائلة ميديشي في حاجة إلى العلماء، لكن العلماء - وخاصة غاليليو - كانوا في حاجة إلى عائلة ميديشي أكثر من ذلك. مع وجود عشيقة له، وثلاثة أطفال، وعائلة ممتدة يعيلها، ومع علمه بأن تساؤلاته حول العلوم الأرسطية كانت مثيرة للجدل، قرر غاليليو بذكاء أن يكسب رضا الأسرة. في عام ١٦٠٦، أهدى كتابًا عن البوصلة الهندسية والعسكرية لتلميذه كوزيمو الثاني، الوريث الواضح للعائلة البالغ من العمر ١٦ عامًا.

بعد ذلك، في عام ١٦١٠، بمناسبة نشر كتابه The Starry Messenger، الذي تناول تفاصيل اكتشافاته التلسكوبية، أهدى جاليليو لكوزيمو الثاني شيئًا أعظم بكثير من مجرد كتاب: أقمار كوكب المشتري ذاتها. كتب جاليليو: "ها إذن أربع نجوم مخصصة لاسمك اللامع". "...في الواقع يبدو أن صانع النجوم نفسه، وبحجج واضحة، قد حذرني من تسمية هذه الكواكب الجديدة بالاسم اللامع لصاحب السمو قبل كل الآخرين." (اختار جاليليو اسم «النجوم الكونية»، لكن مكتب كوزيمو طلب اسم «نجوم مديتشية» بدلاً من ذلك، وتم إجراء التغيير حسب الأصول). - مركز سميثسونيان للفيزياء الفلكية - ومن المؤكد أن جاليليو حصل على ما كان يسعى إليه: رعاية آل ميديشي.

ولم يكن من الممكن أن يأمل في رعاة أفضل، كما أوضح معرض فرانكلين. وتضمنت العشرات من الآلات المصنوعة بشكل معقد من مجموعة العائلة. تشير الأسماء الخيالية لهذه الأدوات المبتكرة إلى وظيفتها وتصف أشكالها: كرات بحرية بحرية، وبوصلات ذات محورين، وأرباع ساعة، ومجالات ذات ذراعين. وعُرض في المعرض أحد أقدم الأسطرلابات الباقية، وهي أداة لحساب موقع الشمس والنجوم، بالإضافة إلى مجموعة من البوصلات النحاسية والفولاذية التي يعتقد أنها مملوكة لمايكل أنجلو، وهو أحد المستفيدين الآخرين من عائلة ميديشي. (عاد تلسكوب جاليليو وبقية المجموعة إلى فلورنسا منذ ذلك الحين).

على الرغم من قدرتها على قياس العالم بطرق مختلفة ولأغراض مختلفة - تحديد عيار المقذوفات، ومسح الأراضي، والمساعدة في الملاحة - إلا أن بعض الأدوات لم تستخدم أبدًا، حيث تم جمعها للغرض نفسه الذي تستخدمه المتاحف اليوم: العرض. ويظهر عدد قليل منها، مثل البوصلة التي تنهار على شكل خنجر، تحالف العلم والقوة في ذلك العصر. لكنها توضح أيضًا مزجها بين العلم والفن، حيث تنافس القطع الأثرية اللامعة أعمال النحت. وهي تتحدث أيضًا عن الوعي المتزايد بأن الطبيعة، كما قال جاليليو، كانت كتابًا كبيرًا ("questo grandissimo libro") مكتوبًا بلغة الرياضيات.

لم يستمتع الجميع - أو حتى يصدقوا - بما ادعى جاليليو أنه شاهده في السماء.

رفض بعض معاصريه حتى النظر عبر التلسكوب على الإطلاق، وكانوا على يقين من حكمة أرسطو. "هذه الأقمار الصناعية لكوكب المشتري غير مرئية للعين المجردة، وبالتالي لا يمكن أن يكون لها أي تأثير على الأرض، وبالتالي ستكون عديمة الفائدة، وبالتالي فهي غير موجودة"، أعلن النبيل فرانشيسكو سيزي. علاوة على ذلك، قال سيزي، إن ظهور كواكب جديدة كان مستحيلاً - لأن سبعة كان رقماً مقدساً: "هناك سبع نوافذ معطاة للحيوانات في موطن الرأس: منخران، وعينان، وأذنان، وفم... "من هذا وأوجه التشابه الأخرى الكثيرة في الطبيعة، والتي كان من الممل تعدادها، نستنتج أن عدد الكواكب يجب أن يكون بالضرورة سبعة."

بعض الذين فضلوا استخدام التلسكوب ما زالوا لا يصدقون أعينهم. كتب عالم بوهيمي يدعى مارتن هوركي أنه "في الأسفل، يعمل بشكل رائع، وفي السماء يخدع المرء". واحترم آخرون دليل التلسكوب اسميًا، لكنهم سارعوا إلى جعله متوافقًا مع تصوراتهم المسبقة. حاول أحد الباحثين اليسوعيين ومراسل غاليليو يدعى الأب كلافيوس إنقاذ فكرة أن القمر كان كرويًا من خلال افتراض سطح أملس وغير مرئي تمامًا يمتد فوق تلاله ووديانه.

كوبرنيكوس
والثورة على مركزية الأرض

اقترح نيكولاس كوبرنيكوس نظريته القائلة بأن الكواكب تدور حول الشمس في القرن السادس عشر، عندما كان معظم الناس يعتقدون أن الأرض هي مركز الكون. على الرغم من أن نموذجه لم يكن صحيحًا تمامًا، إلا أنه شكل أساسًا قويًا لعلماء المستقبل، مثل جاليليو، للبناء على فهم البشرية لحركة الأجرام السماوية وتحسينه.

وبالفعل، بنى علماء فلك آخرون على عمل كوبرنيكوس وأثبتوا أن كوكبنا هو مجرد عالم واحد يدور حول نجم واحد في كون واسع محمل بكليهما، وأننا بعيدون عن مركز أي شيء.

وُلِد ميكولاج كوبرنيك (كوبرنيكوس هو الشكل اللاتيني لاسمه) في ١٩ فبراير ١٤٧٣ في تورون ببولندا، وسافر إلى إيطاليا للالتحاق بالجامعة، وفقًا للموسوعة البريطانية. توفي والد كوبرنيكوس عندما كان الطفل صغيرًا، وأصبح عمه شخصية بارزة في حياته.

أراد عم كوبرنيكوس منه أن يدرس قوانين وأنظمة الكنيسة الكاثوليكية ثم يعود إلى وطنه ليصبح كاهنًا، وهو نوع من المسؤولين في الكنيسة الكاثوليكية.

ومع ذلك، أثناء زيارته للعديد من المؤسسات الأكاديمية، أمضى كوبرنيكوس معظم وقته في دراسة الرياضيات وعلم الفلك. أثناء التحاقه بجامعة بولونيا، عاش كوبرنيكوس وعمل مع أستاذ علم الفلك دومينيكو ماريا دي نوفارا، حيث أجرى الأبحاث وساعده في مراقبة السماء.
وبسبب تأثير عمه، أصبح كوبرنيكوس كاهنًا في فارميا، في شمال بولندا، على الرغم من أنه لم يأخذ أبدًا أوامر ككاهن. أشارت الموسوعة البريطانية إلى أنه أجرى أبحاثه الفلكية بين واجباته كقانون.
في حياة كوبرنيكوس، اعتقد معظم الناس أن الأرض احتلت مكانها في مركز الكون. والشمس والنجوم وكل الكواكب تدور حولها.

إحدى المشكلات الرياضية الصارخة في هذا النموذج هي أن الكواكب، في بعض الأحيان، ستنتقل إلى الوراء عبر السماء على مدى عدة ليالٍ من المراقبة. وقد أطلق علماء الفلك على هذه الحركة التراجعية.

ولتفسير ذلك، قام النموذج الحالي، المبني على وجهة نظر عالم الفلك والرياضيات اليوناني بطليموس، بدمج عدد من الدوائر داخل دوائر -أفلاك التدوير- داخل مسار الكوكب. تطلبت بعض الكواكب ما يصل إلى سبع دوائر، مما جعل إنشاء نموذج مرهق أمرًا معقدًا للغاية بحيث لا يمكن حدوثه بشكل طبيعي.

في عام ١٥١٤، وزع كوبرنيكوس كتابًا مكتوبًا بخط اليد على أصدقائه يوضح رؤيته للكون. واقترح فيه أن مركز الكون ليس الأرض، بل أن الشمس تقع بالقرب منها. واقترح أيضًا أن دوران الأرض مسؤول عن شروق الشمس وغروبها، وحركة النجوم، وأن دورة الفصول ناجمة عن دورات الأرض حولها.

أخيرًا، اقترح (بشكل صحيح) أن حركة الأرض عبر الفضاء تسببت في الحركة التراجعية للكواكب عبر سماء الليل (تتحرك الكواكب أحيانًا في نفس اتجاهات النجوم، ببطء عبر السماء من الليل إلى الليل، لكنها تتحرك في بعض الأحيان في الاتجاه المعاكس). ، أو الاتجاه الرجعي).

أنهى كوبرنيكوس المخطوطة الأولى لكتابه "De Revolutionibus Orbium Coelestium" ("حول دورات الأفلاك السماوية") في عام ١٥٣٢. وفيه، أثبت كوبرنيكوس أن الكواكب تدور حول الشمس بدلاً من الأرض. لقد وضع نموذجه للنظام الشمسي ومسار الكواكب.

ومع ذلك، لم ينشر الكتاب حتى عام ١٥٤٣، أي قبل شهرين فقط من وفاته. أهدى الكتاب دبلوماسيًا للبابا بولس الثالث. لم تدين الكنيسة الكتاب على الفور باعتباره هرطقة، ربما لأن المطبعة أضافت ملاحظة تقول إنه على الرغم من أن نظرية الكتاب كانت غير عادية، إلا أنه إذا ساعد علماء الفلك في حساباتهم، فلا يهم إذا لم يكن صحيحًا حقًا. وربما كان من المفيد أيضًا أن يكون الموضوع صعبًا للغاية بحيث لا يتمكن من فهمه سوى الأشخاص ذوي التعليم العالي. وفي نهاية المطاف، حظرت الكنيسة الكتاب في عام ١٦١٦.

لم تكن الكنيسة الكاثوليكية هي الديانة المسيحية الوحيدة التي رفضت فكرة كوبرنيكوس.

النموذج البطليمي للفلك

\رأى علم الكونيات في أوائل القرن السادس عشر في أوروبا أن الأرض كانت ثابتة وغير متحركة في مركز العديد من المجالات الدوارة والمتحدة المركز التي تحمل الأجرام السماوية: الشمس والقمر والكواكب المعروفة والنجوم.

منذ العصور القديمة، التزم الفلاسفة بالاعتقاد بأن السماوات مرتبة في دوائر (والتي بحكم تعريفها مستديرة تمامًا)، مما تسبب في ارتباك بين علماء الفلك الذين سجلوا الحركة اللامركزية للكواكب في كثير من الأحيان، والتي بدت أحيانًا وكأنها تتوقف في مدارها حول الأرض و التحرك إلى الوراء عبر السماء.

في القرن الثاني، سعى بطليموس إلى حل هذه المشكلة من خلال القول بأن الشمس والكواكب والقمر تتحرك في دوائر صغيرة حول دوائر أكبر بكثير تدور حول الأرض. أطلق على هذه الدوائر الصغيرة اسم أفلاك التدوير، ومن خلال دمج العديد من أفلاك التدوير التي تدور بسرعات مختلفة، جعل نظامه السماوي متوافقًا مع معظم الملاحظات الفلكية المسجلة.

ظل النظام البطلمي هو علم الكونيات المقبول في أوروبا لأكثر من ألف عام، ولكن بحلول أيام كوبرنيكوس، أدت الأدلة الفلكية المتراكمة إلى إرباك بعض نظرياته. اختلف علماء الفلك حول ترتيب الكواكب من الأرض، وهذه هي المشكلة التي تناولها كوبرنيكوس في بداية القرن السادس عشر.

ماذا اكتشف كوبرنيكوس

في كتابه "حول دورات الأفلاك السماوية"، قادته حجة كوبرنيكوس الرائدة بأن الأرض والكواكب تدور حول الشمس إلى القيام بعدد من الاكتشافات الفلكية الكبرى الأخرى. وقال إنه أثناء دورانها حول الشمس، تدور الأرض حول محورها يوميًا. تستغرق الأرض سنة واحدة للدوران حول الشمس، وخلال هذا الوقت تتمايل تدريجياً حول محورها، وهو ما يفسر مبادرة الاعتدالين.

تشمل العيوب الرئيسية في العمل مفهومه عن الشمس باعتبارها مركز الكون كله، وليس فقط النظام الشمسي، وفشله في فهم حقيقة المدارات الإهليلجية، مما اضطره إلى دمج العديد من أفلاك التدوير في نظامه، كما فعل بطليموس. . مع عدم وجود مفهوم الجاذبية، لا تزال الأرض والكواكب تدور حول الشمس في مجالات شفافة عملاقة.

في كتابه "حول دورات الأفلاك السماوية" - وهو عمل علمي كثيف للغاية - أشار كوبرنيكوس إلى أن "الرياضيات مكتوبة لعلماء الرياضيات". لو كان العمل متاحًا بشكل أكبر، لكان الكثيرون قد اعترضوا على مفهومه غير الكتابي وبالتالي الهرطقي للكون.

لعقود من الزمن، ظل كتاب "حول دورات الأفلاك السماوية" مجهولا للجميع باستثناء علماء الفلك الأكثر تطورا، ومعظم هؤلاء الرجال، على الرغم من إعجابهم ببعض حجج كوبرنيكوس، رفضوا أساس مركزية الشمس.

إرث كوبرنيكوس

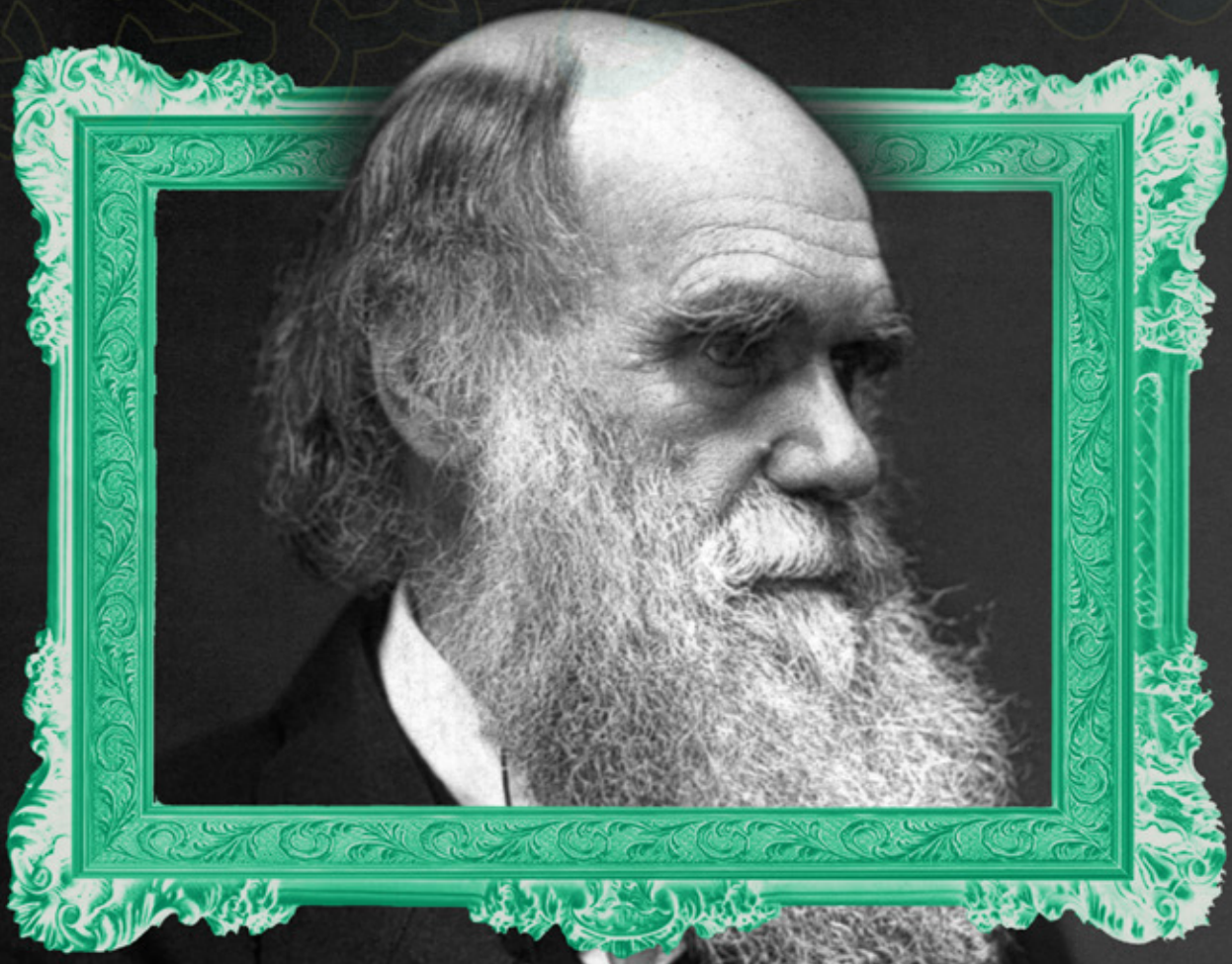
توفي نيكولاس كوبرنيكوس في ٢٤ مايو ١٥٤٣ في ما يعرف الآن باسم فرومبورك، بولندا. كان غير معروف إلى حد كبير خارج الأوساط الأكاديمية، وتوفي في العام الذي نُشر فيه عمله الرئيسي، مما أنقذه من غضب بعض الزعماء الدينيين الذين أدانوا فيما بعد وجهة نظره حول مركزية الشمس للكون باعتبارها بدعة.

وكان أحد هؤلاء النقاد هو مارتن لوثر، الناقد الفاتيكاني سيئ السمعة والذي كان أحد مؤسسي حركة الإصلاح. صرح لوثر أن "هذا الأحمق يرغب في قلب علم الفلك برمته؛ لكن الكتاب المقدس يخبرنا أن يشوع أمر الشمس أن تقف، وليس الأرض. في نهاية المطاف، حظر الفاتيكان كتاب "حول ثورات الأجرام السماوية" في عام ١٦١٦.

لم يكن الأمر كذلك حتى أوائل القرن السابع عشر عندما قام جاليليو ويوهانس كيبلر بتطوير ونشر النظرية الكوبرنيكية، والتي أدت بالنسبة لجاليليو إلى محاكمة وإدانة بتهمة الهرطقة. بعد عمل إسحاق نيوتن في الميكانيكا السماوية في أواخر القرن السابع عشر، انتشر قبول النظرية الكوبرنيكية بسرعة في البلدان غير الكاثوليكية، وبحلول أواخر القرن الثامن عشر كانت الرؤية الكوبرنيكية للنظام الشمسي مقبولة عالميًا تقريبًا. بعد قرون من دفنه في قبر غير مميز تحت أرضية الكاتدرائية في فرومبورك، تم أخيراً دفن رفات كوبرنيكوس كأبطال في عام ٢٠١٠. وتم التعرف على جثته باستخدام تحليل الحمض النووي للجمجمة، والذي يطابق الحمض النووي الموجود في الشعر الذي تم دسه. في صفحات الكتب التي يملكها كوبرنيكوس.

تم الآن تمييز شاهد قبره المصنوع من الجرانيت الأسود بنموذج مركزي للنظام الشمسي يتميز بشمس ذهبية محاطة بستة من الكواكب.

تشارلز داروين
والثورة على مركزية الإنسان



لقد غيَّر تشارلز روبرت داروين (١٨٠٩-١٨٨٢) الطريقة التي نفهم بها العالم الطبيعي بأفكار لم تكن أقل من الثورية في أيامه.

لقد أعطانا هو وزملاؤه الرواد في مجال علم الأحياء نظرة ثاقبة للتنوع الرائع للحياة على الأرض وأصولها، بما في ذلك حياتنا كنوع.

يُحتفل بتشارلز داروين باعتباره واحدًا من أعظم العلماء البريطانيين الذين عاشوا على الإطلاق، لكن نظرياته المتطرفة في عصره جعلته في صراع مع أعضاء كنيسة إنجلترا.

ولد داروين عام ١٨٠٩ في شروزبري، شروبشاير، وكان مفتونًا بالعالم الطبيعي منذ صغره. أثناء نشأته، كان قارئًا متحمسًا لكتب الطبيعة وخصص وقت فراغه لاستكشاف الحقول والغابات المحيطة بمنزله، وجمع النباتات والحشرات.

في عام ١٨٢٥، التحق داروين بكلية الطب في جامعة إدنبرة، حيث شهد عملية جراحية لطفل. وكان من الممكن إجراء العمليات الجراحية في ذلك الوقت دون استخدام مخدر أو مطهرات، وكانت الوفيات شائعة.

مشاهدة هذا الإجراء أصاب داروين بصدمة شديدة لدرجة أنه تخلى عن دراسته دون إكمال الدورة.
خلال فترة وجوده في إدنبرة، دفع داروين أيضًا تكاليف دروس التحنيط من جون إدمونستون، وهو رجل مستعبد سابق من غيانا. أصبحت المهارات التي علمها إدمونستون لداروين حاسمة بعد بضع سنوات فقط من حياته المهنية.

بعد الفترة التي قضاها في اسكتلندا، ذهب داروين إلى جامعة كامبريدج لدراسة اللاهوت.

أثر داروين على التفكير العلمي

من الواضح أن مفهومنا للعالم ومكاننا فيه، في بداية القرن الحادي والعشرين، يختلف جذريًا عن روح العصر في بداية القرن التاسع عشر. لكن لا يوجد إجماع حول مصدر هذا التغيير الثوري. كثيرا ما يُذكر كارل ماركس؛ كان سيغموند فرويد في صالحه وخرج منه. قدم كاتب سيرة ألبرت أينشتاين، أبراهام بايس، ادعاءً وافرًا بأن نظريات أينشتاين «غيرت بشكل عميق الطريقة التي يفكر بها الرجال والنساء المعاصرون في ظاهرة الطبيعة غير الحية». ومع ذلك، ما إن قال بايس هذا حتى أدرك المبالغة. وكتب: «سيكون من الأفضل في الواقع أن نقول «علماء معاصرون» بدلًا من «رجال ونساء معاصرين»، لأن المرء يحتاج إلى تعلم أسلوب تفكير الفيزيائي والتقنيات الرياضية لتقدير مساهمات أينشتاين على أكمل وجه». وفي الواقع، ينطبق هذا القيد على جميع النظريات غير العادية للفيزياء الحديثة، والتي كان لها تأثير ضئيل على الطريقة التي يفهم بها الشخص العادي العالم.

يختلف الوضع بشكل كبير فيما يتعلق بالمفاهيم في علم الأحياء. العديد من الأفكار البيولوجية التي تم اقتراحها خلال المائة والخمسين عامًا الماضية كانت في صراع صارخ مع ما افترض الجميع أنه صحيح. يتطلب قبول هذه الأفكار ثورة أيديولوجية. ولم يكن أي عالم أحياء مسؤولاً عن تعديلات أكثر جذرية في النظرة العالمية للشخص العادي مثل تشارلز داروين.

أسس داروين فرعًا جديدًا من علوم الحياة، وهو علم الأحياء التطوري. أربعة من مساهماته في علم الأحياء التطوري لها أهمية خاصة، حيث كان لها تأثير كبير خارج هذا التخصص. الأول هو عدم ثبات الأنواع، أو المفهوم الحديث للتطور نفسه. والثاني هو فكرة التطور المتفرع، مما يعني ضمنا التحدر المشترك لجميع أنواع الكائنات الحية على الأرض من أصل واحد فريد. حتى عام ١٨٥٩، كانت جميع المقترحات التطورية، مثل مقترح عالم الطبيعة جان بابتيست لامارك، تدعم بدلاً من ذلك التطور الخطي، وهي مسيرة غائية نحو كمال أعظم كانت رائجة منذ مفهوم أرسطو عن Scala Naturae، سلسلة

الوجود. وأشار داروين أيضًا إلى أن التطور يجب أن يكون تدريجيًا، دون أي انقطاعات أو انقطاعات كبيرة. وأخيرا، قال إن آلية التطور هي الانتقاء الطبيعي.

كانت هذه الأفكار الأربعة بمثابة الأساس لتأسيس داروين لفرع جديد من فلسفة العلم، وهو فلسفة علم الأحياء. وعلى الرغم من مرور قرن من الزمان قبل أن يتطور هذا الفرع الجديد من الفلسفة بشكل كامل، إلا أن شكله النهائي يعتمد على المفاهيم الداروينية. على سبيل المثال، أدخل داروين التاريخ في العلوم. إن علم الأحياء التطوري، على النقيض من الفيزياء والكيمياء، هو علم تاريخي، حيث يحاول أنصار التطور تفسير الأحداث والعمليات التي حدثت بالفعل. القوانين والتجارب هي تقنيات غير مناسبة لتفسير مثل هذه الأحداث والعمليات. وبدلاً من ذلك، يقوم المرء ببناء سرد تاريخي، يتكون من إعادة بناء مؤقتة للسيناريو المحدد الذي أدى إلى الأحداث التي يحاول تفسيرها.

على سبيل المثال، تم اقتراح ثلاثة سيناريوهات مختلفة للانقراض المفاجئ للديناصورات في نهاية العصر الطباشيري: وباء مدمر؛ تغير كارثي في المناخ. وتأثير الكويكب، المعروف بنظرية ألفاريز. وقد تم دحض الروايتين الأوليين في النهاية بأدلة تتعارض معهما. ومع ذلك، فإن جميع الحقائق المعروفة تتوافق مع نظرية ألفاريز، التي أصبحت الآن مقبولة على نطاق واسع. إن اختبار الروايات التاريخية يعني أن الفجوة الواسعة بين العلوم والعلوم الإنسانية التي أزعجت الفيزيائي سي. بي. سنو هي في الواقع غير موجودة - فبفضل منهجيتها وقبولها لعامل الوقت الذي يجعل التغيير ممكنا، تعمل البيولوجيا التطورية كجسر.

إن اكتشاف الانتقاء الطبيعي، من قبل داروين وألفريد راسل والاس، يجب أن يعد في حد ذاته بمثابة تقدم فلسفي غير عادي. ظل هذا المبدأ غير معروف طوال تاريخ الفلسفة الممتد لأكثر من ٢٠٠٠ عام بدءًا من الإغريق وحتى هيوم وكانط والعصر الفيكتوري. كان لمفهوم الانتقاء الطبيعي قوة ملحوظة في تفسير التغيرات الاتجاهية والتكيفية. طبيعتها هي البساطة نفسها. إنها ليست قوة مثل القوى الموصوفة في قوانين الفيزياء؛ آليته هي ببساطة القضاء على الأفراد الأدنى. دفعت عملية الإزالة غير العشوائية هذه الفيلسوف المعاصر لداروين هربرت سبنسر إلى وصف التطور بالمصطلح المألوف الآن "البقاء للأصلح". (كان هذا الوصف موضع سخرية لفترة طويلة باعتباره تفكيرا دائريا: "من هم الأصلح؟ أولئك الذين يبقون على قيد الحياة". وفي الواقع، يمكن للتحليل الدقيق أن يحدد عادة سبب فشل بعض الأفراد في تحقيق النجاح في مجموعة معينة من الظروف.)

نظرية الانتقاء الطبيعي

حتى يومنا هذا، يتم قبول نظرية التطور عن طريق الانتقاء الطبيعي من قبل المجتمع العلمي باعتبارها أفضل تفسير قائم على الأدلة لتنوع وتعقيد الحياة على الأرض.

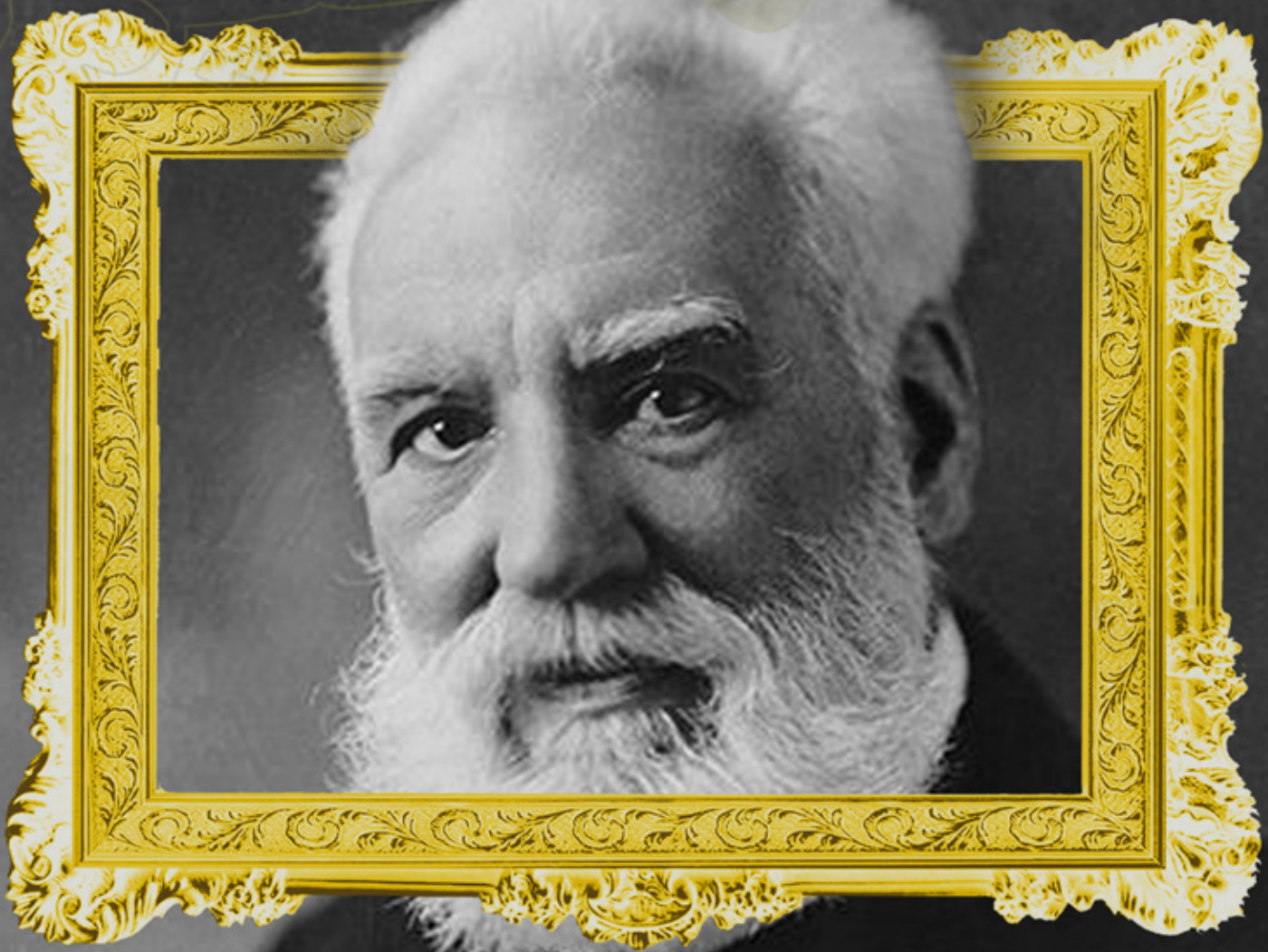
تقترح النظرية أن الكائنات الفردية "الأكثر لياقة" - تلك التي تتمتع بالخصائص الأكثر ملاءمة لبيئتها - هي أكثر عرضة للبقاء والتكاثر. ينقلون هذه الخصائص المرغوبة إلى ذريتهم.

تدريجيًا، قد تصبح هذه السمات أكثر شيوعًا بين المجموعات السكانية، وبالتالي تتغير الأنواع بمرور الوقت. إذا كانت التغييرات كبيرة بما فيه الكفاية، فإنها يمكن أن تنتج نوعا جديدا تماما.

خلال رحلاته، جمع داروين عصافير من العديد من جزر غالاباغوس - قبالة سواحل الإكوادور - مما ساعده على صياغة فكرته.

كان لدى بعض هذه العصافير مناقير قوية لأكل البذور، والبعض الآخر كان متخصصًا في الحشرات. لكن داروين أدرك أنهم جميعًا من نسل سلف واحد. ومع انتشارها إلى جزر مختلفة، تكيفت الطيور لتأكل الأطعمة المختلفة المتاحة. أنتج الانتقاء الطبيعي ١٣ نوعًا مختلفًا من العصافير.

ألكساندر غراهام بيل
الهاتف وتقصير المسافات



أحدث ألكسندر جراهام بيل، المشهور باختراعه الهاتف، ثورة في الاتصالات كما نعرفها. كان اهتمامه بتكنولوجيا الصوت عميقًا وشخصيًا، حيث كانت زوجته وأمه صماء. في حين أن هناك بعض الجدل حول ما إذا كان بيل هو الرائد الحقيقي للهاتف، فقد حصل على الحقوق الحصرية للتكنولوجيا وأطلق شركة بيل للهاتف في عام ١٨٧٧. وفي نهاية المطاف، حصل العالم الموهوب على أكثر من ١٨ براءة اختراع لاختراعاته وأعماله في مجال الاتصالات.

الولادة والتعليم

ولد ألكسندر جراهام بيل في إدنبرة، اسكتلندا، في ٣ مارس ١٨٤٧. كان والد بيل أستاذًا للتخاطب في جامعة إدنبرة، وكانت والدته، على الرغم من كونها صماء، عازفة بيانو بارعة.

كان ألكسندر الصغير طفلاً فضوليًا فكريًا درس البيانو وبدأ في اختراع الأشياء في سن مبكرة. توفي شقيقاه بسبب مرض السل عندما كان بيل في أوائل العشرينات من عمره.

في البداية، كان تعليم بيل يتألف من التعليم المنزلي. لم يكن بيل متفوقًا أكاديميًا، لكنه كان قادرًا على حل المشكلات منذ سن مبكرة.

عندما كان عمره ١٢ عامًا فقط، اخترع ألكسندر الشاب جهازًا مزودًا بمجاديف دوارة وفرش أظافر يمكنها إزالة قشور حبوب القمح بسرعة للمساعدة في تحسين عملية الزراعة. في سن السادسة عشرة، بدأ بيل بدراسة آليات الكلام.

التحق بالمدرسة الثانوية الملكية وجامعة إدنبرة. في عام ١٨٧٠، انتقل بيل مع عائلته إلى كندا. وفي العام التالي، استقر في الولايات المتحدة.

أثناء وجوده في الولايات المتحدة، طبق بيل نظامًا طوره والده لتعليم الأطفال الصم يسمى "الكلام المرئي" - وهو مجموعة من الرموز التي تمثل أصوات الكلام.

في عام ١٨٧٢، افتتح مدرسة فسيولوجيا الصوت وميكانيكا الكلام في بوسطن، حيث تم تعليم الصم التحدث. في عمر ٢٦ عامًا، أصبح المخترع الناشئ أستاذًا لعلم وظائف الأعضاء الصوتية والتخاطب في كلية الخطابة بجامعة بوسطن، على الرغم من أنه لم يكن حاصلاً على شهادة جامعية.

أثناء التدريس، التقى بيل بمابيل هوبارد، وهي طالبة صماء. تزوج الزوجان في ١١ يوليو ١٨٧٧. وأنجبا أربعة أطفال، من بينهم ولدان ماتا عندما كانا رضيعين.

اختراع الهاتف

وفي هذا الوقت، ١٨٧٦-١٨٧٧، ظهر اختراع جديد يسمى الهاتف. ليس من السهل تحديد من هو المخترع. قدم كل من ألكسندر جراهام بيل وإليشا جراي طلبات براءات اختراع مستقلة تتعلق بالهواتف إلى مكتب براءات الاختراع في واشنطن في ١٤ فبراير ١٨٧٦. وكان بيل، الذي كان في بوسطن في ذلك الوقت، يمثله محاموه ولم يكن لديه أي فكرة عن تقديم الطلب. وصل طلب جراي إلى مكتب براءات الاختراع قبل ساعات قليلة من تقديم بيل، لكن محامي بيل أصروا على دفع رسوم الطلب على الفور؛ ونتيجة لذلك، قام المكتب المثقل بالأعباء بتسجيل طلب بيل أولاً.

تمت الموافقة على براءة اختراع بيل وتسجيلها رسميًا في ٧ مارس، وبعد ثلاثة أيام قيل إن المكالمة الشهيرة قد تمت عندما استدعى بيل مساعده (سيد واتسون، تعال إلى هنا. أريد رؤيتك.) وأكد أن الاختراع فعّال.

ألكسندر جراهام بيل، أصغر من لارس ماغنوس إريكسون بسنة واحدة، ولد في إدنبرة. جاء اهتمام بيل بالاتصالات الهاتفية من خلال والدته التي كانت صماء، ووالده ألكسندر ميلفيل بيل، الذي كان مدرسًا للخطابة، واشتهر بنظام النسخ الصوتي الذي طوره لمساعدة الصم على تعلم الكلام (والذي وصفه في كتاب بعنوان الكلام المرئي). هاجرت عائلة بيل إلى كندا عام ١٨٧٠؛ وبعد مرور عامين،

عُرض على ألكسندر ميلفيل بيل وظيفة تدريس في مدرسة للصم في بوسطن بالولايات المتحدة، لكنه نجح في ترشيح ابنه لهذا المنصب بدلاً من ذلك. كان الأب والابن يعملان معًا في هذا الوقت لمحاولة اكتشاف ما إذا كان من الممكن جعل الصوت مرئيًا للصم بمساعدة التلغراف.

لكن العديد من الأشخاص الآخرين كانوا يتابعون فكرة الاتصال الهاتفي منذ سنوات. وادعى قرار صادر عن مجلس النواب الأمريكي في يونيو/حزيران ٢٠٠٢ أن بيل اكتسب واستغل بطريقة شائنة جهاز "التليفونو"، الذي اخترعه أنطونيو ميوتشي قبل وقت طويل من بيل وجراي. أحد الأدلة الضارة لبيل هو أن مادة ميوتشي اختفت دون أثر من نفس المختبر الذي كان يجري فيه بيل تجاربه. في ثمانينيات القرن التاسع عشر، رفعت الحكومة الأمريكية دعوى قضائية اتهمت بيل بارتكاب "سلوك احتيالي وغير أمين" وطالبت بإلغاء براءة اختراعه. توقفت هذه الإجراءات بعد وفاة ميوتشي في عام ١٨٨٩ وانتهاء براءة اختراع بيل في عام ١٨٩٣.

يزعم تحقيق لاحق، نشره أ. إدوارد إيفنسون في عام ٢٠٠٠، أن محامي بيل حصلوا على تفاصيل فنية من محامي جراي (كلاهما كان لديهم محامون يعملون كوكلاء لهم) والتي قيل إنها تمت إضافتها إلى براءة اختراع بيل بعد تقديمها. تحتوي الملحمة بأكملها على عناصر تذكرنا بالإثارة.

إحدى الحقائق البارزة هي أن بيل لم ير حاجة للحصول على براءات اختراع للهاتف في بلدان الشمال الأوروبي. وهذا يعني أن أي شخص في أي مكان كان حرًا في تصنيع وبيع الهواتف.

قدم بيل الهاتف أمام جمهور كبير لأول مرة في المعرض العالمي في فيلادلفيا في يونيو ١٨٧٦. وكان من بين الحضور الفيزيائي ويليام طومسون (المعروف فيما بعد باسم اللورد كلفن)، الذي قدم هاتف بيل إلى الجمعية البريطانية في أغسطس من ذلك العام. في غلاسكو. في السويد، في ٣٠ سبتمبر من ذلك العام، أصبحت صحيفة داجينس نهيتر أول صحيفة تشير إلى "التلغراف الناطق"، وهو جهاز "ينقل بوضوح ووضوح الكلمات المنطوقة من أحد طرفي خط التلغراف إلى الطرف الآخر".

النسخة الأولى من هاتف بيل، كما تم وصفه في طلب براءة الاختراع، لم تكن مناسبة للأغراض العملية. فقط بعد "إعادة البناء الشاملة نسبيًا"، على حد تعبير هيمنج جوهانسون، يمكن تصميم هاتف للإنتاج على نطاق واسع. بدأت شركة بيل للهواتف العمل في ١١ يوليو ١٨٧٧. وفي نفس الشهر، وصل أول هاتف بيل صالح للاستخدام إلى أوروبا ليتم تقديمه في بليموث إلى الجمعية البريطانية بواسطة كبير مهندسي مكتب البريد العام، ويليام إتش بريس، في عام ١٨٧٧. حضور بيل نفسه.

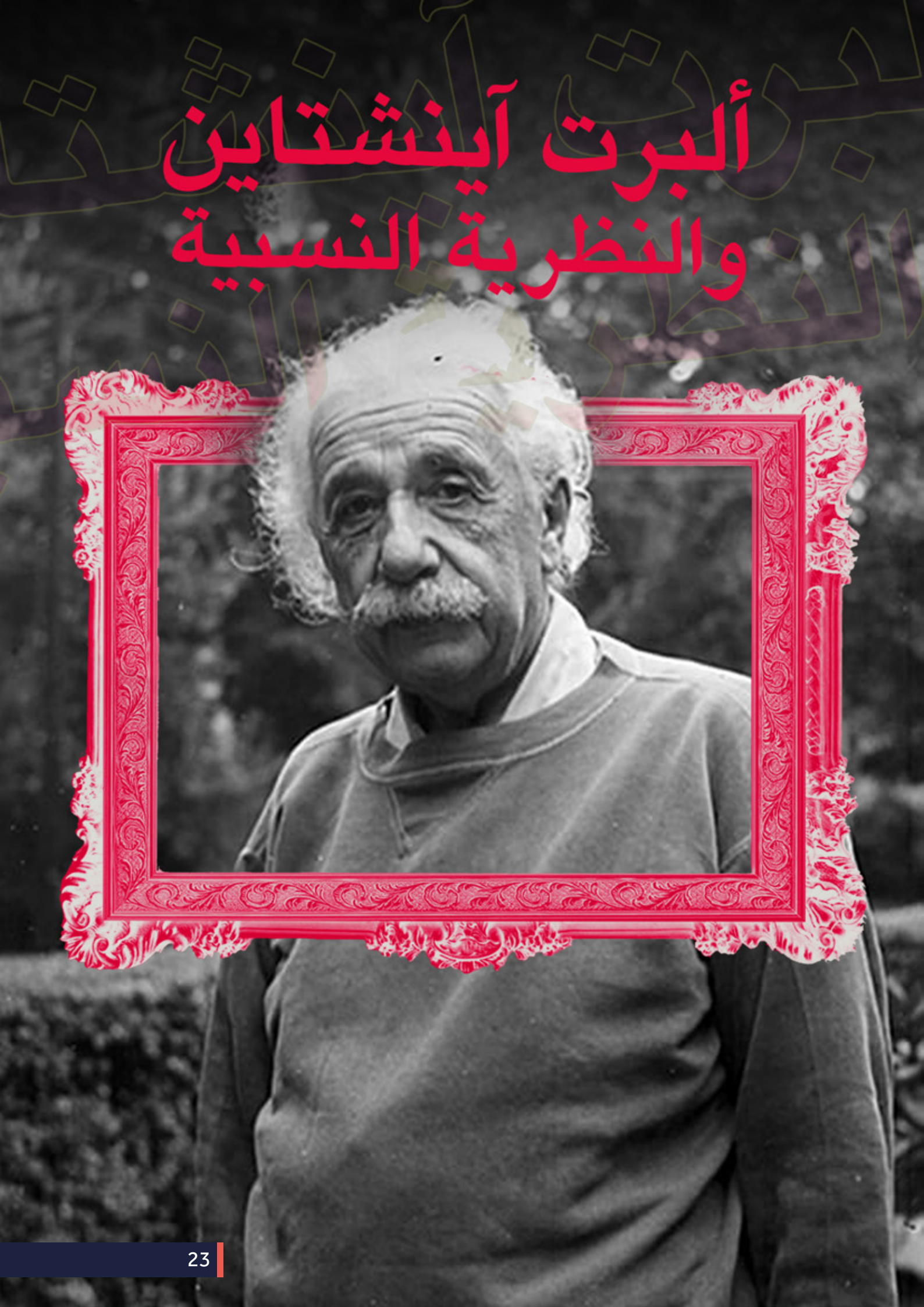
تأثير اختراع الهاتف على العالم

لقد كان تأثير الهاتف على العالم هائلاً. لقد غيرت كيفية تواصل الناس، وممارسة الأعمال التجارية، والعيش اليومي. اليوم، يعد الهاتف أحد أدوات الاتصال الأكثر استخدامًا في العالم، ويعتبره الكثير من الناس أمرًا مفروغًا منه. قبل اختراع الهاتف، كان على الناس نقل الرسائل شفهيًا أو كتابيًا. مع ظهور الخدمة الهاتفية، أصبح الاتصال الفوري حقيقة واقعة بالنسبة للمليارات في جميع أنحاء العالم.

قبل اختراع الهاتف، إذا حدث شيء ما، كان عليك الانتظار حتى يخبرك شخص ما بالأمر أو يكتشفه بنفسك. مع شبكة الهاتف تغير كل شيء. يمكنك الاتصال بأقاربك وإخبارهم عن حياتك أو سؤال أصدقائك عن أحوالهم. لقد جعلت الحياة أسهل بكثير للجميع.

كان التغيير الأكثر أهمية هو أنه كان عليك الاعتماد على الكلام الشفهي في حالات الطوارئ. إذا كان على شخص ما أن يسلم رسالة في المدينة، كان عليه أن يذهب إلى هناك بنفسه ويسلمها. وقد تسبب هذا في العديد من المشاكل في أوقات الحاجة. وبعد اختراع الاتصال الفوري تغير كل شيء.

ألبرت آينشتاين والنظرية النسبية



ألبرت أينشتاين (ولد في ١٤ مارس ١٨٧٩، أولم، فورتمبيرغ، ألمانيا - توفي في ١٨ أبريل ١٩٥٥، برينستون، نيو جيرسي، الولايات المتحدة)، فيزيائي ألماني المولد طور النظريات الخاصة والعامة للنسبية وفاز بجائزة نوبل للفيزياء. في عام ١٩٢١ لتفسيره للتأثير الكهروضوئي. يعتبر أينشتاين بشكل عام أكثر الفيزيائيين تأثيراً في القرن العشرين.

النشأة والتعليم

كان والدا أينشتاين يهودًا علمانيين من الطبقة المتوسطة. كان والده، هيرمان أينشتاين، في الأصل بائعًا للأسرّة الريشية، ثم أدار فيما بعد مصنعًا كهروكيميائيًا وحقق نجاحًا معتدلاً. كانت والدته، بولين كوخ السابقة، تدير منزل العائلة. كان لديه أخت واحدة، ماريا (التي تحمل اسم ماجا)، ولدت بعد ألبرت بسنتين.

كتب أينشتاين أن "معجزتين" أثرتا بعمق في سنواته الأولى. الأول كان مواجهته للبوصلة في سن الخامسة. لقد كان في حيرة من أمره من أن القوى غير المرئية يمكن أن تحرف الإبرة. وهذا من شأنه أن يؤدي إلى انبهار مدى الحياة بالقوى غير المرئية. أما الأعجوبة الثانية فقد جاءت عندما كان في الثانية عشرة من عمره عندما اكتشف كتابًا في الهندسة، التهمه، واصفًا إياه بـ "كتاب الهندسة الصغير المقدس".

أصبح أينشتاين متدينًا بشدة في سن الثانية عشرة، حتى أنه قام بتأليف العديد من الأغاني في مدح الله وترديد الأغاني الدينية في الطريق إلى المدرسة. لكن هذا بدأ يتغير بعد أن قرأ كتبًا علمية تتناقض مع معتقداته الدينية. ترك هذا التحدي للسلطة الراسخة انطباعًا عميقًا ودائمًا. في صالة لويتبولد للألعاب الرياضية، غالبًا ما شعر أينشتاين بأنه في غير مكانه وأنه وقع ضحية لنظام تعليمي على الطراز البروسي بدا وكأنه يخنق الأصالة والإبداع. حتى أن أحد المعلمين أخبره أنه لن يصل إلى أي شيء أبدًا.

كان هناك تأثير مهم آخر على أينشتاين وهو طالب الطب الشاب، ماكس تلمود (لاحقًا ماكس تالمي)، الذي غالبًا ما كان يتناول العشاء في منزل أينشتاين. أصبح التلمود مدرسًا غير رسمي، حيث قدم لأينشتاين الرياضيات العليا والفلسفة.

حدثت نقطة تحول محورية عندما كان أينشتاين في السادسة عشرة من عمره. كان التلمود قد عرّفه في وقت سابق على سلسلة علوم للأطفال من تأليف آرون بيرنشتاين، (١٨٦٧–٦٨؛ كتب شعبية في العلوم الفيزيائية)، حيث تخيل المؤلف ركوبًا بجانب الكهرباء التي كانت تنتقل داخل سلك التلغراف. ثم سأل أينشتاين نفسه السؤال الذي سيهيمن على تفكيره خلال السنوات العشر القادمة: كيف سيبدو شعاع الضوء إذا أمكنك الركض بجانبه؟ إذا كان الضوء موجة، فيجب أن يبدو شعاع الضوء ثابتًا، مثل موجة متجمدة. ومع ذلك، حتى عندما كان طفلاً، كان يعلم أن موجات الضوء الثابتة لم تُرى من قبل، لذلك كان هناك تناقض. كما كتب أينشتاين أول "ورقة علمية" له في ذلك الوقت ("التحقيق في حالة الأثير في المجالات المغناطيسية").

تعطل تعليم أينشتاين بسبب فشل والده المتكرر في العمل. في عام ١٨٩٤، بعد فشل شركته في الحصول على عقد مهم لتزويد مدينة ميونيخ بالكهرباء، انتقل هيرمان أينشتاين إلى ميلانو للعمل مع أحد أقاربه. بقي أينشتاين في منزل داخلي في ميونيخ وكان من المتوقع أن ينهي تعليمه. وحيدًا، بائسًا، ومنزعجًا من احتمال الخدمة العسكرية الذي كان يلوح في الأفق عندما بلغ السادسة عشرة من عمره، هرب أينشتاين بعد ستة أشهر وهبط على عتبة والديه المفاجئين. أدرك والديه المشاكل الهائلة التي واجهها عندما كان متسربًا من المدرسة ومتهربًا من الخدمة العسكرية دون مهارات قابلة للتوظيف. ولا تبدو آفاقه واعدة.

ولحسن الحظ، تمكن أينشتاين من التقدم مباشرة إلى المدرسة الفيدرالية السويسرية للفنون التطبيقية؛ في عام ١٩١١، بعد التوسع في عام ١٩٠٩ إلى الوضع الجامعي الكامل، تم تغيير اسمه إلى المعهد الفيدرالي السويسري للتكنولوجيا في زيورخ دون ما يعادل شهادة الدراسة الثانوية إذا اجتاز امتحانات القبول الصارمة. أظهرت علاماته أنه متفوق في الرياضيات والفيزياء، لكنه فشل في اللغة الفرنسية والكيمياء والأحياء. وبسبب درجاته الاستثنائية في الرياضيات، سُمح له بالالتحاق بكلية الفنون التطبيقية بشرط أن ينهي تعليمه

الرسمي أولاً. التحق بمدرسة ثانوية خاصة يديرها جوست وينتلر في أراو بسويسرا، وتخرج منها عام ١٨٩٦. كما تخلى عن جنسيته الألمانية في ذلك الوقت. (كان عديم الجنسية حتى عام ١٩٠١، عندما مُنح الجنسية السويسرية). وأصبح صديقًا مدى الحياة لعائلة وينتلر، التي كان يستقلها على متن الطائرة. (ابنة وينتلر، ماري، كانت حب أينشتاين الأول؛ وأخت أينشتاين، ماجا، ستتزوج في نهاية المطاف من ابن وينتلر بول؛ وصديقه المقرب ميشيل بيسو سيتزوج من ابنتهما الكبرى، آنا).
يتذكر أينشتاين أن السنوات التي قضاها في زيورخ كانت من أسعد سنوات حياته. التقى بالعديد من الطلاب الذين أصبحوا أصدقاء مخلصين، مثل مارسيل جروسمان، عالم الرياضيات، وبيسو، الذي استمتع بمحادثات مطولة معهم حول المكان والزمان. كما التقى بزوجته المستقبلية ميلفا ماريك، وهي زميلة طالبة فيزياء من صربيا.

النظرية النسبية الخاصة

تعد نظرية النسبية الخاصة التي وضعها ألبرت أينشتاين عام ١٩٠٥ واحدة من أهم الأبحاث المنشورة على الإطلاق في مجال الفيزياء. النسبية الخاصة هي تفسير لكيفية تأثير السرعة على الكتلة والزمان والمكان. تتضمن النظرية طريقة لسرعة الضوء لتحديد العلاقة بين الطاقة والمادة، حيث يمكن استبدال كميات صغيرة من الكتلة (m) بكميات هائلة من الطاقة (E)، كما هو محدد في المعادلة الكلاسيكية E = mc^٢.

تنطبق النسبية الخاصة على الحالات "الخاصة"، فهي تُستخدم في الغالب عند مناقشة الطاقات الضخمة، والسرعات الفائقة السرعة، والمسافات الفلكية، وكل ذلك بدون تعقيدات الجاذبية. أضاف أينشتاين الجاذبية رسميًا إلى نظرياته في عام ١٩١٥، مع نشر بحثه عن النسبية العامة.

عندما يقترب جسم ما من سرعة الضوء، تصبح كتلة الجسم لا نهائية وكذلك الطاقة اللازمة لتحريكه. وهذا يعني أنه من المستحيل لأي مادة أن تتحرك بسرعة أكبر من سرعة الضوء. يُلهم حد السرعة الكونية هذا عوالم جديدة من الفيزياء والخيال العلمي، حيث يفكر الناس في السفر عبر مسافات شاسعة.

قبل أينشتاين، كان علماء الفلك (في معظمهم) يفهمون الكون من خلال ثلاثة قوانين للحركة قدمها إسحاق نيوتن عام ١٦٨٦. وهذه القوانين الثلاثة هي:

تظل الأجسام المتحركة أو الساكنة في نفس الحالة ما لم تفرض قوة خارجية التغيير. يُعرف هذا أيضًا بمفهوم القصور الذاتي.

القوة المؤثرة على جسم ما تساوي كتلة الجسم مضروبة في تسارعه. بمعنى آخر، يمكنك حساب مقدار القوة اللازمة لتحريك كائنات ذات كتل مختلفة بسرعات مختلفة.

ولكل فعل رد فعل مساو له في المقدار ومعاكس له في الاتجاه.

أثبتت قوانين نيوتن صلاحيتها في كل تطبيقات الفيزياء تقريبًا، وفقًا للموسوعة البريطانية. لقد شكلوا الأساس لفهمنا للميكانيكا والجاذبية.

لكن بعض الأشياء لا يمكن تفسيرها من خلال أعمال نيوتن: على سبيل المثال، الضوء.

ولإدخال السلوك الغريب للضوء في إطار نيوتن لعلماء الفيزياء في القرن التاسع عشر، افترضوا أن الضوء يجب أن ينتقل عبر وسيط ما، أطلقوا عليه اسم "الأثير المضيء". يجب أن يكون هذا الأثير الافتراضي جامدًا بما يكفي لنقل موجات الضوء مثل اهتزاز وتر الجيتار مع الصوت، ولكنه أيضًا لا يمكن اكتشافه تمامًا في حركات الكواكب والنجوم. لقد كان ذلك أمرًا طويلاً. بدأ الباحثون في محاولة اكتشاف هذا الأثير الغامض، على أمل فهمه بشكل أفضل. في عام ١٨٨٧، كتب عالم الفيزياء الفلكية إيثان سيغال في مدونة فوربس العلمية، "يبدأ بضجة"، وقام الفيزيائي ألبرت أ. ميشيلسون والكيميائي إدوارد مورلي بحساب كيف أثرت حركة الأرض عبر الأثير على كيفية قياس سرعة الضوء، ووجدا بشكل غير متوقع أن سرعة الضوء الضوء هو نفسه بغض النظر عن حركة الأرض.

وخلصوا إلى أنه إذا لم تتغير سرعة الضوء على الرغم من حركة الأرض عبر الأثير، فلا يجب أن يكون هناك شيء مثل الأثير في البداية: فالضوء في الفضاء يتحرك عبر الفراغ.

وهذا يعني أنه لا يمكن تفسيره بالميكانيكا الكلاسيكية. الفيزياء بحاجة إلى نموذج جديد.

فيرنر هايزنبيرغ ومبدأ عدم اليقين

فيرنر هايزنبرغ، (من مواليد ٥ ديسمبر ١٩٠١، فورتسبورغ، ألمانيا - توفي ١ فبراير ١٩٧٦، ميونيخ، ألمانيا الغربية)، فيزيائي وفيلسوف ألماني اكتشف عام ١٩٢٥ طريقة لصياغة ميكانيكا الكم من حيث المصفوفات. ولهذا الاكتشاف حصل على جائزة نوبل في الفيزياء لعام ١٩٣٢. وفي عام ١٩٢٧ نشر مبدأ عدم اليقين الذي بنى عليه فلسفته والذي اشتهر به. كما قدم مساهمات مهمة في نظريات الديناميكا المائية للتدفقات المضطربة، والنواة الذرية، والمغناطيسية الحديدية، والأشعة الكونية، والجسيمات دون الذرية، وكان له دور فعال في التخطيط لأول مفاعل نووي في ألمانيا الغربية في كارلسروه، جنبًا إلى جنب مع مفاعل الأبحاث في ميونيخ. ، في عام ١٩٥٧. يحيط جدل كبير بعمله في الأبحاث الذرية خلال الحرب العالمية الثانية.

النشأة والتعليم

كان والد هايزنبرغ، أوغست هايزنبرغ، باحثًا في فقه اللغة اليونانية القديمة والأدب اليوناني الحديث، وكان مدرسًا في صالة للألعاب الرياضية (مدرسة ثانوية كلاسيكية إنسانية) ومحاضرًا في جامعة فورتسبورغ. كانت والدة فيرنر، آنا ويكلين، ابنة عميد النخبة ماكسيميليانز جيمنازيوم في ميونيخ. في عام ١٩١٠، أصبح أوغست هايزنبرغ أستاذًا لفقه اللغة اليونانية في جامعة ميونيخ. التحق فيرنر بمدرسة ماكسيميليانز للألعاب الرياضية في العام التالي وسرعان ما أثار إعجاب أساتذته بدقته في الرياضيات. التحق هايزنبرغ بجامعة ميونيخ في عام ١٩٢٠، وأصبح طالبًا لدى أرنولد سومرفيلد، وهو خبير في التحليل الطيفي الذري وداعم للنموذج الكمي للفيزياء. (فكرة أن بعض الخصائص في الفيزياء الذرية ليست مستمرة وتأخذ فقط بعض القيم المنفصلة أو الكمية على نطاقات صغيرة تم تطويرها من قبل الفيزيائي الدنماركي نيلز بور في عام ١٩١٣.) أنهى هايزنبرغ عمله الرسمي للحصول على الدكتوراه في عام ١٩٢٣ بحصوله على درجة الدكتوراه. أطروحة حول الديناميكا المائية.

على الرغم من الدفاع المتواضع عن أطروحته، ظهرت مواهب هايزنبرج الحقيقية في عمله حول تأثير زيمان الشاذ، حيث تنقسم الخطوط الطيفية الذرية إلى مكونات متعددة تحت تأثير المجال المغناطيسي. طوَّر هايزنبرج نموذجًا يفسر هذه الظاهرة، على الرغم من أن ذلك كان على حساب تقديم أرقام كمومية نصف صحيحة، وهي فكرة تتعارض مع نظرية بور كما هي مفهومة حتى الآن. وبينما كان هايزنبرغ لا يزال طالبًا رسميًا لدى سومرفيلد، أصبح في عام ١٩٢٢ مساعدًا وطالبًا لماكس بورن في جامعة غوتنغن، حيث التقى هايزنبرغ أيضًا لأول مرة مع بور. في عام ١٩٢٤ أكمل هايزنبرج تأهيله للتدريس على المستوى الجامعي في ألمانيا.

مبدأ عدم اليقين

صاغت نظرية الكم السائدة في أوائل عشرينيات القرن العشرين الذرة على أنها تحتوي على إلكترونات في مدارات كمية ثابتة حول النواة. يمكن أن تنتقل الإلكترونات إلى طاقة أعلى أو أقل عن طريق امتصاص أو إصدار فوتون من الطول الموجي الصحيح. لقد نجح النموذج بشكل جيد بالنسبة للهيدروجين، لكنه واجه مشاكل مع الذرات الأكبر حجمًا والجزيئات. أدرك الفيزيائيون ضرورة وجود نظرية جديدة.

اعترض هايزنبرغ على النموذج الحالي لأنه ادعى أنه بما أنه لا يمكن للمرء فعليًا مراقبة مدار الإلكترونات حول النواة، فلا يمكن القول بوجود مثل هذه المدارات حقًا. يمكن للمرء فقط ملاحظة طيف الضوء المنبعث أو الممتص بواسطة الذرات. ابتداءً من عام ١٩٢٥، بدأ هايزنبرغ في محاولة التوصل إلى ميكانيكا الكم التي تعتمد فقط على الخصائص التي يمكن ملاحظتها، على الأقل من الناحية النظرية.

بمساعدة وإلهام العديد من الزملاء، طور هايزنبرج نهجًا جديدًا لميكانيكا الكم. في الأساس، أخذ كميات مثل الموضع والسرعة، ووجد طريقة جديدة لتمثيلها والتلاعب بها. حدد ماكس بورن الرياضيات الغريبة في طريقة هايزنبرغ على أنها مصفوفات. تمثل الصيغة الجديدة العديد من الخصائص المرصودة للذرات.

بعد وقت قصير من توصل هايزنبرغ إلى ميكانيكا الكم المبنية على المصفوفة، طور إيروين شرودنغر صيغته الموجية. وسرعان ما تم تفسير المربع المطلق للدالة الموجية لشرودنجر على أنه احتمال العثور على جسيم في حالة معينة. أصبحت صيغة شرودنغر الموجية، والتي سرعان ما أثبت أنها تعادل رياضيًا لطرق هايزنبرج المصفوفية، هي النهج الأكثر شيوعًا، ويرجع ذلك جزئيًا إلى أن الفيزيائيين كانوا أكثر ارتياحًا لها مقارنة برياضيات المصفوفات غير المألوفة. أزعجت عدم شعبية طريقته هيزنبرج، خاصة وأن الكثير كان على المحك في ذلك الوقت حيث كان هو وغيره من العلماء الشباب قد بدأوا في البحث عن وظائفهم الأولى كأساتذة مع تقاعد جيل أكبر من العلماء.

على الرغم من أن آخرين ربما وجدوا أن النهج الموجي أسهل في الاستخدام، إلا أن ميكانيكا المصفوفة لهايزنبرج قادته بشكل طبيعي إلى مبدأ عدم اليقين الذي اشتهر به. في رياضيات المصفوفات، ليس الحال دائمًا أن a x b = b x a، وبالنسبة لأزواج المتغيرات التي لا تتغير، مثل الموضع والزخم، أو الطاقة والوقت، تنشأ علاقة عدم يقين.

أجرى هايزنبرغ تجربة فكرية أيضًا. لقد فكر في محاولة قياس موضع الإلكترون باستخدام مجهر أشعة جاما. إن الفوتون عالي الطاقة المستخدم لإضاءة الإلكترون سيعطيه دفعة، مما يغير زخمه بطريقة غير مؤكدة. سيتطلب المجهر ذو الدقة العالية ضوءًا ذو طاقة أعلى، مما يعطي دفعة أكبر للإلكترون. كلما حاول المرء قياس الموقف بشكل أكثر دقة، كلما أصبح الزخم غير مؤكد، والعكس صحيح، كما قال هايزنبرج. يعد عدم اليقين هذا سمة أساسية لميكانيكا الكم، وليس قيدًا على أي جهاز تجريبي معين.

أوجز هايزنبرغ مبدأه الجديد في رسالة مؤلفة من ١٤ صفحة إلى فولفغانغ باولي، أُرسلت في ٢٣ فبراير ١٩٢٧. وفي مارس، قدم ورقته البحثية حول مبدأ عدم اليقين للنشر. أشار نيلز بور إلى بعض الأخطاء في تجربة هايزنبرغ الفكرية، لكنه وافق على أن مبدأ عدم اليقين نفسه كان صحيحا، وتم نشر الورقة.

وكان للمبدأ الجديد آثار عميقة. من قبل، كان يُعتقد أنه إذا كنت تعرف الموقع الدقيق وزخم الجسيم في أي وقت معين، وجميع القوى المؤثرة عليه، فيمكنك، على الأقل من الناحية النظرية، التنبؤ بموقعه وزخمه في أي وقت في المستقبل. . وقد وجد هايزنبرغ أن هذا غير صحيح، لأنه لا يمكنك أبدًا معرفة الموقع الدقيق للجسيم وزخمه في نفس الوقت.

وسرعان ما أصبح مبدأ عدم اليقين جزءًا من الأساس لتفسير كوبنهاجن لميكانيكا الكم المقبول على نطاق واسع، وفي مؤتمر سولفاي في بروكسل في خريف ذلك العام، أعلن هايزنبرج وماكس بورن أن ثورة الكم قد اكتملت.

في خريف عام ١٩٢٧، تولى هايزنبرغ منصب أستاذ في جامعة لايبزيغ، مما جعله أصغر أستاذ كامل في ألمانيا. وفي عام ١٩٣٢ حصل على جائزة نوبل لأبحاثه في ميكانيكا الكم. واصل أبحاثه العلمية في ألمانيا. خلال الحرب العالمية الثانية، وعلى الرغم من أنه لم يكن عضوا في الحزب النازي، إلا أنه كان مواطنا ألمانيا وطنيا، وأصبح زعيما في برنامج الانشطار الألماني، الذي فشل في جهوده لبناء قنبلة ذرية. كانت تصرفات هايزنبرغ ودوافعه موضع جدل منذ ذلك الحين. توفي عام ١٩٧٦.

ماكس بلانك
وولادة الفيزياء الكمومية

نحن نعيش الآن في العصر الرقمي. إن مشهد الأعاجيب التكنولوجية الذي يحيط بنا هو شيء ندين به لنحو مائة من علماء الفيزياء الذين كانوا يحاولون، في فجر القرن العشرين، معرفة كيفية عمل الذرات. ولم يعرفوا كيف سيصبح تفكيرهم الشجاع والإبداعي بعد بضعة عقود.

كانت الثورة الكمومية عملية صعبة للغاية للتخلي عن طرق التفكير القديمة، وهي الطرق التي صاغت العلم منذ غاليليو ونيوتن. كانت هذه العادات متجذرة بقوة في فكرة الحتمية - ببساطة، رأى العلماء أن الأسباب الفيزيائية لها تأثيرات يمكن التنبؤ بها، أو أن الطبيعة تتبع نظامًا بسيطًا. كان الهدف المثالي وراء هذه النظرة للعالم هو أن الطبيعة منطقية، وأنها تطيع القواعد العقلانية، كما تفعل الساعات. إن التخلي عن طريقة التفكير هذه يتطلب شجاعة فكرية وخيالاً هائلين. إنها قصة يجب أن تُحكى مرات عديدة.

من هو ماكس بلانك

بدأ تعليمه الابتدائي في كيل ولكن في عام ١٨٦٧ انتقلت عائلته إلى ميونيخ، حيث تم تعيين والده أستاذًا. وفرت المدينة بيئة محفزة للصبي الصغير الذي استمتع بثقافتها، وخاصة الموسيقى، وأحب المشي وتسلق الجبال عندما قامت العائلة برحلات إلى بافاريا العليا.

لم يكن متميزًا في المدرسة ولكنه كان جيدًا بما يكفي لدخول جامعة ميونيخ في ٢١ أكتوبر ١٨٧٤، حيث بدأ في تلقي دروس الرياضيات ثم قرر دراسة الفيزياء.

كان من المعتاد أن يتنقل الطلاب الألمان بين الجامعات في هذا الوقت، ودرس بلانك في جامعة برلين اعتبارًا من أكتوبر ١٨٧٧، حيث كان من بين أساتذته هيلمهولتز وكيرشوف. عاد إلى ميونيخ وحصل على الدكتوراه في يوليو ١٨٧٩ عن عمر يناهز ٢١ عامًا حيث قدم أطروحته حول القانون الثاني للديناميكا الحرارية.

وفي عام ١٨٨٥، تم تعيينه "أستاذًا استثنائيًا للفيزياء النظرية" في مدينة كيل. بعد وفاة كيرشوف في أكتوبر ١٨٨٧، بحثت جامعة برلين عن فيزيائي ليحل محله. تم اقتراح بلانك من قبل كلية الفلسفة في برلين وأوصى به بشدة هيلمهولتز. تمت ترقيته إلى رتبة أستاذ عادي في عام ١٨٩٢ وشغل الكرسي حتى تقاعده في عام ١٩٢٧. واستمر في الانغماس في شغفه بالموسيقى، حيث قام ببناء أرغن خاص وأقام الحفلات الموسيقية في منزله.

أثناء وجوده في برلين، أصبح مفتونًا بالطريقة التي تنبعث بها الطاقة من الأجسام الساخنة بكميات متغيرة اعتمادًا على الطول الموجي. وقد حاول عدد من علماء الفيزياء العثور على وصف رياضي، ولكن لم ينجح أحد في ذلك بشكل كامل. من خلال الجمع بين المعادلات التي اشتقها فين ورايلي، أعلن بلانك في أكتوبر ١٩٠٠ عن نتيجة تُعرف الآن باسم صيغة بلانك للإشعاع.

وفي غضون شهرين، شرح لماذا نجحت صيغته - وكان تفسيرا جريئا. لقد تخلى عن الفيزياء السابقة وقدم مفهوم "كميات" الطاقة. هذه "حزم" صغيرة يمكنها فقط الاحتفاظ بكميات محددة ومحددة من الطاقة.

في ديسمبر ١٩٠٠، قدم تفسيره النظري المتعلق بالكميات في اجتماع Physikalische Gesellschaft في برلين. وبذلك، كان عليه أن يرفض اعتقاده بأن القانون الثاني للديناميكا الحرارية هو قانون الطبيعة المطلق.

في البداية واجهت نظريته مقاومة، ولكن بسبب العمل الناجح الذي قام به نيلز بور في عام ١٩١٣ في حساب مواقع الخطوط الطيفية باستخدام النظرية، أصبحت مقبولة بشكل عام. ولدت نظرية الكم. قال بلانك نفسه إنه على الرغم من اختراعه لنظرية الكم، إلا أنه لم يفهمها بنفسه في البداية. ومع ذلك، حصل على جائزة نوبل في الفيزياء عام ١٩١٨ لإنجازه.

كان بلانك يبلغ من العمر ٤٢ عامًا عندما أصدر إعلانه الكمي التاريخي، لكنه لم يلعب سوى دورًا بسيطًا في التطوير الإضافي لنظرية الكم. وقد ترك هذا لأينشتاين وبوانكاريه وبور وديراك وآخرين. وكانت حياته الخاصة مليئة بالمأساة. توفيت زوجته الأولى عام ١٩٠٩، وقُتل ابنه الأكبر عام ١٩١٦ خلال الحرب العالمية الأولى، وتوفيت ابنتاه أثناء الولادة. تم تدمير منزله في برلين بالنيران بعد غارة جوية في فبراير ١٩٤٤، وكان ابنه الثاني يشتبه في تورطه في مؤامرة لاغتيال هتلر وتم إعدامه في عام ١٩٤٥.

كان بلانك يبلغ من العمر ٨٧ عامًا بحلول نهاية الحرب العالمية الثانية، ولكن من اللافت للنظر أنه كان قادرًا على بذل الجهد في إعادة بناء العلوم الألمانية كرئيس للقيصر فيلهلم جيزيلشافت. توفي في أكتوبر ١٩٤٧.

نظرية ماكس بلانك الكمومية

كان العصر الكمي نتيجة لسلسلة من الاكتشافات المعملية خلال النصف الثاني من القرن التاسع عشر والتي رفضت أن يتم تفسيرها من خلال النظرة الكلاسيكية السائدة للعالم، وهي وجهة نظر تعتمد على الميكانيكا النيوتونية والكهرومغناطيسية والديناميكا الحرارية (فيزياء الحرارة). تبدو المشكلة الأولى سهلة بما فيه الكفاية: الأجسام الساخنة تبعث إشعاعات من نوع معين. على سبيل المثال، تبعث إشعاعًا في طيف الأشعة تحت الحمراء، لأن درجة حرارة جسمك تحوم حول ٩٨ درجة فهرنهايت. وتتوهج الشمعة في الطيف المرئي لأنه أكثر سخونة. والسؤال إذن هو معرفة العلاقة بين درجة حرارة الجسم وتوهجه. وللقيام بذلك بطريقة مبسطة، لم يدرس الفيزيائيون الأجسام الساخنة بشكل عام، ولكن درسوا ما يحدث للتجويف عندما يتم تسخينه. وذلك عندما أصبحت الأمور غريبة.

أصبحت المشكلة التي وصفوها تُعرف باسم إشعاع الجسم الأسود، وهو الإشعاع الكهرومغناطيسي المحصور داخل تجويف مغلق. الجسم الأسود هنا يعني ببساطة الجسم الذي يصدر إشعاعاً من تلقاء نفسه، دون أن يدخل إليه أي شيء. وبدراسة خصائص هذا الإشعاع عن طريق إحداث ثقب في التجويف ودراسة الإشعاع المتسرب، تبين أن شكل ومادّة الجسم الأسود هي: التجويف لا يهم. كل ما يهم هو درجة الحرارة داخل التجويف. وبما أن التجويف ساخن، فإن الذرات من جدرانه ستنتج إشعاعات تملأ الفراغ.

تنبأت الفيزياء في ذلك الوقت بأن التجويف سوف يمتلئ في الغالب بإشعاع عالي الطاقة أو عالي التردد. لكن هذا لم يكن ما كشفته التجارب. وبدلا من ذلك، أظهروا أن هناك توزيعا للموجات الكهرومغناطيسية داخل التجويف بترددات مختلفة. تهيمن بعض الموجات على الطيف، ولكن ليس تلك ذات الترددات الأعلى أو الأدنى.

كافح بلانك. وفي ١٩ أكتوبر ١٩٠٠، أعلن للجمعية الفيزيائية في برلين أنه حصل على صيغة تناسب نتائج التجارب بشكل جيد. لكن العثور على الملاءمة لم يكن كافيا. وكما كتب لاحقاً: "في نفس اليوم الذي قمت فيه بصياغة هذا القانون، بدأت أكرس نفسي لمهمة استثماره بمعنى مادي حقيقي". لماذا هذا مناسب وليس واحد آخر؟

وفي عمله على شرح الفيزياء وراء صيغته، قاد بلانك إلى الافتراض الجذري بأن الذرات لا تطلق الإشعاع بشكل مستمر، ولكن بمضاعفات منفصلة لكمية أساسية. تتعامل الذرات مع الطاقة كما نتعامل مع المال، دائمًا بمضاعفات الكمية الأصغر. الدولار الواحد يساوي ١٠٠ سنت، وعشرة دولارات تساوي ١٠٠٠ سنت. جميع المعاملات المالية في الولايات المتحدة تتم بمضاعفات السنت. بالنسبة لإشعاع الجسم الأسود بموجاته العديدة ذات الترددات المختلفة، يرتبط كل تردد يتم إطلاقه بحد أدنى متناسب من الطاقة. كلما زاد تردد الإشعاع، زادت "سنته".

الصيغة الرياضية لهذا "الحد الأدنى" من الطاقة هي E = hf، حيث E هي الطاقة، و f هو تردد الإشعاع، و h هو ثابت بلانك.

وقد وجد بلانك قيمته من خلال ملاءمة صيغته لمنحنى الجسم الأسود التجريبي. لا يمكن للإشعاع ذي تردد معين أن يظهر إلا كمضاعفات لـ "سنته" الأساسية، والتي أطلق عليها لاحقًا اسم "الكم"، وهي كلمة كانت تعني في اللاتينية المتأخرة جزءًا من شيء ما. وكما لاحظ الفيزيائي الروسي الأمريكي العظيم جورج جاموف ذات مرة، فإن فرضية بلانك عن الكم خلقت عالما حيث يمكنك إما أن تشرب نصف لتر من البيرة أو لا تشربها على الإطلاق، ولكن لا شيء بينهما.

نجعل غير المُتاح **مُتاحاً**