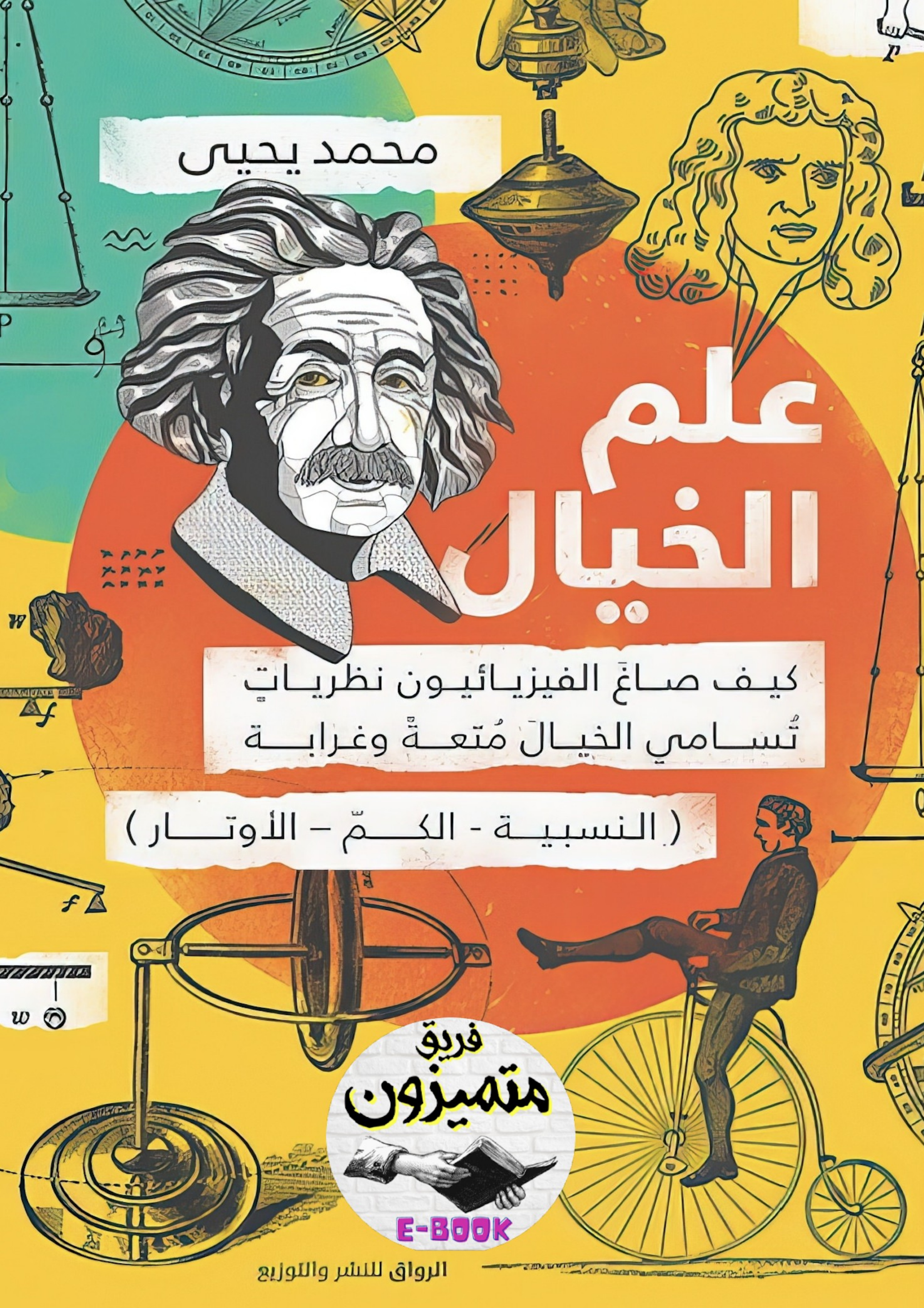


محمد يحيى
علم الخيال
كيف صاغَ الفيزيائيون نظرياتٍ
تُسامي الخيالَ مُتعةً وغرابة
(النسبية - الكمّ - الأوتار)
فريق
متميزون
E-BOOK
الرواق للنشر والتوزيع

مكتبة فريق (متميزون)

لتحويل الكتب النادرة الى صيغة نصية

قام بالتحويل لهذا الكتاب:

كلمه مهمة:

هذا العمل هو بمثابة خدمة حصرية للمكفوفين، من منطلق حرص الجميع على تقديم ما أمكن من دعم للإنسان الكفيف، الذي يحتاج أكثر من غيره للدعم الاجتماعي والعلمي والتقني بحيث تعينه خدماتنا هذه على ممارسة حياته باستقلالية وراحة، وتعزز لديه الثقة بالنفس والاندماج بالمجتمع بشكل طبيعي.
وبسبب شح الخدمات المتوفرة للمكفوفين حرصنا على توفير خدمات نوعية تساعد الكفيف في المجالات التعليمية العلمية والثقافية وذلك بتسخير ما يتوفر من تقنيات خاصة لتحويل الكتب الي نصوص تكون بين أيديهم بشكل مجاني، ويمكن لبرامج القراءة الخاصة بالمكفوفين قراءتها.

مع تحيات:

فريق -متميزون-

انضم الى الجروب

انضم الى القناة

علم الخيال

كيف صَاغ الفيزيائيون نظريات تسَامي الخيال مُتعة وغرابة

الكاتب: محمد يحي.

الإهداء..

ورثنا من تعاليم التصوُّف..
أن الكلمات تقيِّد المعنى أكثر ممَّا تبيِّنه..
ولا تبنيه بقدر ما تهدمه..
فلِمَ لا ندع الإهداء وأهله في مُستقرٍّ..
لا يرتقي إليه الكلام، ولا يتّصف بمداد الأقلام؟

محمد يحيى

∞ ∞ ∞ ∞ ∞

شكرٌ واجب

يدين الكتاب وصاحبه بشكرٍ واجب إلى:

الكاتبة الشابّة «أسماء بركة»، التي وافقت أن تكون جزءًا من هذا العمل، فقامت بالمراجعات الأولية على الألفاظ والهوامش قبل عرض الكتاب على الناشر، وبذلت في ذلك مجهودًا كبيرًا.

أخي الحبيب «أسامة يحيى»، الذي رسم كل رسمٍ توضيحي اعتمد عليه الكتاب في الشرح عندما عجزت الكلمات.

∞ ∞ ∞ ∞ ∞

المُقدِّمة

كُنتُ في دراستي الجامعية، عندما شاهدتُ بالمصادفة حلقة من سلسلة وثائقية بعنوان «cosmos»، يُقدِّمها العالِم «نيل تايسون»؛ وبالتأكيد فرصة كهذه لا تتوافر كثيرًا للمشاهد العربي. كانت الحلقة، على الرغم ممَّا تقدّمه من معلومات صعبة، تبدو أمتع من مشاهدة فيلمك المُفضَّل، أما «تايسون» فإنه كان يظهر كعازفٍ يعرف كيف يعزلك عن مُحيطك أيًّا ما كان، ثُم يُجلسك على كرسي راسخ يعتلي إحدى حوافّ الكون، ويُعطيك تليسكوبًا خاصًّا تراقب به كل ما يدورُ من أحداث السماوات؛ بالطبع ساعدته المواد الفيلمية ومؤثّراتها المتطورة، لكن يبقى لتقديمه الجزء الأكبر من هذا النجاح.

عندما تكلَّمت مع بعض مَن شاهدوا ولو حلقة واحدة من هذه السلسلة ـ وهم قلَّة ـ اكتشفتُ أن المُتعة التي شعرتُ بها كمُشاهِد، هي قاسمٌ مشترك بين المُشاهدين كلهم، باللهفة نفسها والتعلّق نفسه. إن النتيجة الطبيعية لهذا الشعور، هي القول في دهشة: «إنّه من عظيم الحظ، أن يكون الشخصُ مُتخصصًا في هذه المُتعة». وهذا الحسد سينصرف طبعًا إلى طُلّاب كُليات العلوم والهندسة المتخصصين في الفيزياء، وهذه حقيقة إذا استثنينا التعليم الجامعي في معظم البُلدان العربية؛ لأن جامعاتنا تجعل هؤلاء الطُلّاب أكثرَ الناسِ حرمانًا؛ فالحرمان الحقيقي هو أن ترى النعمة ثم تُصدَّ عنها، أو أن تصبح كالآلة الحاسبة، تُخرج النتائج دون أن تفهم السبب الحقيقي للعملية التي أخرجت النتيجة، أو أهمية هذه النتيجة، أو صحة هذه العملية أصلًا في تحقيق هدفٍ ما.. مُجرَّد أداة، ليس لها إلَّا الحِساب وإتقان المسائل. أما التقعيد الحقيقي للعلم وفلسفته وشرح الحقيقة الفيزيائية وتوصيفها وفهمها فهمًا تامًّا غير مُجزَّأ، ثم ربطها بالنموذج الرياضي، فهذه الخدمات لا يقدِّمها تعليمُنا، بل يتركها لشغف الطالب.

إنَّ هذه الحقيقة جعلت المُتخصصين في مجتمعنا يشتركون مع غيرهم في نفس الشعور والانبهار إذا تعرَّفوا أكثر إلى الكون، خاصةً إذا كان ذلك من خلال بارعين استطاعوا أن يبسِّطوا الأمر ويُحوِّلوه إلى متعة خالصة. وفي السنوات الماضية، نَضَجَ ضربٌ أدبي يختص بخلق جسرٍ ممهَّدٍ يعبره عوامُّ الناس، ليصلوا إلى قِمة الفهم الفلسفي للحقائق الكونية، وحققّت كُتُب هذا الجنس الأدبي نجاحًا غير معقول، واجتاحت العالم ووصلت إلى كل الأقاليم بمختلف اللّغات؛ ولعلّ هذا النجاحَ المُدوِّي دليلٌ على أن الأمر لا يتعلّق بالتعلُّم والتثقيف المُمنهج أو المقصود، بل إن الأمر أكبرُ من ذلك وأهم؛ فالموضوع يتعلّق بالفطرة؛ الفطرة التي لا شيء غيرها يجمع بين إنسان في شرق آسيا، وآخر في قلب القارَّة السمراء. إن اللـه قد خلق الإنسان وفطره على أن يجد لذّة فريدة في الفهم والسيطرة. والسيطرة هنا بمعنى خضوع الكون للاستيعاب والتفسير الواضح، أي الخطوة الأولى للتسخير. وعلى الرغم من ذلك كله فإنه في الوقت الذي تلقى فيه هذه الكتب رواجًا كبيرًا في المكتبة الغربية، لا تزال تُعاني في الوصول إلى القارئ العربي، وبعضها لا يصل فعلًا، وهذه حقيقة عانيتُها بنفسي، وهذا بالطبع بسبب انخفاض الإقبال عليها في المكتبة العربية، بسبب انخفاضٍ حاد في الوعي لدى المواطن العربي، وإن شئت قُل: «القارئ العربي».

مثلت هذه الحيثيات كلها دوافعَ قويَّة جعلتني أفكر في أن أكتب كتابًا يتناول هذه اللذة المعرفية ويشرح بعض النظريات التي شكّلت فهمنا الحالي عن الكون، لكنّ الفكرة أخذت وقتها في عقلي ثم غابت تمامًا. بعد فترة كنت أبحث عن أي كتاب يحتوي بين صفحاته على شرح لتاريخ مُحاولات الإنسان لفهم الكون منذ القِدم وإلى اليوم، فلم أجد. وهنا راودتني الفكرة مرة أخرى، لكنّها كانت أكثر وضوحًا واتساقًا هذه المرَّة؛ لماذا لا أكتب كتابًا يمثِّل سردًا تاريخيًّا بسيطًا لتطور فهم الإنسان عن الكون؟ ثم أراد اللـه أن أستقر فعلًا على هذه الفكرة، على أن يكون الكتابُ قصةً بسيطةً جدًّا تحكي للقارئ حكاية علم الفيزياء في تفسير حقائق الكون وحكاية أعلام هذا العلم وأصحاب النظريات الذين شيَّدوا لنا هذا الصرح العملاق. ولقد كنتُ دائمًا أشعر أن فصل العلم أو النظريات والاكتشافات عن أربابها أمرٌ مجحفٌ وظالمٌ للتاريخ ولجوهر العلم وحتى للمتلقِّي؛ لأن اللذة المعرفية تفقد جزءًا كبيرًا من بريقها إذا عزلنا القفزات العلمية عن الظروف التي نشأت فيها وعن المحاولات والعقبات والفشل والإصرار والشغف والهَوَس وكل هذه المشاعر التي سيطرت على العقول التي أنجبت هذه القفزات.

وقبل أن يتملَّكني إحساسٌ بأن ضرورة هذا الربط أمر غير مرغوب فيه ولا تتطلَّبه الدراسة أو البحث أو حتى القراءة، وأنني أسلك هذا السبيل وحدي؛ سعدتُ كثيرًا عندما وجدتُ «كلود بريزنسكي» في مُقدّمة كتابه «تاريخ العلوم» يأخذ هذا الطريق ويضع له تبريرات عبقرية، بل ويستشهد أيضًا ببعض الأعلام، فيقول:

«وفقًا لما ذكره عالم الفلك والرياضيات الفرنسي بيير سيمون لابلاس (١٧٤٩ - ١٨٢٧م)، فإن معرفة المنهج الذي أرشد أي رجل عبقري، ليس أقل فائدة من اكتشافاته ذاتها، سواء بالنسبة لتقدُّم العلوم أو بالنسبة لمجد هذا العالم الشخصي، فهذا المنهج هو دائمًا أكثر العناصر أهمية. أما جوتفريد لايبنتز (١٦٤٦- ١٧١٦م) فقد كتب قائلًا: هناك شيء أكثر أهمية من الاكتشافات الجميلة، وهو معرفة المنهج الذي تمَّت به هذه الاكتشافات».

ثم أقرّ «بريزنسكي»، في السياق نفسه، أن فصل الاكتشافات والنظريات عمَّن قاموا بها يُعرِّض العلم إلى أن يصبح «علمًا جافًّا غير إنساني». على هذا الأساس جعلتُ الكتاب مزيجًا قصصيًّا بين مراحل العلم وأجزاء من سير العلماء، دون التقيُّد بأي قيود سوى المتعة، فأحيانًا أختصر في سيرة العالِم وأُسهب في نظريته، وأحيانًا العكس، وذلك بما تقتضيه المتعة، من دون الإخلال بالمحتوى العلمي.

ولقد ترددتُ بين ثلاثة أسماء لهذا العمل؛ فمنذ بداية الفكرة وقبل البدء فعليًّا في الكتاب، كنتُ مستقرًّا على أن الكتاب سيحمل اسم «فلسفة المستحيل»، وبعدما بدأت في فصوله مِلتُ أكثر إلى أن أُعدِّل الاسم ليصبح «عِلم المستحيل»، وظلَّ هذا الاسم مصاحبًا للعمل طول مدَّة بناء الفصول الخمسة الأُوَل من الكتاب، ثم ذهبت أخيرًا إلى هذا العنوان الذي وصل إليك الكتاب مُعَنونًا به. وعلى الرغم من أن العناوين الثلاثة تحمل الجوهر نفسه تقريبًا، فإن لفظ الخيال هو المعبِّر الأفضل عن هذا السياق؛ فمنذ بدايات القرن العشرين وعلم الفيزياء يتطوَّر وفقًا لخيال الفيزيائيين ودون أي قيود أخرى، و«آينشتين» تكلَّم في هذا الجانب بشكل يغني مَن بعده عن الكلام فيه، وبين سطور الكتاب بعض كلامه هذا؛ المُهم أن مسلك الفيزياء ونظرياتها تطرَّفت كثيرًا، وأصبحت فعلًا ضربًا من الخيال، مُنذ دخول العلماء عالم

الكمِّ والنسبية، حتى أصبح بعض الفيزيائيين يشعرون بالغَربة وهم بين هاتين النظريتين؛ لأن ربط الواقع بهذه النظريات، التي شكَّلت جُل الفيزياء الحديثة، يحوِّل الحقيقة إلى خيال قد يصعب على الكثير فهمه، وليس هذا بسبب تعقيد معيَّن، بل بسبب ضعف القدرة على التخيُّل فقط، وازداد هذا الخيال أكثر في النصف الثاني من القرن العشرين بمحاولات التوفيق بين عالم الكمِّ وعالم النسبية وظهور أفكار جديدة، ثم يبلغ الخيال مبلغًا عظيمًا في نظرية الأوتار، ولا أحد يدري إلى أي حدٍّ ستصل بنا الفيزياء.

يعتمد متنُ الكتاب على أن يأخذك في رحلة طويلة تتعرَّف فيها إلى النظريات التي تناولت تفسير طريقة عمل هذا الكون الذي تعيش فيه؛ تبدأ هذه الرحلة منذ القدم، وتحديدًا من بعض الأفكار الفيزيائية التي كانت شائعة في حضارة الإغريق، ثم يأخذك الكتاب إلى الحضارة الإسلامية وإضافاتها، ثم يعود مرة أخرى بك إلى أوروبا؛ حيث تبدأ سلسلة متصلة من النظريات المتتالية من القرن الخامس عشر وإلى يومنا هذا. ولمّا كان الكتاب يركّز على النظريات التي كان هدفها هو توضيح آلية عمل الكون، فإننا نسرد في الكتاب النظريات التي أسهمت في تحقيق هذا الهدف فقط، على أن يكون المعيار الوحيد المُتحكّم في طريقة سردنا هو المتعة لا شيء غيرها.

إن النظريات في أي علم، إذا تتبعتها تتبُّعًا تاريخيًّا، فإنك ستجد أنها تبدأ من منطقة البساطة والفلسفة المجردة، ثم تنطلق بك نحو التعقيد وربط الفلسفة بالنماذج الرياضية والتجارب المعملية؛ وهذا بالضبط ما يواجهنا أيضًا في السرد الذي يحويه كتابنا، ننطلق معًا بين سطور نظريات بسيطة جدًّا ـ لكنَّها مهمة ـ ثم تبدأ الرياضيات في الدخول إلى الفيزياء كإحدى أهم الأدوات التي لا تتقدَّم العلوم الطبيعية إلَّا بها، فتزداد النظريات تعقيدًا، ثم يصل التعقيد إلى ذروته، عندما يصبح نجاح النظرية مرهونًا فقط بمدى توافق تنبؤاتها مع التجارب المعملية.

وفقًا لهذا الكلام السابق، فإنك يمكن أن تقسِّم هذا الكتاب إلى ثلاثة أقسام، القسم الأول هو البداية البسيطة والمحاولات الأولى التي ذكرها لنا التاريخ كمحاولات حقيقية لفهم الكون، ولن تواجهك فيه أي صعوبات، وينتهي هذا القسم ببداية القسم الثاني الذي يبدأ بالفصل الرابع، عندما يستلم «نيوتن» عجلة القيادة؛ وهو قسم أصعب من الأول ويحتوي في ثناياه على نظريات معقّدة إذا قارنتها بنظريات القسم الأول؛ إذ يتناول فيه الكتاب شرحًا لنظرية «نيوتن» مع قبسات من حياته، ثم «مايكل فاراداي» وإسهاماته في فهم الكهرومغناطيسية، ثم «ماكسويل» ومعادلاته عن الضوء؛ وبعض الأحداث المهمة التي أثّرت في فيزياء ما بعد، وبعد ذلك يصل الكتاب إلى ذروته عندما تصبح ملفات الفيزياء كلها بين يدي سيد العلماء «ألبرت آينشتين»، ليرسم لنا، بمنتهى الإبداع والدقة، نظرية النسبية الخاصة التي نتناولها في الفصل السابع، ثم يُتبعها بالنسبية العامة التي نتناول أناقتها في الفصل الثامن، وينتهي بذلك القسم الثاني، ويبدأ القسم الأخير، الذي يعتمد بالكلّية على فهم القسم الثاني ـ ما عدا الفصل الأخير ـ ويتميَّز هذا القسم عن باقي الكتاب بما يحويه من خيال؛ لهذا فإننا بعد تناول صعود نظرية الكم وتفسيراتها العجيبة لطريقة عمل الكون، ثم التصادم بينها وبين النسبية وكيفية التوفيق بينهما، نتناول في فصل كامل بعض الغرائب التي أنجبتها لنا فيزياء القرن العشرين، على ألَّا نتقيَّد بالنظريات كما

تقيَّدنا في الكتاب كله، فهذا الفصل تحديدًا نَغلب فيه الخيال على الحقيقة ونشطح إلى حيث تأخذنا أفكارنا وفلسفتنا التي بُنيت في الأساس على النظريات الفيزيائية.

بالتالي فإن الفصل الأخير لا يقدِّم حقائقَ بقدر ما يقدِّم خيالًا بُنِي على بعض الحقائق؛ وهذا أقل ما تُجيزه لنا الفيزياء التي تعدَّت نظرياتها حدود المألوف، وقلبت كل المعايير وجعلت واقعنا زيفًا محضًا وحالةً شاذة على واقعٍ حقيقي آخر لا نعلم عنه شيئًا. على هذا الأساس فإني أعطي الإذن للقارئ بأن يبدأ الكتاب بقراءة الفصل الأخير قبل الفصل الأول، إذا لم يكن قد قرأ كثيرًا من كتب الفيزياء؛ لأن الفصل الأخير سيدفعه دفعًا إلى قراءة النظريات التي وصلت بنا إلى هذا الجموح اللّامعقول، وهو بالضبط ما يوضّحه الكتاب في سرده لحكاية عنوانها «علم الخيال».

∞ ∞ ∞ ∞ ∞

الفصل الأول

قبل البـدايــة

«كان نموذج بطليموس يحتوي على كثيرٍ من الغرابة والخلل، ومع ذلك كان مقبولًا بشكلٍ كبير، وزاد قبوله عندما اتخذته الكنيسة كصورة للكون تتفق مع الكتاب المقدس، فخَلْف مدارات النجوم يوجد متسع كبير مجهول عند بطليموس؛ لذلك يبدو هذا المتسع مناسبًا لوجود الجنة والجحيم»!

عادة ما تبدأ أعظم قصصِ الحب بمجرد نظرة، نظرة واحدة يتغيَّر بعدها كل شيء، وقصتنا هي أعظم قصص الشغف والحب على الإطلاق، وأولاها، وقد بدأت بنظرة إلى الأعلى.

لا يمكننا أن نحدِّد بدقة متى كانت هذه النظرة، إلَّا أننا نستطيع أن نشعر بها ونجدِّد أثرها في النفوس بتكرارها؛ ففي لحظةٍ ما، نظر الإنسان إلى السماء ليرى عالمًا غير عالمِه، عالمًا يحيط به من كل اتجاه، عالمًا واسعًا فسيحًا يَسَعُ العقولَ الجامحة التي تضيق بها الأرض، ليرى دُرَرًا تتلألأ في خلفية زرقاء داكنة يختلف لونها من الأحمر إلى الفضِّي إلى الأزرق، ليرى القمر بازغًا فتَّانًا لدرجة تجعله معيار الجمال في جنسنا إلى يومنا هذا، ويرى أعراسًا واحتفالات سماوية تزيِّنها نيازك مختلفة ألوانها، ويرى الشمس زاهية كأنها ملكة النهار بكل خَدَمِه.

وما لبث أن أسر هذا العالمُ الجديد عقلَ الإنسان وقلبَه، ووضعه في حيرة وتعجبٍ.. وأحيانًا في خوف.

فليس كل ما يراه يغمره بالجمال فقط؛ فهناك لحظات أخرى يختلط فيها الجمال مع القسوة، ويشتد فيها البرد في ظلمة الليل، ثم يتساقط المطر كأنه بقايا معركة تحدث في السماء لا يُرى منها إلا ومضات البرق المخيفة، وأصوات الرعد المرعبة، فيحل الفزع محل الإعجاب والغموض محل الجمال.

وإذا فزع الناس، انتشرت الأساطير.

لم تكُن تلك الأساطير والقصص إلَّا واقعًا في حياة من ابتدعها ومن صدَّقها؛ كانت بالنسبة لكثيرٍ هي العلم، والعلم هو الأساطير؛ فلا عجب أبدًا من أن ترد إلينا أخبارٌ تقول إن معركة «هيستنغز» الشهيرة حُسمت بسبب خوف جيش الملك «هارولد» من مذنبٍ تطفَّل على سمائهم، على الرغم من تفوقهم في بداية المعركة.

لم يكُن ذلك فيما يخُصُّ علوم الفلك والفيزياء وحسب، بل إن الأساطير شاعت في العلوم الطبيعية الأخرى أيضًا؛ فلقد كان علم الأحياء لا يتعدَّى الوصف الخارجي للمخلوقات، بالإضافة إلى حجم هائل من الخرافات مثل الكائنات التي تمتلك أكثر من رأس أو ذلك التنين الذي يُخرج من فيه نارًا عظيمة، وظلَّ الأمر على هذا الحال حتى عودة السفينة الإنجليزية «بيجل» عام ١٨٣٦م بعد رحلة دامت قرابة خمس سنوات، محمَّلة بذخيرة علمية وأبحاث وكائنات للتجارب، فنقلت علم الأحياء نقلة حقيقية وأصَّلت له قواعدَ ثابتة.

إنّ الفكر العلمي الحالي ما هو إلا ارتقاء في فكر ما قبل العلم، والكون بفضائه كان له دورٌ أساسي في فكر ما قبل العلم، وهذا الفكر لا يتعدَّى مجرد تصوُّر بدائي يُعبِّر عن محاولة للفهم مبنية على نوع فريد من الشغف؛ لذلك نشأ عنه فيض من الشطحات الدينية والأسطورية؛ ولقد جاء العلم بعد ذلك لتهذيب هذه الأفكار وخلق إطار سليم لهذه التصورات.

لم تكُن الشعوب الأوائل يريدون أن يفسِّروا كل شيء في الكون بدقة شديدة حتى يتمكنوا من الظواهر الفزيائية، والقوانين الثابتة، ويتطوروا في صناعة الإلكترونيات، لكنَّهم على أقل تقديرٍ فسَّروا فقط الظواهر التي تتحداهم كل يوم ولا يمكن أن يتجاهلوها، كالليل والنهارً وحركة الشمس غروبًا وشروقًا، حتى وإن أخذ التفسير شكلًا من الماورائيات أو الأسطورية؛ فمثلًا: آمن الفراعنة بأن عمليتي الشروق والغروب ما هما إلَّا رحلة لإله الشمس «رع» بقاربه، تبدأ من الشرق وتنتهي إلى الغرب، وهكذا يتكوَّر النهار على الليل.

وعلى الرغم من كثرة الأساطير الفلكية في حضارة الفراعنة، فإنهم كانوا من أبرع الحضارات فهمًا لحركات الشمس والنجوم والقمر، وهنا تجدر الإشارة إلى أن انتشار الأساطير لم يقف عقبة في وجه تطور الحسابات الفلكية في معظم الحضارات القديمة.

أمَّا في الفلسفة الإغريقية، فقد سادت بعض الاعتقادات العجيبة، كأن يُقال إن الدافع وراء سقوط الأجسام إلى أسفل دائمًا هو أنها تحنُّ وتشتاق إلى أن تتحد مع الأرض! أو أن تلك الأجسام والأجرام المتحركة كلها ستقف يومًا ما بسبب الإرهاق!

تعددت النظرات والقصص والحقائق من حضارة إلى أخرى، بتطورٍ شبه ملحوظ، حتى إن معظم الحضارات القديمة استطاعت أن تحدد عدد أيام السنَّة بدقّة مبكّرة، كالفراعنة، والبابليين ([1])، والكلدانيين ([2]).

إن الدافع الحقيقي الكامن وراء هذا السعي الحثيث الذي لم يخمد أبدًا منذ النظرة الأولى، وأنتج طوفانًا من التفسيرات والحسابات الدقيقة وصبغها بالأساطير، هو ببساطة متعة الإنسان في أن يفهم، وهي حقيقة متأصّلة في بني الإنسان، ولقد قالها «آينشتين» عندما سأل نفسه في مقالٍ في مجلة «scientific american»: لماذا نضع النظرية تلو الأخرى؟ فقال: إننا نستمتع بالفهم كما نستمتع بالموسيقى، وهو استمتاع يمكنك ملاحظته بشدة في الأطفال.

ولعلَّ هذا الاستمتاع بالفهم هو الذي قادنا، منذ القدم، إلى ذلك الوهم الذي يدَّعي أن الإنسان قادرٌ على إدراك الكون عن طريق التفكير والتأمُّل فقط دون الحاجة إلى أساس تجريبي، وهو الأمر الذي جعل النظرة القديمة تبدو وكأنها ميتافيزيقا خالصة على الرغم من وقوف أصحابها على حسابات فلكية دقيقة ساعدتهم في بناء حضاراتهم.

هكذا ظلَّت نظرة الشعوب إلى الكون هي نظرة تفسِّر الضرورات العملية التي يحتاجون إليها، ولكن كانت بداية التوغُّل التي خلدتها كل الأدبيات الأوروبية في أمور الفلك والطبيعة بشكل منهجي وثابت يتناوله جيلٌ بعد جيل، عند الحضارة الإغريقية، وإن كانوا قد تلقوا الكثير من فهمهم عن الكون من غيرهم، كما ذكر «نيوتن»!

على هذا الأساس، يمكننا القول: إنها أول حضارة تقحم نفسها في الكون وعلم الفلك بشكل شبه علمي، وتقوم بمحاولة لفهم الكون كله بأطرافه البعيدة، وعلاقات أجرامه ببعضها؛ إذ قام «أرسطو» بإثبات شيء مهم جدًّا، فحتى هذا العصر وقبل «أرسطو» كان الاعتقاد السائد لدى الجميع هو نظرية الفيلسوف «أناكسيماندر» التي تقضي بأن الأرض مُسَطّحة وأنها هي مركز الكون وتحيط بها قبة ضخمة وراءها نار مشتعلة، وتلك النجوم والقمر والشمس مجرد ثقوب في هذه القبة نرى منها أجزاء من الاشتعال الذي خلفها متفاوت الدرجات!

تخيَّل أنك نصبت لنفسك خيمة في صالون بيتك، وأن سقف البيت كله مُشتعل، لكن مادة الخيمة كانت سميكة للحد الذي يجعلك لا ترى السقف المشتعل، ومع ذلك فإنك فوجئت بأن هناك ثقبًا دائريًّا أتاح لك رؤية جزء من نار السقف على شكل كرة مشتعلة، وأن هناك منطقة مستديرة أخرى في الخيمة ضعفت مادتها بشكل أتاح لك رؤية جزء جديد من السقف المشتعل ولكن بضوء أكثر خفوتًا ممَّا أتاحه لك الثقب السابق، وأن هناك نقاطًا كثيرة دقيقة في الخيمة بدأت تضعف فأصبحت ترى بعددها نقاطًا مضيئة إضاءات خافتة مختلفة الدرجات. رأى «أناكسيماندر» خيمتك على أنها قبّة مضروبة على الأرض، يظهر من ثقوبها المتنوعة الشمس والقمر والنجوم.

غير أن «أرسطو»، في كتابه «عن السماوات»، ذكر دليلين قويين على أن الأرض كرة مستديرة، وليست مسطحة.

الدليل الأول هو: أن حالاتِ خسوف القمر تحدث بسبب وقوع الأرض بين الشمس والقمر، وعندها يكون ظِلُّ الأرض على القمر دائمًا مستديرًا، وهذا لا يكون إلَّا إذا كانت الأرض كروية، فلو كانت مسطحة لكان ظِلُّها إهليجيًّا (بيضاويًّا) إلَّا إذا كان الخسوف يحدث دائمًا في وقت تكون الشمس فيه تحت مركز قرص الأرض المسطح!

والدليل الثاني هو: اختلاف رؤية النجم الشمالي من المناطق الشمالية والمناطق الاستوائية؛ حيث لاحظ «أرسطو» أن النجم الشمالي يبدو فوق الناظر إليه مباشرة إذا كان في القطب الشمالي أو المناطق الشمالية، ولكن عند رؤيته من المناطق الاستوائية أو القريبة منها يظهر وكأنه يسقط على الأرض عند الأفق.

بهاتين الحُجتين القاطعتين، استطاع «أرسطو» أن يبرهن كروية الأرض، إلَّا أنه آمن، كمن كان قبله، أن الأرض ثابتة وأن الشمس والقمر والكواكب تدور في أفلاك دائرية حولها، وكان هذا أقرب إلى الكمال من وجهة نظره الفلسفية.

صمدت هذه الفكرة صمودًا طويلًا.

لم تصمد فكرة مركزية الأرض وحسب؛ بل إنها تطورت!

في القرن الثاني بعد الميلاد طوَّر «بطليموس» هذه الفكرة لتصبح نموذجًا كاملًا. الأرض تقف في المركز تحيط بها ثماني كرات دائرية تحمل القمر والشمس والنجوم والكواكب الخمسة المعروفة وقتها (عطارد، الزهرة، المريخ، المشترى، زحل).

والكواكب نفسها تتحرك في دوائر أصغر متصلة بالكرات المختصة، وآخر تلك الكرات (المدارات) هو المدار الذي يحمل النجوم الثابتة التي تبقى دائمًا في

المواضع نفسها بالنسبة لبعضها، لكنها تدور معًا عبر السماء.

وما يقع بعد ذلك كان في دائرة المجهول!

في نظرية «بطليموس»، كانت مسارات الكواكب تتحدَّد بما يُعرف باسم «أفلاك التدوير»، وفلك التدوير هذا هو مدار كوكبي صغير يقع مركزه على محيط مدار كوكبي أكبر يسمى الفلك الحامل، كأن ترسم دائرة يكون مركزها على محيط دائرة أخرى أكبر، ولعل هذا التعقيد كان سببه هو محاولة «بطليموس» تفسير بعض الحركات التي لا تتفق مع نظريته، خاصة الحركات التقهقرية للمريخ والمشترى وزحل.. لينتهي بذلك الفكر الإغريقي الفلكي إلى نظرية مركزية الأرض.

وعلى الرغم من أن نموذج «بطليموس» يحتوي على كثير من الغرابة والخلل فإنه كان مقبولًا بشكل كبير، وزاد قبوله بعد ذلك في أرجاء أوروبا عندما اتخذته الكنيسة كصورة للكون تتفق مع الكتاب المقدس؛ فالكنيسة تحتاج إلى مكان في هذا الكون الفسيح لتضع فيه الجنة والجحيم، وخلف مدارات النجوم يوجد متسع كبير مجهول عند «بطليموس»؛ لذلك يبدو هذا المتسع مناسبًا لوجود الجنة والجحيم!

بعد زمنٍ من خضوع القارة العجوز للحضارة الرومانية التي كانت مشغولة بالقوة العسكرية والحروب والسيطرة والامتداد، انهارت الإمبراطورية ودخلت أوروبا في قرونها المظلمة بعد كل شيء. لم يكُن أحدٌ يعلم أن هذا النفق المُظلم سيطول ليصل إلى عشرة قرون كاملة!

لحسن الحظ، عندما دخلت أوروبا في غيابات الجبِّ كانت الحضارة الإسلامية في أوجها، ما جعل حركة هذه المعرفة لا تتوقف أبدًا؛ إذ حافظ علماء المسلمين على ميراث الفلاسفة الإغريق وأفكارهم وما توصلوا إليه من علوم، وقاموا بترجمتها، وتنقيحها، وتصحيحها.

ولم تقف الحضارة الإسلامية عند ذلك، بل خرج فيها طوفان من العلماء الذين برعوا في الفيزياء؛ ففي أواخر القرن العاشر الميلادي وُلِد «الحسن بن الهيثم»، وهو أحد أهم مَن كتب في الفيزياء على الإطلاق. استطاع هذا الحَبْرُ أن يُحدث ثورة في علم البصريات؛ فقبله كان السائد عند الجميع، سواء أكانوا علماء أم عاديين، أن شعاع الضوء يخرج من العين ويقع على الأشياء فتتم الرؤية.

لكنّ «ابن الهيثم»، في كتابه «المناظر» ذي المجلدات السبعة، كان له رأي آخر.

رفض «ابن الهيثم» فكرة أن الإبصار يتم اعتمادًا على أشعة الضوء المنبعثة من العين وفق ما يُعرف بـ«نظرية الانبعاثات»، مُعَلِّلًا ذلك بأنه لا يمكن أن ينطلق من العين شعاع يصل إلى النجوم البعيدة بمجرد أن نفتح أعيننا، ووضع بدلًا من ذلك نظرية ناجحة للغاية أثبتتها التجربة؛ هذه النظرية تقول إن عملية الرؤية تتم نتيجة خروج أشعة الضوء من كل نقطة في الشيء إلى العين.

كما أثبت «ابن الهيثم» أن الضوء يمشي في خطوط مستقيمة، وهو أول من قال إن شعاعَ ضوءٍ واحدًا يمر من ثقب صغير، قادرٌ على أن يُظهر كل شيء في الجانب الآخر؛ واضعًا بذلك حجر الأساس لاختراع الكاميرا فيما بعد! وفي نظام الكون على وجه الدِقَّة، كان «ابن الهيثم» أول من شكك في نظرية «بطليموس» من خلال أسلوب علمي سليم، معتقدًا أن نموذج «بطليموس» هو نموذج فاشل في الخصائص

الفيزيائية للحركة الدائرية المنتظمة، وأضاف أن «بطليموس» استخدم الحدس في نظرياته بدلًا من تسجيله الملاحظات حول الظواهر!

كانت أعمال «ابن الهيثم» في الفيزياء مهمة جدًّا، ومؤثرة إلى حَدٍّ بعيد، ولقد آمن كثيرٌ من العلماء فيما بعدُ أن «ابن الهيثم» هو أول من استخدم الأسلوب العلمي في نظرياته، أي أنه هو أول عالم حقيقي.

في النصف الأول من القرن الرابع عشر الميلادي، كان علما الفلك والرياضيات يحتلان مكانة كبيرة عند الدولة الإسلامية، وقد ساعد على ذلك ظهور فلكيين ورياضيين بارزين في الفترات التي تلت «ابن الهيثم»، مثل «نصير الدين الطوسي» وغيره ممَّن كان لهم دراية موسوعية في العلوم الطبيعية، وازداد عدد المؤلَّفات المختصة بالفلك وتم اختراعُ عَدَدٍ لا يُستهانٍ به من أدوات القياس والرصد والتوقيت، وتأسس «مرصد مراغة»، الذي كان يمثل قِبلة حقيقية لعلم الفلك. ولمَّا تراكمت الأفكار والتحليلات والدراسات للنظريات القديمة، وعلى رأسها نظام «بطليموس»، خرجت ثورة من الأبحاث من علماء المرصد، ضِدَّ فكرة مركزية الأرض، لعدم تماشيها مع الملاحظات الاستنباطية.

في هذه الأوقات، كان «أبو الحسن ابن الشاطر» يعمل رئيسًا للمؤذِّنين في المسجد الأموي بدمشق ومُنسِّقًا لمواقيت الصلاة، كانت هذه الوظيفة تتطلَّب من شاغلها أن يكون على قدرٍ ما من المعرفة الحسابية والفلكية، لكنّ السماء جذبت قلب «ابن الشاطر» وجعلَته معلَّقًا بالفلك وحركات الكواكب، الأمر الذي دفعه إلى القيام برحلة علمية واسعة، قطع فيها مسافات كبيرة ـ وهي سُنَّة طُلَّاب العلم المسلمين وقتها ـ فذهب إلى القاهرة والإسكندرية وبغداد، ولمَّا زاد علمُه وأصبح من أبرع المعروفين في علم الفلك، تزعَّم تيار «مراغة»، المناهض لأفكار «بطليموس»، وتعجَّب من أن «ابن الهيثم» و«الطوسي» قد علما عوار النظرية ومع ذلك لم يستبدلاها استبدالًا كاملًا واكتفيا بنقدها. وعمل بنفسه على وضع منظومة صحيحة لآلية عمل الكون، مُتجاهلًا تعاليم «أرسطو» ومُسقطًا نظام «بطليموس»، معتمدًا على تراكم الملاحظات التي لا تتفق مع النظام البطلمي؛ فالتغيُّر في شروق الشمس وغروبها يُعتبر شذوذًا عن حركة باقي الأجرام إذا كانت كلها تدور حول الأرض فعلًا، بالإضافة إلى عدم تفسير «بطليموس» حركات أخرى شاذة تقوم بها الكواكب، ولكن إذا قُمنا بقلب المنظومة وجعلنا الأرض والكواكب تدور حول الشمس، والقمر فقط يدور حول الأرض، تخلو الحركات تقريبًا من جُلِّ الشذوذ، على الأقل وفقًا للرياضيات المعروفة وقتها.

كانت أوساط المتخصصين من المسلمين على أتم استعداد لتقبّل نظام «ابن الشاطر» الجديد، فذاع صيته واشتهر، وساعد على ذلك قربه من الخليفة العثماني «مُراد الأول» الذي كان يطلب منه إعداد جداول الحركات السماوية وتوقيتاتها؛ وقام «ابن الشاطر» بتطوير «الإسطرلاب» واختراع أجهزة قياس بسيطة مُهِمَّة مثل «المزولة» التي تعتمد على الظل في توقيت النهار، وألّف أكثر من ثلاثين مؤلَّفًا، كان أهمها: «نهاية السؤال في تصحيح الأصول»، الذي ضمَّنه نظام مركزية الشمس الجديد.

كانت هذه الحقبة من أهم فترات ولادة العلوم بصفة عامة والعلوم الطبيعية بصفة خاصة، وهي المِداد الحقيقي لعلوم أوروبا في نهاية قرونها المظلمة، فبالنسبة

لأوروبا يمكن لكاتبي تاريخها أن يعتبروا هذه الفترة فترة ظلام وكهنوتٍ واقتتالٍ وجهل، لكن بالنسبة للعالم وتاريخ العلم، فهي فترة مشرقة وُضِع فيها حجر الأساس لمختلف العلوم.

في كتابه «فجر العلم الحديث»، يقول «توبي هيف»: لقد كان العلم العربي بمجموعه في الرياضيات والفلك والفيزياء والبصريات والطب أرقى علم في العالم. إن هذه الفترة مثّلت إنجازات كبيرة في العلوم الطبيعية، ويظهر هذا الإنجاز جليًّا في وضع نماذج فلكية صحيحة لنظام الكون.

بعد كل ما مضى، أصبح فهم البشرية للكون جاهزًا ليبدأ بداية حقيقية، بعد مروره على عدة حضارات، جامعًا بين عقول متباعدة مكانيًّا وزمنيًّا؛ وساعد على هذه البداية ـ على الرغم من تعرُّض التراث العلمي الإسلامي للغزو والنهب ـ خروج بعض أجزاء أوروبا من القرون المظلمة ولو نسبيًّا، أو حتى على المستوى الفردي؛ فهل يمكن للنظرة الفردية أن تغير كل شيء بخصوص الكون وأفكاره القديمة؟

هذه حكاية صراع الشغف وحب الفهم، الذي دفع بني الإنسان إلى التوغُّل إلى أعماق الكون منذ القدم، وإلى يومنا هذا، مُستهدِفًا سبر أغواره حتى يعلن أنه صاحب السيطرة، وليس مجرد كائن صغير لا يُذكر وسط أجرامه الكبيرة.

∞ ∞ ∞ ∞ ∞

الفصل الثاني
البدايـــة

«لقد كان على كيبلر أن يجد وسيلة ما لإحلال النظام محل الفوضى، وكانت خطوته الأولى أن يحدد حركة الأرض أولًا، وإذا اعتمد على الأرض والشمس والنجوم الثابتة فقط، فإنه من المستحيل أن يحدد حركة الأرض؛ حيث إن كل ما يستطيع ملاحظته تجريبيًّا في هذه الحالة هو تغير اتجاه الخط الذي يربط الشمس بالأرض على مدار السنة».

بينما كانت أوروبا غارقة في الظلام على مدى قرون، كانت قوة الكنيسة تزداد بشكل سريع ومطرد، حتى إنها باتت السلطة التي لا يمكن أن تُعارَض أبدًا، والوقوف في وجهها كان كافيًا ليلقى الشخصُ مصيرًا مؤلمًا.

أدَّت سلطة الكنيسة إلى تقويض حركة معظم العلوم، فلا يمكن أن يخرج رجل يقول إنه عالِم ثم يُخالف قول الكنيسة ومعتقداتها، وإن كانت بالية؛ فهي السلطة العظمى، وصاحبة العلم المطلق الذي لا يُخطئ، وكنتيجة طبيعية لهذا كانت الأساطير، والتفسيرات الدينية تزداد شيئًا فشيئًا، فقد يكون مرور مذنَّب في مدار الأرض هو نتيجة لغضب الإله.

وربما أتت سلطة الكنيسة بهذا الشكل الغريب لأنها كانت هي الراعي لتوحيد الإقطاعيات الأوروبية التي قامت على أنقاض الإمبراطورية الرومانية، والتي استطاعت فيما بعدُ أن توجِّه هذه الإقطاعيات الصغيرة بعسكرها إلى حروبٍ وحملاتٍ صليبية في اتجاه الشرق بدلًا من أن تتحارب فيما بينها.

ولمَّا كانت الكنيسة مؤيِّدة لنموذج «بطليموس» ومركزية الأرض، أصبحت هذه النظرية حقيقة دينية لا يمكن إنكارها.

وفي فبراير عام ١٤٧٣م، كان هناك رجل أعمال ناجح في مدينة «تورون» البولندية يستقبل وليده بمشاعرِ الأبوَّة المعروفة، إلَّا أنه لم يستمتع به طويلًا؛ فبعد عشر سنوات مات الرجل تاركًا هذا الصبي ذا السنوات العشر ليعيش في كنف أُمِّه، وعائلته المتدينة في بيت مُفعم بالثراء الظاهر.

تربّى هذا الصبي «نيكولاس كوبرنيكوس» في رعايةٍ وتدليل من خاله الذي كان أسقفًا، وبفضله دخل الجامعة ثم انتقل إلى إيطاليا لدراسة القانون الكهنوتي، فتزامن وجوده في إيطاليا مع وجود نهضة كبيرة فيها، حتى إن دويلاتها، من أمثال فلورنسا وفينيسيا، أصبحت وثيقة الارتباط بعصر النهضة لدرجة منعت الانتباه أحيانًا إلى تطور المناطق الأخرى في الفترة نفسها، فإلى الآن ما زالت بعض الأدبيات التاريخية تجعل عصر النهضة صناعة إيطالية محضة، مُتجاهلة تطور شمال أوروبا وشبه جزيرة أيبيريا والدولة العثمانية. وفي هذا دليل كبير على أن ما شهدته إيطاليا في هذه الفترة كان تغيرًا جذريًّا، ومثل هذا التغير سيكون له أثره بالتأكيد على عقل طالب جاء إليها من بولندا.

أحب الشاب البولندي الرسم، والرياضيات، والفلك، والفلسفة.. ثم التحق بكلية الطب، وأحبه أيضًا، ويمكن القول إن «كوبرنيكوس» أُغرم بكثير من العلوم إلَّا القانون الكهنوتي الذي كان سببًا في سفره إلى إيطاليا، وبفضل خاله مرة أخرى مُنح «كوبرنيكوس» تصريحًا ليشغل وظيفة كاهن.

طالت مُدّة وجود «كوبرنيكوس» في إيطاليا، وكان قد عكف على دراسة الفلك، ومراقبة حركة الأجرام السماوية ورصدها، وأخيرًا وبعد مدة طويلة عاد إلى بولندا ليسكن في منزل مهيَّأ تمامًا لأعمال الرصد والفلك التي أصبح لا يطيق الابتعاد عنها. بجانب عمله كطبيب، وكاهن، وسياسي ومُشَرِّع واقتصادي في بعض الأحيان، كان دائمًا ما يجد الوقت لمواصلة أعمال الرصد لحركات الأجرام، إلى أن جاءت اللحظة الفارقة.

تلك اللحظة هي التي أسفرت عن نظريته التي ستُحدث ثورة علمية فيما بعد؛ إذ لاحظ «كوبرنيكوس» أن حركات الأجرام السماوية، وفقًا لرصده، لا تتفق مع نظرية مركزية الأرض، بل آمن بأنه لكي يتم فهم حركة هذه الأجرام بشكل سليم لا بُدَّ من التخلي عن نموذج «بطليموس» تمامًا، وبتدقيق أكثر اكتشف أن حركات الأجرام تتفق كما لو كانت الكواكب، بما فيها الأرض، هي التي تدور حول الشمس، بل أن كثيرًا من حركات الأجرام تدل على أن الأرض نفسها تدور حول محورها!

ولأول مرة في أوروبا يُقال صراحة: كان «بطليموس» على خطأ، والكنيسة كذلك!

كل أعمال الرصد لديه تدل على هذا بوضوح شديد. وكان «كوبرنيكوس» قادرًا على إثبات ذلك بأدلة غاية في البساطة لدرجة تجعلها لا ترقى إلى أن تكون أدلة في مجتمعنا العلمي الحالي؛ فمثلًا: كان يرى من خلال الرصد أن النجوم تسبح بسرعة عالية جدًّا في كُرَتِها التي حدَّدها «بطليموس»، ومع ذلك تظل محافظة على نفس المسافات والنمط الذي بينها وبين بعضها، فلِمَ لا تكون الأرض هي التي تدور حول نفسها فتعطينا هذه النتائج عند الرصد؟ ما دفعه، في عام ١٥١٠م، إلى صياغة نظرية جديدة على فروض مغايرة تمامًا للقديم، مثل الادّعاء بأن الأرض والكواكب تدور حول الشمس في أفلاك دائرية، وأن الأرض نفسها تدور حول محورها.

صاغ ذلك في كتاب بعنوان «تعليق صغير»، ولكن لم يره الناس ككتابٍ منشورٍ بشكلٍ رسمي وقتها.

كان «كوبرنيكوس» شديد الحنق على نظرية «بطليموس» التي طالما وصفها بالمعقدة بسبب شدة تعقيد مسارات الكواكب فيها، بالإضافة إلى أنه كان لا يعتقد أن الكواكب الخمسة المعروفة تستغرق الوقت نفسه لإتمام دورة كاملة حول الأرض! وهو الأمر الذي أكده «بطليموس» في نظريته. بات وضع «كوبرنيكوس» مُحيِّرًا ومُقلقًا؛ فهو يخاف أن ينشر نظريته بشكل صريح في الوقت الذي تتبنَّى فيه الكنيسة نظرية «بطليموس»، إلَّا أنه كان يشرح نظريته الخاصة لأصحابه ويسرِّب منها التفاصيل شيئًا فشيئًا.

استغرق «كوبرنيكوس» سنوات لوضع نظريته بشكل واضح، وبلورة حساباتها في كتاب واحد، سمّاه «حول دوران الأجرام السماوية»، الذي احتوى على النتائج نفسها التي كان قد توصَّل إليها «ابن الشاطر»، حتى إن بعض الأخطاء في نموذجه كانت الأخطاء نفسها في نموذج «ابن الشاطر» (في عام ١٩٧٣م، تم اكتشاف

مخطوطات «ابن الشاطر» التي تحوي نظامه وحساباته ونتائج رصده في مسقط رأس «كوبرنيكوس» ببولندا، الأمر الذي دفع بعض الباحثين إلى اعتبار «كوبرنيكوس» مجرد ناقل، و«توبي هيف» يوضح هذا الاتهام أكثر في «فجر العلم الحديث»، قائلًا: إنَّ الباحثين بيَّنوا بشكل يثير الإعجاب الخطوات المختلفة التي اتُّخذت في الفكر الفلكي الإسلامي وأدت في القرنين الثالث عشر والرابع عشر إلى تطوُّر تصوُّر لنظام الأجرام السماوية كان معادلًا من الناحية الرياضية لنظام «كوبرنيكوس»، ويعني ذلك أنه استعمل مزدوجة «الطوسي» وأن نماذجه الفلكية مستمدَّة من نماذج مدرسة «مراغة» ومطابقة لنماذج «ابن الشاطر». ونحن هنا في «علم الخيال» سنفترض أنه على أقل تقدير قد درس أعمال «ابن الشاطر» واستفاد منها؛ لأن الفصل في هذه المسألة مبحثٌ لا يهدف إليه الكتاب، ولكن ما يعنينا في سردنا هذا أن ظهور نموذج مركزية الشمس في أوروبا كان بداية لعلم الفلك، خاصة أن أوروبا ستأخذ زمام هذا العلم منذ تلك اللحظة وإلى يومنا هذا).

في عام ١٥٤٣م، وبعد تَعرُّضٍ «كوبرنيكوس» للضغط من أصدقائه، وافق أخيرًا على نشر كتابه وتَحَمُّلِ عُقباه، إلَّا أنه كان قد أقعده مرض الموت، وبالفعل في الوقت الذي كان الكتاب يواجه المجتمع الديني والعلمي، كان «كوبرنيكوس» قد تحوَّل إلى رفات تحت أرض «فرومبورك»، التي أُعِيدَ دفنُه في كاتدرائيتها عام ٢٠١٠م.

بقدر ما أحدث اكتشاف الإسبان جبال الفضَّة في بوليفيا ضجة في غرب القارّة، أحدث كتاب «كوبرنيكوس» ضجّة في وسطها..

وعلى الرغم من أن أحد أصدقاء «كوبرنيكوس» كان قد أضاف مقدمة للكتاب ـ ليتقي الكنيسة ـ يشير فيها إلى أن ما توصَّل إليه الكاتب ليس حقيقة علمية ثابتة، بل مجرد انطباع عادي، وعزف منفرد لن يطول حتى ينسجم مع باقي الفرقة والأفكار السائدة، فإن الكتاب كان ضربة قوية في صدر التحكم الكهنوتي وسيطرته، وكان بداية لتمهيد الطريق أمام علم الفلك الحديث.

ليس هذا فحسب، بل إنه ساعد على إحداث تغيير حاسم في وضع الإنسان تجاه الكون؛ فبمجرد أن سلَّم الإنسان بأن الأرض ليست مركزًا للكون، إنما مجرد كوكب من أصغر الكواكب، انهار الوهم الذي سيطر على الإنسان طويلًا بأن له قدرًا ومغزًى مركزيًّا يُسامي آلهة الأولمب، وهكذا عَلَّمَ «كوبرنيكوس» الإنسان أن يكون متواضعًا، على حد تعبير «آينشتين».

انقسمت الآراء الدينية حول ما قدَّمه «كوبرنيكوس»؛ إذ اعتبرت الكنيسة الكاثوليكية أن كتابه هو أحد الكتب الجديرة بالتحريم لأنها هرطقة؛ وشمل هذا الرأي جزءًا كبيرًا من البروتستانت أيضًا، ولقد علَّق «مارتن لوثر»، وهو القس الألماني الشهير في هذه الفترة وأحد أعمدة عصر النهضة ـ وأكثر رجال الدين تفتُّحًا ـ على كتاب «كوبرنيكوس» قائلًا: «هذا الأحمق يريد أن يقلب لنا علم الفلك كله، إلَّا أن الكتاب المقدس يخبرنا بأن يوشع أمر الشمس بأن تقف ساكنة وليس الأرض». ومن المفارقات العجيبة أن «مارتن لوثر» نفسه كان على عداء كبير مع الكنيسة، وكثيرًا ما اتُّهِمَت كتاباتُه بالهرطقة، ولقد كان هو المُعادي الأول لصكوك الغفران.

على الصعيد العلمي الذي لا يكاد ينفك عن الصعيد الديني وقتها، تشاكل الأمر على الفلكيين أيضًا؛ فمنهم من أعجب بالحسابات الرياضية التي شملتها نظريته، ومنهم

من وافق الكنيسة الكاثوليكية!

كانت نظرية «كوبرنيكوس» قوية جدًّا مقارنة بنظرية «بطليموس»، وحسابات الأولى كافية لتدحض الثانية تمامًا، إلَّا أنَّها لم تكُن سوى ارتباك واستشكال في الوسط العلمي وقتها، فلم يكُن الأمر سهلًا أبدًا؛ حتى على عوامِّ الناس؛ إذ تُظهِرُ لهم حواسهم، وكلُّ ما يرون، حقيقة معاكسة تمامًا لنظرية «كوبرنيكوس»، وفي هذا الصدد يقول «هانز ريشينباخ»، الذي كان أستاذًا في فلسفة العلوم: «تطلَّب القول إن الأرض لا تحتل مركز العالم قدرًا هائلًا من مران الفكر للاعتقاد بصحة هذا القول، ونحن لا نشعر بمثل هذا اليوم؛ لأننا نشأنا منذ الطفولة في كنف التصور الكوبرنيكي للعالم».

باتت نظرية «كوبرنيكوس» الوليدة خائفة ترتجف، تنتظر من يُدعمها ولا يخشى الكنيسة!

ظلَّ المجتمع العلمي في هذا التشوش الذي خلَّفه «كوبرنيكوس» وراءه طول نصف قرنٍ تقريبًا.. وفي عام ١٦٠١م مات الفلكي الدنماركي «تيكو براهي» في براغ، تاركًا وراءه تَرِكة علمية ضخمة، وآلة رصد من تصميمه تقيس ارتفاع الأجرام السماوية؛ ورثَ ذلك كله تلميذه ومساعده «يوهانس كيبلر».

كان «كيبلر»، الألماني الأصل، معجبًا بالنظام الكوبرنيكي منذ شبابه، وفي الوقت الذي لم يخطر على بال أحد أن هناك قوانين عامة تحكم الظواهر الطبيعية، كان يؤمن بوجود هذه القوانين، وقد دفعه إيمانه هذا إلى وهب عشرات السنين من عمره للعمل الشاق في سبيل البحث التجريبي عن حركات الكواكب والقوانين الرياضية لهذه الحركات، على الرغم من أنَّ الوصول إلى مثل هذه القوانين وضبط حركة الكواكب رياضيًّا لم يكُن أمرًا سهلًا أبدًا.

وحتى تدرك كم كان صعبًا أن يتم تحديد حركة الدوران الفعلية حول الشمس تمعَّن معي في هذه الحقيقة: إننا لا نستطيع أبدًا، من على كوكبنا هنا، أن نرى الموضع الحقيقي لكوكبٍ ما في لحظة معينة! إن كل ما يمكن أن نراه هو مجرد اتجاه هذا الكوكب بالنسبة للأرض؛ فإذا كانت الأرض نفسها تتحرك بصورة مجهولة (حتى ذلك الوقت) فإننا من بالغ الصعوبة أن نحدد مكان كوكب ما!

هل هناك فوضى غير خاضعة لأي نظام تحكم الكون؟

لقد كان على «كيبلر» أن يجد وسيلةً ما لإحلال النظام محل الفوضى، وكانت خطوته الأولى أن يحدد حركة الأرض أولًا، وإذا اعتمد على الأرض والشمس والنجوم الثابتة، فقط، فإنه من المستحيل أن يحدد حركة الأرض؛ حيث إن كل ما يستطيع ملاحظته تجريبيًّا في هذه الحالة هو تغيُّر اتجاه الخط الذي يربط الشمس بالأرض على مدار السنة، وكل الاتجاهات التي سيأخذها هذا الخط (الشمس ـ الأرض) موجودة في مستوى ثابت بالنسبة للنجوم الثابتة، أي أن نتيجة الملاحظة عندها ستبيِّن فقط حركة الشمس بالنسبة للنجوم الثابتة!

ويمكن أيضًا، من خلال الملاحظة نفسها، أن نعرف أن السرعة الزاوية ([3]) لهذه الحركة تتغيَّر على مدار السنة، ولكن لم يكُن لهذا الاستنتاج أي فائدة؛ لأنه لم يكُن معلومًا كيف تتغيَّر المسافة بين الأرض والشمس على مدار السنة، ومن دون تحديد

هذين النوعين من التغيُّرات فلم يكن ممكنًا التأكد من الشكل الحقيقي لمدار الأرض، وكيفية قطعها له.

اهتدى «كيبلر» إلى طريقة بارعة للخروج من هذا المأزق، فقد ظهر من رصد الشمس أن المسار الظاهري لها على الخلفية التي تضم النجوم الثابتة، كان يتغيَّر من حيث السرعة على مدار السنة، ولكن السرعة الزاوية لهذه الحركة كانت دائمًا واحدة في الأوقات نفسها من السنة الفلكية، وعلى ذلك تكون سرعة دوران خط الشمس ـ الأرض ثابتة عندما يشير إلى المنطقة نفسها من النجوم الثابتة، وعلى هذا الأساس فإن مدار الأرض مقفول على نفسه، والأرض تقطعه كل عام بالطريقة نفسها.

كان مؤيِّدو «كوبرنيكوس» على يقين من أن هذا لا بُدَّ أن ينطبق أيضًا على مدارات بقية الكواكب.

ولا شك أن هذا الكشف قد سهَّل الأمور كثيرًا، ولكن كيف كان السبيل إلى التأكُّد من الشكل الحقيقي لمدار الأرض؟

لنفترض وجود مصباح في مكان ما بنفس مستوى هذا المدار، وأننا نعرف أن هذا المصباح يظل ثابتًا في مكانه، وعلى ذلك يكون نوعًا من النقطة المثلثية الثابتة لتحديد مدار الأرض، وهي نقطة يستطيع سكان الأرض النظر إليها في كل وقت من أوقات السنة، فإذا كان هذا المصباح أبعد عن الشمس منه عن الأرض فإنه من الممكن تحديد مدار الأرض بالطريقة التالية:

تأتي في كل سنة لحظة تكون فيها الأرض (ولنرمز لها بالرمز «أ»)، على الخط الذي يوصل المصباح «م» والشمس «ش»، وفي هذه اللحظة نرصد المصباح من الأرض ويكون اتجاه هذا الرصد هو نفسه اتجاه خط «م ـ ش»، لنفترض أننا وضعنا علامة تحدد هذا الاتجاه في السماء.

ثم دعنا نتخيل الأرض في وضع آخر عند لحظة أخرى.. ولمَّا كان من الممكن رصد كلٍّ من «ش» و«م»، فإن الزاوية «أ» من المثلث «ش ـ أ ـ م» يمكن تحديدها، ونحن نعرف بواسطة رصد الشمس مباشرة الاتجاه «ش ـ أ» بالنسبة للنجوم الثابتة، وكذلك نعرف نهايتي اتجاه «أ ـ ش» و«أ ـ م» بالنسبة للنجوم الثابتة، ونعرف الزاوية «ش» في المثلث «ش ـ أ ـ م»، فإذا أخذنا بطريقة حكيمة القاعدة «ش ـ م»، يمكننا أن نرسم على قطعة من الورق المثلث «ش ـ أ ـ م» بفضل معرفتنا للزاويتين «أ» و«ش»، وإذا كرّرنا هذه العملية خلال العام، نحصل على موضع الأرض (أ) عند تاريخ معين بالنسبة للقاعدة المثبتة دائمًا (ش ـ م)؛ وهكذا يتحدد مدار الأرض تجريبيًّا.

ولكن، أين وجد «كيبلر» مصباحه (م)؟

لقد جعلته عبقريته يستغل هدية غالية من الطبيعة ليحصل على ذلك المصباح، لقد كان هناك المريخ، وكان معلومًا طول سَنَتِه، ويحدث أن تكون الأرض والمريخ والشمس على خط مستقيم واضح، وفي اللحظات الأخرى يمثل خط «المريخ ـ الشمس» القاعدة نفسها للمثلث «الأرض ـ المريخ ـ الشمس»، بينما تكون الأرض دائمًا في نقطة مختلفة من مدارها، هكذا أمدَّنا المريخ بيد العون وأتاح لنا وسيلة لتحديد مدار الأرض الحقيقي.

وهكذا استطاع «كيبلر» أن يجد الشكل الحقيقي لمدار الأرض المُنغلق على نفسه وكيف تقطعه، ولقد قال «آينشتين» مُعَلِّقًا على تلك العبقرية البسيطة:

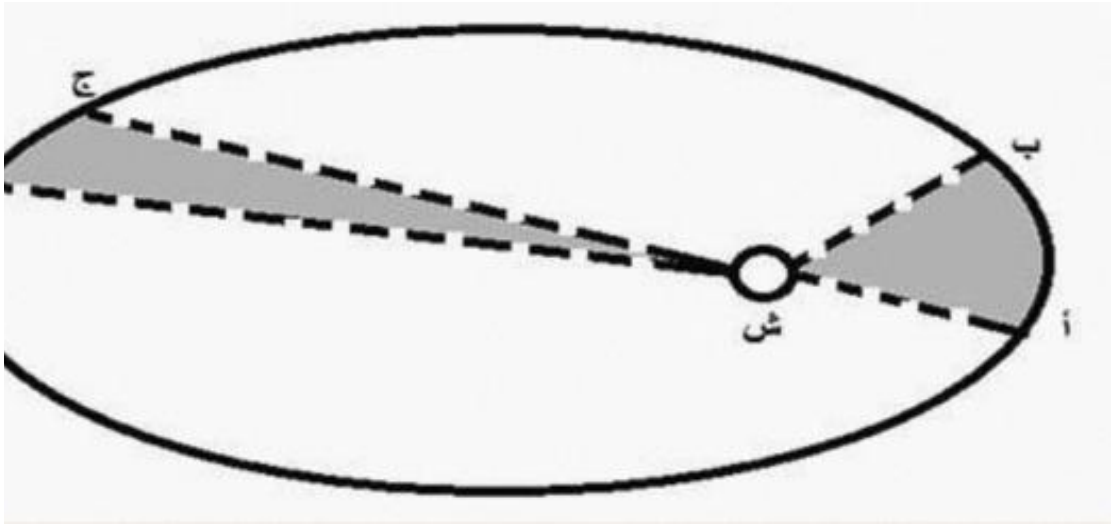
«ونحن الذين جئنا من بعد ذلك، ألمانيين كنا، أو أوروبيين، أو أيًّا ما كنا، يجب علينا أن نحني هاماتنا إجلالًا له وإعجابًا بالعمل الذي قام به».

بعد ذلك، أصبح من السهل على «كيبلر» أن يحسب بواسطة رصده مدارات بقية الكواكب وحركاتها، وكان هذا عملًا ضخمًا جدًّا إذا أخذنا في الاعتبار حالة المعرفة الرياضية في تلك الأيام.

ولمَّا عرف تجريبيًّا مدارات الكواكب، كان من الضروري أن يستوحي من هذه المدلولات التجريبية قوانين ثابتة لهذه المدارات؛ حيث يفترض أولًا فرضًا فيما يتعلق بالطبيعة الرياضية للمنحنى الذي يمثل المدار ثم يجرِّبه على مجموعة كبيرة من الأشكال، فإذا لم يتفق معها وجب تغيير هذا الفرض واستبدال آخر به.. وهكذا.

بعد عناء طويل دام سنوات، توصَّل «كيبلر» أخيرًا إلى أن المدار بيضاوي، وليس دائريًّا (وكان أول مدار أعطاه هذه النتيجة هو مدار المريخ)، وعلى هذا الأساس وضع «كيبلر» قانونه الأول، الذي ينص على أن «كوكب المريخ ـ وأي كوكب ـ يرسم مدارًا بيضاويًّا تقع الشمس في أحد مركزيه».

كان هذا القانون واحدًا من ثلاثة قوانين تُعرف بـ«قوانين كيبلر»، ينص الثاني منها على أن «الخط الواصل بين الكوكب والشمس يمسح مساحات متساوية في أزمنة متساوية».



الشكل رقم «١»

يعني القانون أن الكوكب عندما يتحرَّك من النقطة «أ» إلى النقطة «ب» في مداره يكون قد كوَّن شكل «أ ـ ش ـ ب» وذلك في مدة زمنية (ن)، وفي أثناء تحرُّك الكوكب من «ج» إلى «د» كوَّن شكل «ج ـ ش ـ د» في المدة نفسها (ن).

تكون مساحة الشكلين «أ ـ ش ـ ب» و«ج ـ ش ـ د» متساوية، وبالتالي فإن القانون ينص ضمنيًّا على أن حركة الكواكب تزداد عندما تكون بالقرب من الشمس، ولذلك قطع الكوكب المسافة «أ ـ ب» في المدة نفسها التي قطع فيها المسافة «ج ـ د» على الرغم من أن المسافة الأولى أكبر.

أمّا القانون الثالث فينص على أن «مربع الزمن الذي يقطعه الكوكب لإتمام دورة كاملة حول الشمس يتناسب طرديًّا مع مكعب المسافة بينه وبينها».

أي أن الكواكب التي تكون أقرب إلى الشمس تقطع دورتها في زمن أقل من غيرها.

كتب «كيبلر» أكثر من كتاب يصوغ فيه ما توصَّل إليه، كان أهمها: كتاب «علم الفلك الجديد»، الذي صدر في ثلاثة أجزاء واحتوى على اثنين من قوانينه الثلاثة.

كان أهم ما يميِّز «كيبلر» عن الفلكيين الأوروبيين وقتها هو شعوره أن الكون متناغم جدًّا وأن هناك إلهًا وراء هذا التناغُم؛ ظهر هذا بشكل واضح في كتابه «تناسق الكون» الذي احتوى في طيَّاته على قانونه الثالث؛ حيث قال فيه:

«لقد وجدتُ أخيرًا ـ وثبتت توقعاتي وآمالي ـ أن حركات الأجرام السماوية في إجمالها وتفصيلها تعبِّر عن انسجام الطبيعة وإن لم يكُن على النحو الذي تخيلته سابقًا، بل على نحو أكثر كمالًا، إنه النحو نفسه ـ لو أنك غفرت لي ـ الذي أتقبله وأكون سعيدًا بتقبله وإن كنت غاضبًا، وسأجرِّب حظي، وأضع كتابًا ليطالعه معاصري أو الأجيال المقبلة التي قد لا يظهر فيها من يهتم بكتابي هذا إلَّا بعد قرون طويلة، وما لي لا أنتظر والإله نفسه قد ينتظر ستة آلاف عام حتى يتفقه أحكامَه من يتأملونها».

ثم كتب «كيبلر» كتابًا تحت عنوان «خلاصة أفكار كوبرنيكوس»، شرح فيه كيف أن كل ما توصل إليه يؤيد نظام «كوبرنيكوس»، الأمر الذي أغضب الكنيسة من جديد وأثار لهبها تجاه «كوبرنيكوس» الميت! ودفعها إلى أن تضع الكتاب ضمن الكتب المحظور قراءتها!

∞ ∞ ∞ ∞ ∞

الفصل الثالث

صراع في مُدرَّج روما

«كان هذا الاكتشاف يحمل في طيَّاته عواقب كثيرة ومؤثرة؛ إذ يبين خطأً جوهريًّا أصيلًا في منظومة بطليموس الكوكبية، وبوضع هذا بجانب الاكتشافات السابقة وأقمار المشترى، أصبح جاليليو أكثر قدرة على إثبات صحة نظام كوبرنيكوس».

كان كتاب «كيبلر»، «علم الفلك الحديث»، الذي نُشر عام ١٦٠٩م، يمثل طفرة حقيقية في عالم الفلك؛ إذ يحتوي الكتاب على مفتاح الوصف الحقيقي لحركات الكواكب، والتنبؤ بها لأول مرة، بالإضافة إلى أن اكتشافه حقيقة المدارات البيضاوية أزال فكرة الدوائر اللامركزية وأفلاك التدوير المعقدة التي لطالما أزعجت الفلكيين؛ إلَّا أن استقبال المجتمع العلمي للكتاب لم يكُن يضاهي عظمته وجماله، بل لم يلقَ الكتاب ترحيبًا إلَّا في زمن «نيوتن» تقريبًا؛ ذلك لأن عقول الناس لم تكُن بذلك التفتح والمرونة، اللذين يجعلانهم يتقبَّلون فكرة المدارات البيضاوية، بالإضافة إلى أن لغة «كيبلر» اللاتينية لم تكن واضحة وسهلة في الكتاب، ولهذا درسه عددٌ قليلٌ فقط في أوروبا.

وفي العام نفسه الذي لم يلقَ فيه «علم الفلك الجديد» استحسانًا، كان «جاليليو»، الرياضي والفلكي المُحنَّك، يُعدُّ كتابًا في الفلك، يعتمد على المشاهدة المباشرة!

ففي يونيو عام ١٦٠٩م، علم «جاليليو» أن جهازًا بصريًّا جديدًا قد اختُرع في هولندا، وبواسطة هذا الجهاز يمكن تقريب الأشياء البعيدة، ورؤيتها مكبَّرة!

وفي الحال، استسلم «جاليليو» لكبريائه وشغفه، وعمل على كشف تفاصيل جهاز مثل هذا لنفسه، وكعالم بارع لم يتأخَّر «جاليليو» حتى صنع منظارًا مُقرِّبًا بيديه، وعلى الرغم من أن هناك خلافًا بين المؤرخين حول أول من صنع المنظار المُقرِّب، «جاليليو» أم ذلك الهولندي ([4])، فإن الثابت والمهم أن «جاليليو» هو أول من نشر مشاهدات جهازه وأطلع الناس على خبايا السماء (بعض المؤرخين يذكرون حالات فردية أخرى في شمال القارّة لصناعة التليسكوبات واستخدامها).

في مارس عام ١٦١٠م، ظهر الكتاب الذي يصف مشاهدات «جاليليو» عندما وجَّه منظاره إلى الآفاق، وعلى عكس مجلد «كيبلر» الضخم، كان كتاب «جاليليو» أكبر قليلًا من كتيِّب، إلَّا أن «جاليليو» لم يكُن في ذهنه مثقالُ ذرةٍ من شكٍّ حول صِحَّة الاكتشافات التي حواها هذا الكتاب الصغير الذي اختار له اسم «رسول النجوم»، وهو الأمر الذي استغلَّه بعض أعدائه المُتزمِّتين فيما بعدُ، بدعوى أن «جاليليو» يحاول أن يُظهر نفسه مبعوثًا من السماء ليحاربَ الكنيسة؛ لذلك فقد استخدم البعض اسم «رسالة السماء» أو «رسالة فلكية» لتجنُّب هذه المُهاترات.

كتب «جاليليو»، في كتابه، أنه رأى بعينه نجومًا أخرى لا تُحصى ولا تُعدُّ غير تلك النجوم المعروفة، التي تُرى بالعين المجردة، والتي سجَّل عددها «بطليموس» بحوالي ١٠٢٢ نجمًا ثابتًا، وكان هذا كلامًا يُقال لأوَّل مرة؛ فقد كان عدد النجوم ثابتًا

عند الفلكيين كلهم، ومعروفَ عنها أنها لا تتحرك؛ لذلك كان حدوث أي تغيُّر في السماء يُعدُّ أمرًا مُربكًا جدًّا.

ثم ذكر «جاليليو» حقيقة جديدة مغايرة تمامًا للمعروف عن القمر؛ فعلى عكس ما كان راسخًا في أذهان الناس من أن القمر قد وُهِب سطحًا أملسًا، فإن «جاليليو» قال إنه خشن، وغير مستوٍ، مثله مثل الأرض، ممتلئ بعدد كبير من النتوءات، والشقوق، والالتفافات، والوديان العميقة. وإذا قرأت ما دوَّنه «جاليليو» بنفسه عندما وجَّه منظاره إلى القمر ليصبح أول إنسان يراه بهذا القرب، فإنك ستجد مدى السعادة والدَّهشة اللتين كانتا تسيطران عليه ليسترسل في وصف القمر، ولا يملَّ من التكرار أبدًا، ولا عجب، تخيَّل معي فقط أنه أول من حظي بتلك النظرة على أجمل ما يوصف به الجمال!

لاحظ «جاليليو» أن مشاهدة النجوم بواسطة منظاره لا تجعلها مُكَبَّرة بالنسبة نفسها التي تكبر بها باقي الأجسام! لكنَّه علَّل ذلك بأن النجوم عندما تُرى بالعين المجردة تُرى أكبر من حجمها الحقيقي أساسًا بسبب توهُّجها بأشعتها المتلألئة، خاصَّةً مع تقدُّم الليل؛ لذلك فعند تجريدها من هذه الأضواء ورؤيتها بالمنظار، فإنها تكبر بنسبة قليلة مقارنة بغيرها.

كما لاحظ «جاليليو» أن الكواكب، من خلال المنظار، تبدو كاملة النعومة، ودائرية، وتُغطَّى بالضوء بشكل تام، على عكس النجوم التي تنبض من نفسها بأشعة لامعة.

بيَّنت هذه المشاهدات للنجوم والكواكب أن علم الفلك وعلم الفيزياء متلاصقان جدًّا أكثر ممَّا كان يظن الناس حتى تلك اللحظة، فها هي الأجرام البعيدة لا تبدو مختلفة عن الأرض التي نطؤها بأقدامنا، وتلك المصابيح اللّامعة هي في الحقيقة أجسام دائرية أيضًا، وتلك المجرة الزرقاء مترامية الأطراف ليست مجرد أطياف من الضوء، بل هي عددٌ لا يُحصى من النجوم والأجرام الأخرى.

ورَسَمَ «جاليليو» في كتابه المجموعتين النجميتين «الثريا» و«الجوزاء».

ثم كتب «جاليليو»: «وقد تبقَّى لنا أن نكشف ونعرف ما يبدو أنه هو الأهم في الموضوع الحالي، أربعة كواكب لم تُرَ من قبلُ منذ بداية الكون حتى أيامنا هذه ومواقعها من خلال المشاهدات التي تمّت خلال شهرين».

كان «جاليليو» يقصد بهذا الكلام «أقمار المشترى» أو «الكواكب الميدتشية»، كما سمَّاها هو تيمنًا باسم الأسرة الحاكمة في فلورنسا، وكما قال كان اكتشاف دوران هذه الأقمار أمرًا في غاية الأهمية، وقد يمثل دعمًا قويًّا جدًّا لنظام «كوبرنيكوس» الذي سبق أن دعمه «كيبلر»، فها هي كواكب تدور حول كوكب آخر متجاهلة الأرض تمامًا ويمكننا أن نرى ذلك بمنتهى الوضوح!

سجَّل «جاليليو» مشاهدات دقيقة جدًّا، وذكرها في كتابه بالتاريخ والساعة لهذه الأقمار الأربعة، وبسبب سرعة دوران هذه الأقمار حول المشترى كان من السهل جدًّا أن يتم رصد التباين في المشاهدات من ساعة لأخرى، لم يكتفِ «جاليليو» بالكلام فقط حتى رسم في كتابه أوضاع المشترى وكواكبه الأربعة في كل مشاهدة تم رصدها.

كان «جاليليو» يمتلك من الشجاعة ما يجعله يكتب بمنتهى الصراحة في الكتاب نفسه: «لدينا برهان ممتاز ورائع لتفنيد شكوك أولئك الذين يجيزون برباطة جأش

دوران الكواكب حول الشمس في نظام كوبرنيكوس، ويصبحون مشوشين بوجود قمر واحد حول الأرض بحيث يكمل الاثنان معًا دورتهما حول الشمس، لدرجة أنهم استنتجوا من ذلك أنه يجب أن يسقط مثل هذا النظام للكون (نظام كوبرنيكوس)؛ لأنه غير ممكن، هنا لدينا كوكب واحد يدور حول آخر في حين يجري كلاهما في دائرة عظيمة حول الشمس، لكن مشاهداتنا وفَّرت لنا أربعة نجوم تطوف حول المشترى مثل القمر حول الأرض، وتدور كلها جميعًا مع المشترى حول الشمس في فترة مقدارها ١٢ عامًا».

برهن «جاليليو»، في هذه الكلمات، على أنه من العادي أن يكون القمر يدور حول الأرض، في حين أن كليهما يدور حول الشمس، فليس دوران القمر حول الأرض بالأمر الذي يهدم نموذج «كوبرنيكوس»، ويجعل كل الأجرام تدور مثل القمر حول الأرض، فهناك حالة جديدة تبيِّن أن المشترى يدور حوله أربعة أقمار ولا تدور حول الأرض! أي أن الفلسفة السائدة القائلة إن الأجرام كلها لا بُدَّ أن تدور حول الأرض بدأت في الانهيار.

انتشرت أخبار «رسول النجوم» وما يحويه من اكتشافات مروعة في أرجاء إيطاليا وخارج حدودها، وطُبعت منه خمسمائة نسخة، وخلال ثلاثة شهور وردت طلبيات بأضعاف هذا العدد من جميع أنحاء أوروبا، ورحَّب «كيبلر»، الذي كان يراسل «جاليليو»، بهذه الاكتشافات والإنجازات، وكتب إليه «جاليليو»:

«أشكرك كثيرًا لاهتمامك منذ اللحظة الأولى بأبحاثي، وهكذا أصبحتَ أول شخص، وغالبًا الشخص الوحيد الذي يقتنع تمامًا بالبراهين التي قدمتُها، ولا يتوقَّع المرء غير هذا من رجل في مثل حرصك وصراحتك، ولكن ما الذي يمكن أن تقوله لفلاسفة جامعاتنا الذين يرفضون إلقاء أي نظرة على القمر بالمنظار المقرِّب على الرغم من إلحاحي في دعوتهم إلى ذلك؟! إنهم يغمضون أعينهم عن نور الحقيقة».

كانت هذه الكلمات تعكس العجب والحسرة في نفس «جاليليو»؛ فهذه الاكتشافات لا تحتاج إلى كثير علم وفكر فيمن يصدقها، لكنها تحتاج فقط ـ كما وصف هو «كيبلر» في الخطاب ـ إلَى حَرصٍ على تطور العلوم وصراحة في الاعتراف بالجديد فيها.

طُبِعت طبعة ثانية من «رسول النجوم» في فرانكفورت بألمانيا في السنة نفسها، وزاد الطلب على التليسكوبات، خاصةً تلك التي يصنعها «جاليليو»، وتم تعيين «جاليليو» رياضيًّا وفيلسوفًا رئيسيًّا للدوق (الحاكم) الكبير في توسكاني ـ وهو منصب لطالما تمناه ـ ورئيسًا للرياضيين بجامعة بيزا، دون الالتزام بالتدريس فيها، وهذه المناصب تعني أن «جاليليو» سيترك فينيسيا، ويتجه إلى موطنه الأصلي فلورنسا، في توسكاني ([5])، إلَّا أن ذهابه إلى فلورنسا كان مُحاطًا بكثيرٍ من المخاطر التي حذَّره منها بعضُ أصدقائه، فقد كتب إليه صديقه «فرانسيسكو ساجريدو»، في خطابٍ أرسله له بعد عامٍ من سفره:

«إنك تركت المكان الذي حصلت منه على كل شيء جيد تمامًا، في الوقت الحالي أنت تخدم أميرك القومي، لكن هنا كان لك أمرٌ على أولئك الذين يحكمون الآخرين ويأمرونهم، كنت لا تخدم إلَّا نفسك، كنت كملكٍ للكون، القوة والشهامة في أميرك تعطيان أملًا جيدًا في أن تركيزك وجدارتك سوف يُرحّب بهما ويُستحسنا، ولكن في البحر الهائج للقصور مَن يستطيع أن يعد نفسه أنه لن يكابد رياح الحسد الشديدة؟

الشيطان خَدّاع والرجال الماكرون يحيكون في ذهن الأمير بعض الأفكار الكاذبة والماكرة».

كان «ساجريدو» يعلم أن رجلًا ذا فكرٍ مرنٍ ومتطورٍ، ويسيل منه فيضان من المعلومات الجديدة والمغايرة للقديم، سوفَ يواجه كثيرًا مِن المتاعب كلما تقرَّب من بلاط الأمراء، أو مراكز القوة للكنيسة، وفلورنسا كانت دائمًا محطّ أنظار وحب تملك للبابوية في روما، وأجمع المؤرخون على أن تحليل «ساجريدو» كان صائبًا وأن فينيسيا لم تكُن لتقدِّم «جاليليو» أبدًا إلى محاكم التفتيش، فقد شاهد «جاليليو» بنفسه، عندما كان أستاذًا في جامعة بدوا، طرد جميع اليسوعيين من المناطق الفينيسية، بسبب تدخلهم في الامتيازات العلمية والجامعية.

كان «جاليليو» قد هاجم، من قبلُ، فيزياء «أرسطو»، الأمر الذي جعله يتربَّع على قائمة أعداء الفلاسفة المتعنِّتين، وفي هذا الوقت كان الفلاسفة في أي جامعة يمثلون قوة لا يُستهان بها، ومهاجمة النظام البطلمي والوقوف بجانب نظام «كوبرنيكوس» كانا كافيين لأنْ يتحالف على «جاليليو»، بجانب الفلاسفة، كل الكنسيين الذين يتمسكون بالتقاليد المسيحية السائدة، وبعد هذا كله سيقف ضده عوام الناس؛ لأن نظام «كوبرنيكوس» يتضارب مع إدراكهم البسيط!

لذلك، فقبل سنوات، كان «جاليليو» يُقدِّم هذه الحجج إلى «كيبلر» في رسائلهما المتبادلة، ليعلِّل بها عدم مساندته العلنية لنظام «كوبرنيكوس»، إلَّا أن ما رآه «جاليليو» بمنظاره، كان أقوى من أن يُكتَم، وأحق أن يظهر للناس، وإن كان سيؤدي إلى نتائج مزعجة؛ لذلك قرَّر «جاليليو» أن يَعِد قرَّاءه أنّ كتابه التالي سوف يثبت أن الأرض تتحرك حول الشمس، وأن الأرض تضيء أكثر لمعانًا من القمر.

بعد فترة من سفر «جاليليو» إلى فلورنسا، بدأ الهجوم على كل اكتشافاته التي ذكرها في «رسول النجوم»، وصدق المؤرخون عندما وصفوا انتقاله إلى هناك بأنه انتقال من المقلاة إلى النار! وكانت بداية الهجوم هي ادعاء أن كل ما رآه «جاليليو» هو زيغ بصري تسبب به تليسكوبه، وليس له أي وجود في السماوات، وردَّ «جاليليو» على هذا بأنْ عرض مكافأة كبيرة لأي شخص يستطيع أن يخترع جهازًا يُظهر أقمارًا تتحرك حول المشترى ولا تتحرك حول أي كوكب آخر!

كان المعارضون يرفضون، أصلًا، النظر في تليسكوب «جاليليو»، كأنهم يهربون من الحقيقة، وكأنهم لن يتخلوا أبدًا عن الأفكار العتيقة، النجوم الثابتة ومركزية الأرض وسطح القمر الأملس.. وكان من أعجب الحجج التي وجَّهها بعضُهم إلى «جاليليو» لدحض اكتشاف النجوم الجديدة التي لا تُعد، أن النجوم لها علاقة مباشرة بالإنسان وتصرفاته؛ لذلك فمن المستحيل أن تكون هناك نجوم جديدة ولا يكون لها تأثير على تصرفات الإنسان!

كانت سفاهة حجج المعارضين تدفع «جاليليو» إلى أن يردَّ بدعابات في بعض الأحيان، وقد كان بارعًا في هذا، أو يدع تلامذته يردُّون في أحيانٍ أخرى، بينما يركِّز هو في أبحاثه، وفي النهاية كان على جميع المعارضين أن يكفُّوا عن الجدال؛ فحجج هذا الرجل لا تُهزم بالجدال أبدًا.

في هذه الأثناء، اكتشف «جاليليو» شيئًا مهمًّا جدًّا وأخبر به «كيبلر»؛ حيث تبيَّن أن كوكب الزهرة يمر بسلسلة منتظمة من التغيُّرات في الشكل تحاكي تمامًا أطوارَ

القمر، ولكن يصبح الزهرة بدرًا وهو بعيد عن الأرض، ويكون صغيرًا جدّا أصغر حتى منه عندما يكون هلالًا! أي أنه عند اعتبار الموقع النسبي للزهرة والشمس، يتضح أن هذا الكوكب يتحرَّك حول الشمس وليس الأرض، كان هذا الاكتشاف يحمل في طياته عواقب كثيرة ومؤثرة؛ إذ يبيِّن خطأً جوهريًّا أصيلًا في منظومة «بطليموس» الكوكبية، وبوضع هذا بجانب الاكتشافات السابقة وأقمار المشترى، أصبح «جاليليو» أكثر قدرة على إثبات صحة نظام «كوبرنيكوس» بالمشاهدة المباشرة.

في نهاية عام ١٦١٠م، حصل «جاليليو» على دعم نفسي كبير عندما أخبره اليسوعي الفلكي «كريستوفر كلافيوس»، كبير الرياضيين في المجمع الروماني، أن النجوم الجديدة وأقمار المشترى قد رُصدت من هناك، وكان هذا الأمر ذا أهمية كبيرة جدًّا؛ لأن «كلافيوس» كان فلكيًّا مؤثرًا في الكنيسة.

وفي مارس عام ١٦١١م، ذهب «جاليليو» أخيرًا لزيارة روما، وقد وُصِفت هذه الزيارة من قِبَل المعاصرين بأنها رحلة انتصار؛ إذ تم استقبال «جاليليو» بواسطة النبلاء وأصحاب المقام الرفيع في الكنيسة، ومُنح مقابلة ودية مع البابا بول الخامس، وتم تكريمه، وأُلقيت خطبة عن إنجازاته وكتابه.

كان الاكتشاف التالي لـ«جاليليو» هو «البقع الشمسية»؛ حيث اكتشف «جاليليو» أن سطح الشمس به بقع مظلمة، إلَّا أنها إذا ما قُورنت بأكثر البقع لمعانًا على سطح القمر لرجحت بها، وإنما تبدو مظلمة لأنها تقع بجانب بقع أخرى أكثر إضاءة منها، كانت هذه أيضًا نقطة فلسفية مهمة، تُضاف إلى حقيقة النجوم وحقيقة سطح القمر، ليزيد الاتصال بين السماء وفيزياء الأرض! وكالعادة لم يستطِع الناس أن يصدقوا ذلك، فقد دُرجوا على أن يقولوا: إن الشمس هي الأكثر نقاءً وصفاءً وليس بها ظلال أو شوائب.

كُتِب كل ما يتعلق بالبقع الشمسية في خطابات دارت بين «جاليليو» و«مارك ويسلر» - أحد الحكَّام في أوجيسبيرج - وقد تم نشرها كلها بعنوان «خطابات عن البقع الشمسية»، وعندما نُشرت كانت فترة الاكتشافات العظيمة لـ«جاليليو» قد وصلت إلى نهايتها، لتتبعها فترة أصبحت فيها أفكاره موضوع عداء وعنف واسع الانتشار؛ حيث عادت المعركة القديمة ضد منظومة «كوبرنيكوس» إلى الظهور على الساحة مُمثَّلةً في اكتشافات «جاليليو»؛ حيث أصبح «جاليليو» يتبنَّى علنًا منظومة «كوبرنيكوس»، وبدأ يربط بها اكتشافاته الخاصة كبراهين عليها؛ فاكتشافاته هي خير دليل على صحة هذه المنظومة وبطلان منظومة «بطليموس»؛ فلديه دلائل بالمشاهدات مثل دوران الزهرة حول الشمس، ودوران أقمار المشترى حوله، ودورتها جميعًا حول الشمس، مثل القمر والأرض، هذا فضلًا عمَّا تثبته الرياضيات مع هذه المشاهدات، وما أثبته «كيبلر».

وأصبح من الطبيعي ذكر اسم «جاليليو» ملازمًا بقوة لفكرة حركة الأرض في أذهان الناس، حتى أصبح البعض يظن أن «جاليليو» هو مَن جاء بهذه الفكرة في المقام الأول، وبدأ المعارضون يشكِّلون صفوفهم، وبدأت المعركة تنشط عندما لعن الأب «توماس كاسيني» «جاليليو» ونظامَ «كوبرنيكوس» والرياضيات، من فوق منبر الوعظ في الكنيسة!

ثم بدأت بعض الكتب التي تهاجم «جاليليو» تنتشر، وكان معظم الكتاب من اللاهوتيين الذين اتهموا «جاليليو» بأنه يخالف عقائد ثابتة جاء بها الكتاب المقدس، وهنا اجتمع الفلاسفة والكنسيون ضد «جاليليو»، وأصبحت روما كلها ثائرة ضده، متهمةً إياه بالهرطقة، الأمر الذي جعل «جاليليو» يفكر من جديد في جدوى دخوله هذه المعركة وذهابه إلى روما.. ولأنه كان يحوي شجاعة كبيرة بين جنبيه، قرَّر المُضي قدمًا في هذا الأمر والسفر إلى الميدان؛ إلى روما!

قبل السفر، كتب «جاليليو» خطابًا جديدًا قويًّا يحتوي على حجج رياضية وفلسفية، وإنجيلية، تبرهن صحة مذهبة لنشره عندما يحين الوقت المناسب.

كان «جاليليو»، في هذا الوقت، يظهر وكأنه يُهيِّئ نفسه لمعركة عظيمة، ونجد ضمن الملحوظات التي كتبها «جاليليو» استعدادًا لتلك المعركة الموشكة هذه الكلمات:

«إن الفلاسفة، إذا كانوا فلاسفة بحق، فلا يجب أن يُثاروا إذا اكتشفوا أنهم على خطأ، بل عليهم أن يشكروا الإنسان الذي بيَّن لهم الحقيقة؛ وفيما يتعلَّق بالرد بأن الإنجيل زائف! فإن ذلك لم ولن يكون هدفَ فلكيٍّ كاثوليكيٍّ مثلي، بل رأيي هو أن النصوص المقدسة تتفق تمامًا مع الحقيقة الفيزيائية الماثلة إذا قام اللاهوتيون بالتفسيرات الصحيحة لها.. إن الخطأ في ظهور حركة الساحل وثبات السفينة معروفٌ لنا بعد أن وقفنا مرارًا على الساحل وشاهدنا السفينة تتحرك كما وقفنا في السفينة وشاهدنا الساحل، فإذا أمكننا أن نقف هكذا على الأرض ثم نقف مرة أخرى على الشمس أو بعض النجوم الأخرى، فإننا سنكتسب معرفة إيجابية وحسية عن الذي يتحرك، ومع ذلك فإن الرؤية من فوق هذين الجسمين فقط ستُظهر أن الجسم الذي نقف فوقه هو الثابت الذي لا يتحرك».

هكذا بدأ «جاليليو» يستعدُّ للمعركة على الرغم من تعرُّضه لوعكة صحية طويلة هذه الفترة، ولم يكُن إيمانه بمنظومة «كوبرنيكوس» هو الدافع الوحيد لدخوله هذه المعركة، بل إنه حاول أن يضع حدودًا للعلاقة بين الدين والعلم، خاصَّةً في تلك العلوم الجديدة والمتطورة التي تتعلق بالملاحظة والتجريب.

وبعدما سمحت له صحته، طلب الذهاب إلى روما على الرغم من تحذيرات كثيرة بأن الوقت لم يكُن مناسبا أبدًا لظهوره هناك، إلَّا أنه كان قد حزم أمره.

كتب «جاليليو» خطابًا أخيرًا للأميرة «كريستينا» (من الأسرة الحاكمة) في توسكاني، محاولًا تخفيف حدة المعركة والشبهات التي باتت تلاحقه من كل أطراف إيطاليا، ومن روما على الأخص، وقد كانت توسكاني هي الجبهة الرئيسية التي يعتمد عليها دائمًا في دعمه، وكان الخطاب يحمل كثيرًا من التعقُّل والفلسفة والحكمة، وتفسيراته لسبب قيام هذه المعركة ضده، قال فيه:

«إن هؤلاء الرجال يعرفون وجهة نظري في الفلك والفلسفة، ويعرفون أنني أعتبر الشمس ساكنة بلا حراك، في مركز دوران الأفلاك السماوية، بينما تدور الأرض حول محورها وحول الشمس، وهم يعلمون كذلك أنني أؤيد هذا الموقف، ليس لأنني أفنِّد حجج بطليموس وأرسطو فقط، بل لأن عندي دفوعا مضادة، وبالتحديد بعضها مرتبط بالتأثيرات الفيزيائية التي لا يوجد سبب آخر لها (إلا دوران الأرض حول الشمس وحول محورها)، وبالإضافة إلى ذلك هناك حجج فلكية مستنتَجة من أشياء

كثيرة من اكتشافاتي السماوية التي تدحض ببساطة منظومة بطليموس، وتتفق بشكل يثير الإعجاب مع المنظومة المضادة (منظومة كوبرنيكوس)، وربما لأنهم لا يثقون بدفاعهم فإنهم قرروا أن يصنعوا لأنفسهم درعا من مظهر خادع من عباءة التديُّن وسلطة الكتاب المقدس، ومن أجل دفع مخططاتهم أخذوا يبحثون أبعد ما يمكن ليجعلوا هذه الفكرة تبدو جديدة وتنتمي إليَّ وحدي، وهم يتعمَّدون ألَّا يعرفوا أن صاحب هذه الفكرة هو نيكولاس كوبرنيكوس، وأنه لم يكُن فقط كاثوليكيًّا، بل كان قسيسًا ورجل قانون وشريعة! وها هم أولئك الذين يتعقبوننا يلعنون مؤلفًا مثله دون حتى أن يقرؤوا له، والسبب وراء إنكار الفكرة القائلة إن الأرض تتحرك والشمس ساكنة هو أنه في مواضع كثيرة من الإنجيل يقرأ المرء أن الشمس تتحرك، وأن الأرض ساكنة، وبما أن الإنجيل لا يمكن أن يخطئ، فإن أي إنسان يقول إن الشمس بلا حراك بينما الأرض هي التي تتحرك هو يخطئ ويقول هرطقة؛ وإنني أعتقد أنه لا ينكر أي أحد أن الإنجيل عويص الفهم جدًّا وأنه قد يقول أشياء مختلفة تمامًا عمَّا تعنيه الكلمات المجردة، ولا أجدني مضطرًّا لتصديق أن الربَّ نفسه الذي وهبنا المشاعر والحواس والعقل والمنطق، قد قصد أن يمنعنا من استخدامها، وأعطانا بطريقة أخرى المعرفة التي يمكننا التوصُّل إليها بواسطتهم، ولم يكُن للرب أن يطلب منا أن ننكر الإحساس والعقل في المسائل الفيزيائية الماثلة أمام أعيننا وعقولنا بخبرتنا المباشرة والأدلة الواضحة، ولا بُدَّ أن يكون ذلك صحيحًا بالذات في تلك العلوم التي لم يتعرض لها الإنجيل إلَّا بأقل القليل».

لم يُنشَر هذا الخطاب إلَّا بعد سنين كثيرة! وذكر «جاليليو» فيه أن «كوبرنيكوس» لم يكُن أول من اقتنع عقله بفكرة مركزية الشمس، بل إن هذه الفكرة كانت عقيدة اعتنقها «فيثاغورس» وكل أتباعه، واعتنقها «فيلولاوس»، معلم «أفلاطون»، واعتنقها «أفلاطون» نفسه، وأخبر عنها «سقراط»، وهو ما ذكره «نيوتن» أيضًا فيما بعد.

كان «جاليليو»، في هذه الكلمات، يتمتَّع بالكثير من الشجاعة، فلم يتكلم أحدٌ قبله بهذا العمق عن علاقة الإنجيل بالعلوم، بل ربما هذه الكلمات كانت تنتظر من يقولها منذ سنين، فلطالما كانت الكنيسة هي التي ترفض العلوم والثوابت والمسلّمات، وتقرّ غيرها إرضاءً لكبرياء رجالٍ كانوا يتخفون وراء جدران الكنائس، وإرضاءً لفلاسفة ماتت عقولهم منذ زمن، سيطروا على كل الجامعات حتى أصبحت الجامعات هي التي تصد حركة التطور في العلوم وترفض كل جديد، على عكس ما يجب أن تفعل تمامًا، وكانت كل التطورات الحقيقية التي تحدث في أي علم تحدث بمنأى عن الجامعات والكنيسة، في بلاطِ بعض الأمراء، أو في مجالس الجَمعيات العلمية التي كان يشكِّلها بعض أساتذة الجامعات في بعض المدن.

في ديسمبر عام ١٦١٥م، أعلن السفير وصول «جاليليو» إلى المدينة الأبدية، وبدأت المعركة.

كانت الجهود الأولى لـ«جاليليو» هي مقاومة النميمة التي تُقال عنه، ثم شرع في الدفاع عن نظام «كوبرنيكوس» في كل مكان وكل مناسبة، حتى إن نقاش هذه المنظومة أصبح هو الشغل الشاغل لكل شخص يعيش في روما.. وفي فبراير عام ١٦١٦م، بدأ «جاليليو» يشعر بأن النصر سيكون حليفه؛ فقد ضرب في هذه

النقاشات المستمرة كل حجج معارضيه في مقتل، حتى إنه طلب زيارة نابولي وتنظيم حملة لدعم نظام «كوبرنيكوس» هناك.

لكن، فجأة ومن دون أي مقدمات، قرر البابا بول الخامس أن يكوِّن رأيًا رسميًّا حول حركة الأرض وثبات الشمس.. وبعد التفكير والاستشارات، صدر قرار يؤكدُ تعارضَ نظام «كوبرنيكوس» مع الإنجيل، وأن كتاب «كوبرنيكوس»، وكل الكتب التي تدافع عنه، ستظل في قائمة الكتب الممنوعة، وشمل القرار الرسمي الذي صدر في ٥ مارس عام ١٦١٦م ألَّا يتخذ «جاليليو» جانب هذه الأفكار، ولا يدافع عنها؛ وأغلقت الحالة على ذلك!

وعلى الرغم من أن «جاليليو» حصل على لقاء مع البابا بعد هذا القرار وأخذ منه العهد على أن تتوقَّف الشائعات ضده في روما، فإنه كان يحمل في قلبه مرارة الألم والانكسار؛ فالكتاب الذي سيناقش فيه نظام الكون بصراحة، والذي لطالما رغب في كتابته، ووعد به القُرَّاء عام ١٦١٠م، أصبح الآن محرمًا قبل أن يُكتب.

ولأن «جاليليو» لم يكُن بالرجل الذي يقبل بالهزيمة من دون معركة، فإنه أعاد إلى الحياة مقالة كان قد كتبها عن المدِّ والجزر، وقدَّمها كبرهان غير مباشر على صحة نظام «كوبرنيكوس»؛ إذ يقول المقال: إنه بجانب دوران القمر حول الأرض فإن السبب في المد والجزر هو حركة الأرض المزدوجة حول محورها وحول الشمس! وخلال هذه الفترة، زار «جاليليو» روما أكثر من مرة، وكلها قد مرَّ بسلام تقريبًا، وفي عام ١٦٢١م مات «كوزيمو الثاني»، أمير توسكاني، الذي كان الداعم الأكبر لـ«جاليليو» في فلورنسا، وفي إيطاليا بصفة عامة.

في العام التالي، كتب «جاليليو»: «المحلّل»، الذي أعاد فيه صياغة كل الحجج والبراهين التي توضِّح موقفه، وتضرب بأفكار معارضيه عرض الحائط، وحظي الكتاب بنجاح مدوٍّ وترحيب واسع جدًّا، حتى اعتقد «جاليليو» أن هذه الجولة باتت له بلا شك؛ وأنه أخيرًا سيرتاح من اللعن والتحريم ضد «كوبرنيكوس»، ومما زاد فرصة النصر كمالًا أنه في عام ١٦٢٣م تم تنصيب بابا جديد في روما وذهب «جاليليو» للقائه واتفق معه على أنه يمكن أن يناقش ذلك الموضوع المحرَّم بشكل نظري وبتجريد تام، ويقارن منظومة «بطليموس» بمنظومة «كوبرنيكوس»، وهنا اعتبر «جاليليو» أنه انتصر فعلًا، فأخيرًا سيكتب ما وعد به قُرَّاءه منذ أكثر من عشرة أعوام.

ولكي يتجنب «جاليليو» أي اتهام، قرَّر أن يكون الكتاب على هيئة محاورة يُفنِّد فيها حجج النظامين ويرمي أحدهما بالآخر، وبالفعل بدأ «جاليليو» في الكتاب عام ١٦٢٥م وانتهى منه نهائيًّا عام ١٦٣٠م، وتمت الموافقة على طباعته في العام التالي في فلورنسا بدلًا من روما، وكان متن الكتاب قائمًا على أن يُقدِّم أحد المتحاورين اعتراضات على نظام «كوبرنيكوس»، فيجيب المتحاوران الآخران عليه، وبالطبع بيَّن الحوار أن نظام «كوبرنيكوس» قادر على أن يفحم منظومة «بطليموس» وأي شكوك أخرى؛ لذلك فبعد ستة أشهر فقط من تاريخ النشر صدرت الأوامر من روما بوقف بيع كتاب «محاورة حول نظام العالم»، وتم استدعاء «جاليليو» للمثول أمام المحكمة!

كان السبب في ذلك هو أن البابا اقتنع أن «جاليليو» سخر منه في الكتاب وحنث بوعده ألَّا يدعم منظومة «كوبرنيكوس» أبدًا.

في أبريل عام ١٦٣٣م، تم استجواب «جاليليو» مرّتين أمام المحكمة، حتى صدر في يونيو من العام نفسه حكمٌ ضده بالسجن، وإذلاله بالركوع على ركبتيه، والنطق بالقسم التالي أمام المحكمة:

«أنا جاليليو جاليلي، من فلورنسا، البالغ من العمر سبعين عامًا، أركع على ركبتيَّ أمامكم يا أصحاب الغبطة والإجلال السادة الكرادلة أعضاء محكمة التفتيش، وأقسم وأنا أنظر بعيني إلى الكتاب المقدس، وألمسه بيدي، إنني كنت وسأظل مؤمنًا بتعاليم الدين وأشجب وألعن وأحتقر كل ما قيل وكُتب من خطأ وبدعة حول حركة الأرض».

ثم خُفِّف حكم السجن إلى الإقامة الجبرية.

أخرجت الكنيسة غضبها المتراكم على «كوبرنيكوس» و«كيبلر» ضد هذا الشيخ الفارس الذي رفض الاستسلام طول عقود. كان «جاليليو» أحد أهم أحجار الأساس في بناء هيكل الفيزياء الضخم وفي جسر العبور من الفيزياء الكلاسيكية إلى الفيزياء الحديثة، وسيظهر هذا جليًّا في أفكار «نيوتن» ومَن بعده، وحتى «آينشتين» في الأجل البعيد.

لم يكُن «جاليليو» مجرد مكتشف أو عالمٍ أضاف إلى مَن قبله مجرد زيادات على الدرب نفسه، ولكنه كان ثورة فكرية، حطَّمت كل الجمود الفكري في تلك العقول الراكدة؛ فهو ـ بغضِّ النظر عن مشاهداته العظيمة ـ أول من اعتبر أن الأجسام إذا لم تتعرض لأي مؤثِّر خارجي، فإنها تحافظ على حركتها في خط مستقيم وبسرعة منتظمة، ثم رفض الفكرة الفلسفية السائدة القائلة إن الحركة الدائرية هي صورة من صور الكمال!

كما تنبَّه «جاليليو» إلى أمر مهم يخص الحركة؛ حيث رأى أنه لو كان هناك شخصٌ في باطن سفينة ما، لن يستطيع أن يُحدِّد ما إذا كانت السفينة تتحرَّك أم لا؛ لأنه في باطن السفينة لن يشعر بأي تغيُّرٍ حوله يبيِّن حركتها؛ فكل القوانين الطبيعية حوله تعمل كالمعتاد، وهو أيضًا يمارس تصرفاته كالمعتاد، لا شيء يدلُّ على حركة السفينة من عدمها؛ لذلك فإنه لو أراد أن يتبيَّن الأمر فعلًا، سيكون مُضطرًّا للصعود على ظهرها ليقارن موقفها بالنسبة لأى شيء حولها، أو بالنسبة لليابسة؛ فإذا وجد أن السفينة تبتعد عن اليابسة سيقول إنها تتحرك؛ تمامًا كما تفعل أنت إذا كنت راكبًا في قطار يتوسط رصيف المحطة من جهة، وقطار آخر من جهة أخرى، إذا تحرك القطار الآخر ستنظر على الفور إلى جهة الرصيف لتعلم أي القطارين هو الذي يتحرك.

رجل السفينة تأكَّد من حركتها لمَّا رأى اليابسة تبتعد؛ لأنه يعلم أن اليابسة يستحيل أن تتحرك، وأنت حدَّدت القطار المُتحرِّك عندما قارنت وضع قطارك بالنسبة للرصيف الذي يستحيل أن يتحرَّك؛ أي أنَّ كليكما اتخذ من شيء ثابت معيارًا يُحدِّد به الحركات؛ فماذا لو كانت اليابسة تتحرَّك وكذلك الرصيف، ولا يوجد أي مرجع آخر تنظران إليه، فكيف سيكون موقفكما؟

بالطبع لن يستطيع رجل السفينة أن يقول إن سفينته هي التي تتحرَّك.. إن أفضل ما سيقوله في هذه الحالة هو: إن السفينة تتحرك بالنسبة لليابسة، وهذا يحتمل أن تكون السفينة ثابتة واليابسة تتحرك، أو العكس، المهم أن المسافة بينهما تتغيَّر، وأنت ستقول إن قطارك يتحرَّك بالنسبة للقطار الآخر، من دون أن تُحدد أي القطارين ساكن وأيهما يتحرك.

على هذا الأساس، فإذا كان كل شيء في الكون يتحرك، فإن كل الحركات تصبح نسبية، ولا توجد حركة مُطلقة.

خرج «جاليليو» من هذه الفلسفة بما يعُرف باسم «مبدأ النسبية» الذي يقضي بأن قوانين الطبيعة ثابتة باختلاف الأُطر التي تتم فيها ما دامت هذه الأطر تتحرك حركة منتظمة بالنسبة لبعضها.

لعب هذا المبدأ دورًا رئيسيًّا في فيزياء ما بعد «جاليليو».

كان «جاليليو» مُصارعًا طويل النفس، ظلَّ سنواتٍ يقاتل في حلبات المسارح الرومانية، ويهزم أعداءه، دفاعًا عن نظرية لم تكُن أبدًا له! ليعطي مَن بعده درسًا في أسس المناهج العلمية والتجرد والبحث عن الحقيقة، والاستماتة في الدفاع عنها.

∞ ∞ ∞ ∞ ∞

الفصل الرابع
الكون المنتظم

«عندما رأى إدموند هالي هذا الحجم الهائل من الاكتشافات والتحقيقات الرياضية والقوانين، علم أنه بين يدي الأبحاث الوحيدة على وجه الأرض التي تفك شفرة هذا الكون لأول مرَّة»!

عندما كان «جاليليو» خاضعًا للإقامة الجبرية في منزله، لم يخضع العالِم الذي بداخله إلَّا لشغفه بالعلم والمعرفة، وأخذ يكمل نسيج إبداعه رغم كل شيء؛ ففي عام ١٦٣٨م صدر أحد أهم أعماله الفيزيائية تحت عنوان «حوارات وبراهين رياضية لعلمين جديدين». كانت فيزياء «أرسطو» تفترض أن الأجسام المتحركة تعرضت لمؤثِّر ما في البداية جعلها تتحرك ثم لا بُدَّ أن تسيطر عليها الحركة الطبيعية فيما بعدُ، وتدفعها إلى أسفل نحو الأرض التي تمثل موضعها الطبيعي! وأن الأجسام المتساقطة تسقط بسرعات تتناسب مع كتلتها.

غير أن «جاليليو»، في هذا الكتاب، أقرَّ قوانين مغايرة تمامًا؛ حيث كتب أن المسافة التي تسقط منها الأجسام، أيًّا ما كان حجمها ووزنها، تتناسب مع مربع الوقت المستغرَق في السقوط، وحدَّد قانون العجلة، وأثبت أن الأجسام مع اختلاف أوزانها تسقط بسرعة متساوية. وكتب أيضًا أن الأجسام تتحرك في خطوط مستقيمة ما لم تؤثِّر عليها أي قوى أخرى.

مثَّلت هذه القوانين، بجانب قوانين «كيبلر»، أساسياتٍ ودعاماتٍ اعتمدت عليها أجزاء كبيره من ميكانيكا «نيوتن»، والقانون الأخير الذي ذكره «جاليليو» تمت إعادة بلورته ليصبح قانون القصور الذاتي الذي يعلمه الجميع اليوم.

كما تكلَّم «جاليليو» عن الجاذبية قائلًا: إن معرفة أسبابها الفيزيائية أمرٌ غير مهم، وإن الوقوف على هذه الأسباب هو أمر في غاية الصعوبة، وهي حقيقة عاناها «نيوتن» بشدة بعد سنوات.

وبعد كل هذه الصراعات والاكتشافات والتنوير، آن الأوان ليخذل الشيخَ العجوزَ جسدُه وأعضاؤه القديمة التي لا تتجدَّد كما يتجدد عقله الشاب. في عام ١٦٤٢م، وقبل أن يموت «جاليليو» بفترة أصيب بالعمى وكتب:

«واآسفاه.. لقد أصبح جاليليو كفيف البصر، بحيث إن هذه السماء وهذه الأرض وهذا الكون.. الذين كبَّرتهم بمشاهداتي الرائعة وعروضي الواضحة مائة مرة، لا، بل ألف مرة، فوق الحدود المقبول بها عالميًّا، قد تقلصت وانكمشت بالنسبة لي إلى حجم ضيق يساوى الحجم الذي تملؤه أحاسيس جسمي الخاصة»!

عندما مات «جاليليو» لم تبخل القارة العجوز بأن تخرج للعالم العقل الذي سيكمل مسيرة الفيزياء، وينير عقول الناس بفهم صحيح عن الكون، ففي العام نفسه الذي تُوفي فيه «جاليليو» وُلد الطفل «إسحق نيوتن» في قرية صغيرة في إنجلترا تُدعى «وولثورب».

وفي الوقت الذي كانت فيه إنجلترا تشتعل بالحروب الأهلية بين القوى البرلمانية والقوى المؤيدة للحكم الملكي، التي وصلت إلى ذروتها بإعدام «تشارلز الأول» في أوائل عام ١٦٤٩م تربَّى الطفل «إسحق» في عائلة ميسورة نسبيًّا، كان والده مزارعًا صغيرًا وتُوفي قبل ميلاد ابنه بشهور قليلة فعاش الطفل مع أمه وزوجها الذي كان قسًّا في إحدى الإبراشيات المحلية.

خلال أعوامه الدراسية في بداية حياته لم يكُن زملاؤه في المدرسة يكنُّون له قدرًا كبيرًا من الحب؛ لإدراكهم أنه يملك قدرًا من العبقرية والنبوغ يفوق ما يملكون، ما جعله غريبًا بعض الشيء وسط أقرانه، صبيًّا مفكرًا وصامتًا لا تجذبه اهتمامات أترابه الصبية!

وكان، على صغر سنه، يعشق القراءة فيما يخص أسرار الطبيعة، والفنون، والكتب التي كانت تنتمي إلى جنس أدبي مشهور آنذاك يسمى «السحر الرياضي» التي كانت تحتوي على كثير من الرياضيات وتصميم الآلات.

كثرت الاختراعات الصغيرة التي كان يبتدعها معتمدًا على ذكائه وعلى بعض الكتب التي كان يهواها، مثل كتاب «أسرار الطبيعة والفن»، وفي النصف الثاني من عام ١٦٥٩م، قررت والدته إخراجه من المدرسة لكي يدير ممتلكات الأسرة، لكنَّ «نيوتن»، الذي لم يكُن يتميز إلَّا بقدرته على الغرق في بحور كتبه، لم يكُن مناسبًا أبدًا لهذه المهمة؛ إذ كانت الماشية والأغنام تشرد منه بمنتهى السهولة وهو جالس يستظل الشجر ويتعمَّق في بعض الأسرار التي تثيره!

عاد «نيوتن» في العام التالي إلى المدرسة بعدما تم إقناع والدته أن ابنها سيصبح إنسانًا فذًّا إذا عاد إلى المدرسة، وبعد المدرسة التحق «نيوتن» بكلية تيرينتي في جامعة كامبريدج، وهي أعظم كليات إنجلترا وقتها، وخلال سنوات الكلية أحب دراسة النجوم ومواقعها، وعلم التنجيم، والرياضيات، وفي بداية ولعه بالرياضيات كان يصف رياضيات «إقليدس» بأنها بديهية إلى حد يصل إلى التفاهة!

حاز «نيوتن» إعجاب أستاذ الرياضيات المميز «إسحق بارو» ([6]) الذي لاحظ أن هذا الطالب يحوي بداخل عقله الكثير، فلم يتخيَّل «بارو» أن هناك طالبًا في مثل سن «نيوتن» يكون قد جرؤ على قراءة كتاب «ديكارت»: «الهندسة»!

ولشدة نبوغه، يُقال إن «نيوتن» قد صاغ نظرية ذات الحدين في هذه السن.

كانت حركة الفلك قد توقَّفت تقريبًا عند آخر ما توصَّل إليه «كيبلر» و«جاليليو» اللذان جاهدا بمنتهى التفاني وانتقل علمهما إلى أطراف أوروبا، وفي هذه الفترة صرَّح «فرانسيس بيكون» ([7]) بأنه آن أوان التعامل مع الطبيعة مباشرة لتحليلها من خلال التجارب المصممة جيدًا والملاحظة بدلًا من التعامل معها من خلال النصوص الأرسطية وأي نصوص أخرى عتيقة، كما أعرب «ديكارت» عن مناهضته المنهج الأرسطي وتأييده المنهج الكوبرنيكي.

هذا كله كان يشير إلى أن هناك تحولًا كبيرًا وإيجابيًّا في اتجاه علم الفلك؛ إذ بدأ الفلاسفة التخلي عن الجمود الذي عاناه الفلكيون السابقون وانتقل التفكير من مقارنة نظام «كوبرنيكوس» بالنظام البطلمي والخوف من الكنيسة، إلى مرحلة جديدة جدًّا تتمحور حول معرفة النظام الحاكم لهذه الأجرام الكثيرة وحركة الكواكب حول الشمس، وساعد على هذا التحول انتقال عجلة القيادة في تلك الفترة إلى إنجلترا بعيدًا

عن إيطاليا والبابا، واقترب نظام «كوبرنيكوس» من أن يصبح من المسلمات الفلكية بجانب مدارات «كيبلر» البيضاوية ومشاهدات «جاليليو».

حتى «نيوتن»، في شمال القارة، كان لزامًا عليه في الجامعة أن يقرأ قدرًا معتبرًا من الأدب اللاهوتي والأرسطي، مثله مثل أي طالب جامعي في أوروبا، إلَّا أن هذا لم يؤثر على عقله بالجمود والتقيُّد بالثوابت، بل على العكس تميَّز «جاليليو» بتحرر عقلي غير عادي في كتاباته فيما بعدُ.

أسهمت محاضرات «بارو» في ازدياد إدمان «نيوتن» الرياضيات، فزادت قراءاته فيها وتعددت وتنوعت في الرياضيات التحليلية، والجبر، والهندسة، وأتقن المعادلات التي تعرف القطوع المخروطية مثل الدوائر والقطوع المكافئة والناقصة والزائدة ([8]) وبرع في كيفية قياس الالتواءات رياضيًّا، وسرعان ما بنى معادلات تعبِّر عن أي قطع مخروطي، وقام بالتعبير عن العناصر الأساسية لعلم «التفاضل»، ومن خلال قراءته لأعمال جون واليس ([9]) التي يمكن من خلالها إيجاد المساحات أسفل أي جزء منحنٍ من خلال تقسيمها إلى شرائح متناهية الصغر، وهو ما يُعرف اليوم بعلم «التكامل»، قام «نيوتن» بتنقيحها وتجاوز ما وصل إليه «واليس» مطوِّرًا علم التكامل، ليصل بذلك إلى مرحلة نبوغ في أساسيات «التفاضل والتكامل»، إلَّا أن عبقريته تجلَّت في إشارته إلى السرعات التي تتعرَّض لها النقاط في لحظات معينة من الوقت فيما يُطلق عليه التفاضل والتكامل «المنساب»، حيث تنساب قيم النقاط على المنحنى من نقطة إلى التي تليها وكأنها نقطة واحدة تتحرك على المنحنى.. وهكذا.

حينئذٍ، صار بالإمكان التعامل مع المساحات أسفل المنحنيات، ليس كمجرد مجموعات من أجزاء متناهية الصغر، ولكن كمساحات تتشكَّل حركيًّا من خلال تقدير الفراغ الذي تمر عبره خطوط تربط نقطة متحركة بقيم مماثلة تقع أسفل النقطة الموجودة على المحور السيني مباشرة.

عُرض هذا العمل في أطروحةٍ عام ١٦٦٦م، صنَّفته كأبرز عالم رياضيات في العالم، وسرعان ما جعلته عبقريته في الرياضيات يدخل علم الفيزياء من أوسع الأبواب، وكان أول الأبواب التي طرقها باب علم البصريات ([10]).

أخذ «نيوتن» يبحث في حقيقة الألوان التي ينقسم إليها الضوء الأبيض، وقام بإجراء كثير من التجارب باستخدام المنشورات الزجاجية، وشرع في تفنيد وتحدي النظرية الأرسطية عن الضوء وأعمال بعض الأسماء اللامعة من معاصريه، مثل: «رينيه ديكارت» ([11]) و«روبرت بويل» ([12]) و«روبرت هوك» ([13])، ضاربًا بالكل عرض الحائط! وهاجم النظرية الموجية للضوء؛ لأن الضوء يمشي في خطوط مستقيمة بينما تنتقل الموجات مهتزة عبر وسط أثيري، ثم ما لبث أن اقتنع أن الضوء يتألف من جسيمات صغيرة، وعلى هذا الأساس فإنه يدحض مباشرة فكرة الموجات أو النبضات التي ذكرها «هوك» في أهم كتاباته التي لم يجف حبرها بعد: «ميكوجرافيا»!

ذهب «نيوتن» في أبحاثه إلى أن تفاوت الانكسار من لون إلى آخر يرجع إلى اختلاف سرعات جسيمات أشعة هذه الألوان؛ حيث تنكسر الأشعة ذات السرعة الأكبر على نحو مختلف عن الأشعة الأبطأ، ثم قال خلافًا لـ«ديكارت»، الذي كان

يعتقد أن المنشور يقوم بإنتاج الألوان عند مرور الضوء الأبيض منه: إن الأشعة الملونة سِماتٌ ثابتة للضوء العادي؛ فهو عبارة عن مزيج معقد منها، والانكسار المنشوري يظهر الأشعة فردية، لكنه لا ينتجها!

وبتعمُّق أكثر في دراسات الانكسارات، اكتشف أن جهوده لتحسين جودة التليسكوبات الكاسرة قد فشلت بسبب «الزيغ اللوني»؛ إذ إن الألوان المختلفة تنكسر على نحو مختلف ولا يمكن الاستعانة بها في تكوين صورة واضحة.. عندها، قرر «نيوتن» أن يصنع واحدًا باستخدام مرآة، وبالفعل صنع نسخة ناجحة بيديه للتليسكوب العاكس في الوقت الذي كان معاصروه يناقشون فيه إمكانية صنعه من عدمها!

وللمرة الثانية، جعله هذا العمل أشهر أستاذ في كامبريدج.

وفي عام ١٦٦٩م انتخب «نيوتن» كخليفة «بارو» وأصبح صاحبٍ كرسي أستاذية الرياضيات في كامبريدج، ونُشرت له بعض الأبحاث التي لم يكن يهتم حتى أن ترتبط باسمه! كان «نيوتن» يبحث ويصل إلى نتائج عبقرية، متجاهلًا العالم كله، ومُرضيًا لشغفه وكبريائه فقط. في هذه الفترة، بدأ «نيوتن» يؤمن بأن الفلسفة الطبيعية لا بُدَّ أن تتجاوز حدود الترجيح، معللًا ذلك بأن فلسفة الطبيعة (علم الطبيعة) يمكن أن تصل إلى مستوى مطلق من اليقين إذا اعتمدت على المبادئ الرياضية.

في هذه الأوقات، بدأ عالم الرياضيات «جون كولينز» يلاحظ أن «نيوتن» أصبح ماكينة إنتاج لأبحاث من شأنها أن تجعله أروع وأذكى عالم رياضيات عرفه العالم، وحثه على أن ينشر هذه الأعمال، إلَّا أن «نيوتن» لا يزال يرفض ولا يهتم بالنشر الذي رآه دائمًا سببًا في سلب حريته الخالصة وكبريائه، ويمكن القول إن سبب هذا التجاهل للعامة هو عدم قابلية عبقريته الفذة للنقد!

حتى إن «بارو» لمَّا سلَّم نسخة من تليسكوب «نيوتن» العاكس إلى الجمعية الملكية ([14])، وأرسلت الجمعية إلى «نيوتن» تخبره أن جهازه نال استحسان لجنتها، وأن الجمعية سترسل وصف الجهاز وتركيبه إلى باريس لمنع ادعاءات بعض علمائها بأسبقية اختراعه، أخبرهم نيوتن بمنتهى الترفُّع واللامبالاة أنه اخترع الجهاز منذ بضع سنوات وحفظه عنده من دون جلب أي مشكلات ولم يكُن يريد إرساله لأحد!

بعد فترة قليلة، استسلم «نيوتن» لأهمية التعامل مع الجمعية الملكية التي وصف أعضاءها بأنهم «القضاة الأكثر صراحة وكفاءة في الأمور الفلسفية»، وأرسل إليهم أبحاثه في البصريات عن الانكسار والألوان؛ ولكن نجم الجمعية وقتئذ، وهو «روبرت هوك»، أخبر الجمعية أن لديه تحفظات خطيرة بشأن هذه الأبحاث، بادئًا بذلك عداوة أبدية مع «نيوتن» الذي كان سيئًا جدًّا في التعامل مع الناس، خاصَّةً إذا انتقدوه.

خاض «نيوتن» نقاشًا مطولًا مع «هوك» حول أسباب انكسار الأشعة الذي عزاه «نيوتن» إلى وجود «الأثير» الذي يمثل الوسط الذي يمر الضوء بداخله، وكان يعتقد أيضًا أن الأثير هو سبب كثيرٍ من الظواهر الأخرى، مثل: الكهرباء والمغناطيسية، ووصفه بأنه أكثر خلخلةً ومرونة، ورقّة من الهواء.

وفي فترة ما من فترات السلام النادرة بين «نيوتن» و«هوك»، الذي أصبح سكرتيرًا للجمعية الملكية، طلب «هوك» من «نيوتن» أي أعمال أو أبحاث تتعلق بالحركات المدارية وتحليل حركات الكواكب، إلَّا أن «نيوتن»، الذي كان مشغولًا في هذه الفترة بمرض والدته وأبحاثه اللاهوتية الغامضة، أخبر «هوك» أنه مشغول ولم يكرِّس وقتًا لهذا الأمر، لكنَّه سيفعل فيما بعدُ، وبالفعل بدأت فكرة المدارات تسيطر على اهتمام «نيوتن»، وهو المهووس الذي لا يهتم بشيء إلَّا ويصل إلى قاعه، وبالتالي ابتعد عن البصريات والخيمياء التي كانت تأخذ كل وقته تقريبًا، وبدأ يركِّز على كيفية حركة جسم نحو جسم آخر يجذبه من مسافة ما.

سيقوم «نيوتن» أخيرًا بتسخير مجهوده وقدراته لمواجهة هذا الكون وتحركات أجرامه، محاولًا أن يجعلها قيد السيطرة والفهم، ولا ينسى أحدٌ أنه في هذا الوقت كان متسلحًا بالرياضيات، السلاح الوحيد القادر على أن يجعله يفوز في معركته ويحوِّل هذه الفوضى إلى نظام.

هناك أكثر من موقف دفع «نيوتن» إلى هذا الطريق دفعًا، ليصل في النهاية إلى تحفته النادرة «المبادئ الرياضية للفلسفة الطبيعية»، أهم مؤلَّف كُتب في علوم الفيزياء على الإطلاق!

أول ما دفع «نيوتن» إلى هذا الطريق هو مراسلاته مع «هوك» حول كيفية سقوط جسم ما إلى مركز الأرض لو افترضنا أن الأرض لن تقاومه حتى يصل إلى مركزها، وقد كانت هذه المناقشات من أروع النقاشات العلمية المعروفة؛ إذ أخذ كل منهما يدلي بدلوه، ففي الوقت الذي اعتقد فيه «نيوتن» أن حركة جسم مثل هذا سوف تكون حلزونية عند مركز الأرض، آمن «هوك» بأن هذا الجسم سيظل يدور في شكل قطع ناقص (بيضاوي) حول المركز، وقد تستمر هذه الحركة إلى الأبد.

ولقد دفع هذا الموقف كثيرًا من المؤرخين إلى القول إن «هوك» في هذا النقاش قد تفوَّق على «نيوتن» كثيرًا وإنه بهذا المنطق الذي رجَّحه قد وضع أساسًا للحركة المدارية، لكنه لم يستطِع أن يبرهن أسباب هذه الحركة التي وصفها، بمبادئ فيزيائية سليمة، ولو فعل لربما تغيَّر التاريخ!

وفي ظل عجز «نيوتن» المعتاد عن تحمُّل فكرة التعديل عليه، رد على «هوك» مفترضًا أن حركة هذا الجسم حول مركز الأرض لن تكون قطعًا ناقصًا، لكن هذا الجسم سوف يدور حول المركز في حركة متناوبة بين الصعود والهبوط بسبب تفاعُل القوة الجاذبة مع قوة أخرى طاردة؛ حيث تتفوق إحداهما على الأخرى بالتناوب، وهي فكرة بعيدة كل البعد عن تحليله الذي سيتبناه فيما بعدُ!

وفي نهاية النقاش، أرسل «هوك» إلى «نيوتن» قائلًا: وفقًا لافتراض أن الجاذبية تتناسب عكسيًّا مع مربع المسافة من مركز الجاذبية (وهو افتراض صاغه «نيوتن» قانونًا بنفسه، يُعرف باسم قانون التربيع العكسي)، فإنه لا يبقى لنا إلَّا أن نعرف ماهيَّة المسار الذي سيسلكه جسم منجذب مركزيًّا وفقًا لقوة تتناسب عكسيًّا مع مربع المسافة التي تبعده عن مركز الجذب، ثم نوَّه «هوك» بكيفية ربط قانون التربيع العكسي هذا بالمدار الذي وصفه «كيبلر» في قانونه الأول بأنه سيكون قطعًا ناقصًا.

وعلى الرغم من إنكار «نيوتن» الدائم لقدرات «هوك»، فإنه قد اعترف فيما بعد لـ«إدموند هالي» ([15]) أن هذا الحوار قد دفعه مجددًا إلى التفكير في حركة الأجرام

السماوية وآن هذا هو الوقت الذي استخدم فيه «نيوتن» قوانين «كيبلر» على نحو جدِّي لإثبات أن أي جسم يتحرَّك على مدار يتخذ شكل قطع ناقص يخضع لقانون التربيع العكسي للجاذبية.

ومع أن «هوك» يظهر في هذه المراسلات شخصًا طيبًا مقارنة بـ«نيوتن»، فإنه لم يكُن كذلك أبدًا، فبعد سنوات قليلة سيحاول أن يسلب من «نيوتن» أهم أعماله على الإطلاق مُدَّعيًا أن له حقًّا فيها (ومن يدري؟! لعل له حقًّا فيها؛ فتاريخ أوروبا يحتوي على زيف كثير).

وقد أثَّرت مراسلات أخرى في عقل «نيوتن» وتوجُّهاته الفكرية بشأن الحركات السماوية، لكن هذه المرة كانت النقاشات بسبب ظاهرة فريدة أثارت انتباه الفلكيين؛ ففي أوائل نوفمبر عام ١٦٨١م، ظهر في السماء مذنَّب لامع جذب الأنظار وعزَّز الخلل الواضح عند الفلكيين كلهم؛ حيث كان ظهور المذنَّبات أمرًا غير اعتيادي، وبالتالي لم يكُن الفلكيون على أي دراية بمداراتها أو حتى طبيعتها!

لم يمر على اختفاء المذنَّب شهر تقريبًا حتى لمعت السماء بمذنَّب آخر! وعندها لاح في عقول الفلكيين ألف سؤال وسؤال.

هل هذان مذنَّبان، أم هما واحد؟

وإذا كانا واحدًا، فما الذي حدث؟

كيف كان مساره الذي جعله يظهر مرتين في قرابة شهر؟

وكيف يمكن أن تتكشف الإجابات في ظل تكهُّنات وتضارب في كل شيء له علاقة بالمذنَّبات، حتى طبيعتها؟

فمثلًا: ذهب «ديكارت» إلى أن المذنَّبات ما هي إلَّا شموس قد استُنفدت قوتها، وكانت أغلب الظنون الواهية تؤمن بأنها تسير في خطوط مستقيمة!

وسط كل هذا الكم الهائل من الضبابية، أرسل الفلكي الملكي الأول «جون فلامستيد» ([16]) إلى أستاذ الرياضيات المشهور في كامبريدج «إسحق نيوتن» يخبره أن كلا المذنَّبين واحد وأنه قد تنبَّأ بعودة ظهوره قبل أن يظهر في المرة الثانية، وفي الوقت نفسه فإن «فلامستيد» أخبر «إدموند هالي» بتفسيره مسار المذنَّب قائلًا: إن المذنَّب أخذت الشمس في جذبه نحوها بقوة، لكنه كان يتحرك تحركات جانبية بسبب الدوامة الشمسية ([17]) الناتجة عن دورانها، وعندما اقترب إلى الشمس كان قد واجهها بأحد جانبيه بسبب زيادة التوائه بفعل الدوَّامة، ثم تحولت قوة الجذب إلى قوة طاردة وأبعدته ليعاود الظهور مرة أخرى.

كان «نيوتن» قد انبهر بالمذنَّب وراح يراقبه لمدة تزيد على أسبوعين خلال ظهوره الثاني، مستخدمًا تليسكوبات قوية من صنع يديه، وقرأ تحليل «فلامستيد» جيدًا ثم علَّق عليه بأنه على الرغم من قدرته على تخيُّل استمرار الشمس في جذب المذنَّب لينحرف عن مساره الأصلي فإن هذا الانجذاب لم يكُن ليجعل المذنَّب يتوجه مباشرة نحو الشمس!

ولو أنه بالفعل مذنَّب واحد واستدار أمام الشمس، فإنه لم يكُن ليظهر في المسار الذي رآه الفلكيون أبدًا!

والمشكلة الكبرى أنه لو كان مذنَبًا واحدًا فأين كان في الفترة الزمنية بين آخِر مشاهدة له في المرة الأولى وأول مشاهدة له في المرة الثانية؟

أخذت الأسئلة تزداد، وكان الحل الوحيد عند «نيوتن» للإجابة عن السؤال الأخير هو تخيُّل أن المذنَّب قد استدار على الجانب الآخر من الشمس (وهو الأمر الذي لامس الصحة فيما بعدُ)، لكن ما التفسير الفيزيائي الوصفي لذلك؟

وما زاد الأمر تعقيدًا هو عدم التسليم بحقيقة واحدة صحيحة لمفهوم الجاذبية؛ فـ«فلامستيد»، مثلًا، كان يتبنى فكرة «ويليام جيلبرت» ([18]) التي تقضي بأن الجاذبية ما هي إلَّا قوى مغناطيسية، لكن «نيوتن» كان يرفض هذه الفكرة من أساسها، مستندًا إلى فهمه العميق لطبيعة المغناطيسيات، ثم إن «فلامستيد» لم يشرح كيف تحولت الشمس فجأة من الجذب إلى الطرد!

بعد هذه التساؤلات كلها، عاد «نيوتن» إلى فكرته التي ذكرها في نقاشاته مع «هوك» عن كيفية وجود قوة طرد تتبادل التأثير على الجسم المنجذب مع قوة الجذب وتتفوَّق إحداهما على الأخرى من لحظة إلى أخرى، وأرسل إلى «فلامستيد» يخبره أن القوة الطاردة قد تغلبت على القوة الجاذبة عند النقطة التي بدأ المذنَّب فيها الابتعاد عن الشمس على الرغم من وجود قوة الجذب.

دفعت هذه الأحداث والمراسلات كلها «نيوتن» إلى الخوض في حالته المعتادة من التأمُّل، لكن هذه المرة لا يتأمَّل ويبذل المجهود في أصول المعادن وكيفية تحويلها إلى بعضها أو غير ذلك من أبحاثه الخيميائية الغامضة، بل كان التأمل هذه المرة في تلك السماء الرائعة وهذه الأجرام التي لا تكاد تتوقَّف عن الحركة في طرقاتها: كواكب، ونجوم، وشمس، ومذنَّب متطفل!

ما الشرح المناسب الذي يمكن أن يجمع بين هذه الحركات كلها؟

وبدأت التأمُّلات تؤتي ثمارها عندما بدأ «نيوتن» تفنيد بعض الأفكار القائمة وافتراض أفكار جديدة غاية في البراعة؛ إذ أكد عدم قبول فكرة القوى المغناطيسية الحاكمة لحركات الأجرام التي ابتدعها «جيلبرت»، واستبعد معها فكرة «ديكارت» التي كانت تقضي بأن الكون ممتلئ بجسيمات دقيقة متكاثفة تتحرك الأجرام خلالها مثل تحرُّك الورقة في الماء، وأخذ يفكِّر من جديد عن ماهية القوة التي تحرك الأجسام في السماء، وهو السؤال الذي سبق أن حذَّر «جاليليو» من صعوبته.

لكن «نيوتن» خطرت في باله فكرة رائعة.

في أحد أوقات «نيوتن» التأملية، وهو مستغرق في كم هائل من الأسئلة المحيرة، تساءل عن سقوط الأشياء إلى الأرض دائمًا!

وقصة سقوط التفاحة، واعتبارها الملهم له بهذا السؤال، أمرٌ نفاه الكثير وأكده الكثير، المهم أنه عندما سأل نفسه هذا السؤال: «لماذا تسقط الأشياء دائمًا إلى الأرض؟»، ارتقى به عقله إلى سؤال أعظم وأهم، هو: «إذا كانت الأشياء تسقط دائمًا إلى الأرض، فهل القمر يسقط أيضًا؟».

هذا هو أحد أروع الأسئلة التي سألها إنسانٌ لنفسه يومًا ما.

كانت الإجابة التي قالها «نيوتن» لنفسه عندها هي: «نعم.. القمر يسقط»!

ثم زادت الإجابة تجليًا عندما أدرك «نيوتن» أنه يستطيع الجمع بين الفيزياء الأرضية والفيزياء السماوية في صورة واحدة؛ فالقوة التي تجذب الأشياء إلى الأرض لا بُدَّ أن تكون هي ذاتها التي وصلت إلى القمر وحددت مساره.

تخيَّل «نيوتن» نفسه جالسًا على قمة جبل يرمي بحجر، وفكَّر أنه كلما زادت القوة التي يرمي بها الحجر سيصل الحجر إلى مكان أبعد، وعندها قفز القفزة الحاسمة سائلًا نفسه سؤالًا جديدًا، هو: «ماذا سيحدث إذا قذف الحجر بسرعة كبيرة بحيث لا يسقط على الأرض؟»، عندها أدرك أن ذلك الحجر الذي يقع باستمرار في مجال الجاذبية الأرضية لن يقع على الأرض، بل سيدور حولها، إلى أن يرجع في النهاية إليه فيضربه في مؤخرة رأسه. وبتطبيق هذه الرؤية الجديدة على القمر بدلًا من الحجر، رأى أنه في حالة سقوط مستمر، لكنه لا يسقط أبدًا على الأرض؛ لأنه تمامًا كالحجر، يدور حول الأرض في فلك مُحدَّد.

وهذه القوة التي جعلت القمر ينجذب إلى الأرض هي «الجاذبية» التي احترنا فيها وهي قوة ليست متعلقة بالشمس فقط!

في هذه اللحظة، لجأ «نيوتن» إلى سلاحه المعتاد: الرياضيات، واستخدم التفاضل والتكامل اللذين طوَّرهما بنفسه، ليحسب حركة سقوط القمر (دورانه)، فلم تكُن هناك أي رياضيات أخرى قادرة على حساب حركة الأجسام المتحركة الخاضعة لقانون التربيع العكسي. وما لبث أن أدرك «نيوتن» أنه لو استطاع فهم حركة القمر حول الأرض، فإنه سيفهم حركة الكواكب حول الشمس.. أخيرًا: هناك إمكانية لإخضاع هذه الحركات كلها لنظام واحد.

توصَّل «نيوتن» إلى كثيرٍ من الاستنتاجات وفقًا لبعض الفروض التي افترضها، وكانت جُل فرضياته تتعلَّق بالحركة والقوى التي تؤثر فيها، وبعدما صاغ رياضيًّا كل ما توصل إليه، الذي لا يعلمه أحد غيره من الفلكيين، شعر بأن كبرياءه قد رضيت بما استنتجه، وأنه وضع إطارًا رياضيًّا منظمًا للكون، في الوقت الذي كان فيه الفلكيون كلهم يحاولون محاولات بائسة.. وما إن انتهى من إرضاء غروره حتى ترك الأبحاث التي توصَّل إليها لتحمل الغبار بدلًا من الأرفف، وبعد فترة قصيرة نسيها!

ولكن، لحسن الحظ، فقد قُدِّر لأحدٍ ما أن ينقذ ما توصَّل إليه «نيوتن» من الضياع بسبب عدم اهتمامه الغريب بالنشر.

في يناير عام ١٦٨٤م، زار الفلكي الملكي «إدموند هالي» «نيوتن» في كامبريدج، وكان سبب الزيارة هو مناقشته في طريقة عمل الحركات السماوية التي أصبحت محط اهتمام ومناقشات الفلكيين كلهم بعد حادثة مذنَّب الشتاء (١٦٨١- ١٦٨٢م) الذي ظهر مرتين، وسأله «هالي» عن شكل المنحنى الذي سينتج من قانون التربيع العكسي لجسم يدور حول جسم آخر، وكانت المفاجأة أنْ أجابه «نيوتن» بسرعة قائلًا: إنه سيكون قطعًا ناقصًا، وهو أمر أثبتُّه رياضيًّا بنفسي.

بالطبع يمكن أن تتخيل كيف كان ذهول «هالي» عندما علم أن هذا الرجل قد أجاب عن أهم أسئلة الفلكيين بل وأثبتها رياضيًّا ولم يهتم بنشرها!

وعندما أراد «نيوتن» أن يعرض ما توصَّل إليه من إثباتات على «هالي»، لم يجدها! نعم، ضاعت ضمن ما يضيع؛ لذلك أخبر «هالي» أن يمهله فترة قصيرة

حتى يجهزها له.

وبالفعل، بعد فترة تلقَّى «هالي» أطروحة رياضية قصيرة بعنوان «عن حركة الأجسام في الفلك»، وكان الكون الموضَّح في الأطروحة عبارة عن منظومة مجردة للأجسام المتحركة تتبع قوانين رياضية معينة، ووضع «نيوتن» مصطلح قوة الجذب المركزي لوصف القوة الجاذبة التي تعمل ضمن هذه المنظومة، ووصف حركة الجسم في خط مستقيم بأنها حركة فطرية وأن الأجسام تستمر في التحرك بلا نهاية عبر خط مستقيم ما لم يؤثر عليها شيء، كان هذا هو أساس قانون الحركة الأول في كتاب «المبادئ الرياضية»، وشملت الأطروحة أيضًا فروضًا مبدئية لقوانين كثيرة منها سيتم اشتقاق قانوني الحركة الثاني والثالث في الكتاب نفسه.

كما أثبت «نيوتن»، في هذه الأطروحة، قانون «كيبلر» الثاني، ثم بيَّن أن الأجسام الدوَّارة تخضع لقانون التربيع العكسي وأن الكواكب تنتمي لمثل هذه الأجسام في حركتها، وبالتالي تخضع لقوانينها.

وللمرة الأولى في التاريخ، دمج «نيوتن» المذنَّبات ضمن منظومته قائلًا إن لها مدارات وإنها تعاود الظهور على فترات منتظمة؛ ثم أشار إلى جوهر مهم جدًّا، هو أن الكواكب أيضًا يمكن معاملتها كأجسام جاذبة مركزيًّا، وهذا يفسِّر حركة القمر حول الأرض وأقمار المشترى حوله.

لم يقف «نيوتن» عند هذا الحد؛ فبعد فترة قصيرة جدًّا، في أوائل عام ١٦٨٥م، رفع فرضياته كلها إلى مستوى القوانين، ووسَّع هذه الأطروحة لتصبح ثلاثة كتب تمثل أبحاثًا عريضة، الأول بعنوان «محاضرات عن الحركة»، والثاني بعنوان «عن نظام العالم»، ثم اشتق من الأول «الكون» ليصبح الكتاب الثالث.

قام «نيوتن»، في هذه الكتب، بتعزيز تحليله لحركات جسم تابع (القمر) واقع تحت تأثير جسمين أو أكثر (الأرض ـ الشمس)، يعني أنه يريد أن يصبح قادرًا على تحديد سلوك أي جسم من خلال معرفة القوى المؤثرة عليه، وفي كتاب «الكون» وضع الحجر الأخير على قبر منظومة «بطليموس»، مشيرًا إلى أن أصل الفلسفة الطبيعية كان يعتمد على أن الشمس هي مركز الكون وليس الأرض، لكن هذه العقيدة انحرفت بسبب سوء التأويل، وكانت هذه آخر مرة سيتم ذكر منظومة «بطليموس» فيها كمنظومة صالحة؛ لأن «نيوتن» لم يدحضها فلسفيًّا أو حتى بالمشاهدات فقط، بل إنه قام بوضع نظام رياضي كامل يتماشى مع نظام «كوبرنيكوس».

وأشار «نيوتن» إلى أن المذنَّبات ليس من الجديد أن نعاملها معاملة الكواكب، معلِّلًا ذلك بأن المصريين قد عرفوها وعلموا أنها يمكن التعامُل معها وكأنها نوع من الكواكب، شأنهم في ذلك شأن الكلدانيين، وأن الإغريق في الأساس تلقوا فهمهم للكون من المصريين والإثيوبيين.

وعندما رأى «إدموند هالي» هذا الحجم الهائل من الاكتشافات والتحقيقات الرياضية والقوانين، علم أنه بين يدي الأبحاث الوحيدة على وجه الأرض التي تفك شفرة هذا الكون لأول مرة!

لم يستطِع «إدموند هالي»، الفلكي الملكي والتاجر الثري المُحب للعلم، إلَّا أن يقول لـ«نيوتن»: لا بُدَّ من نشر هذه الأعمال بأي طريقة. وبسبب ظروف مالية صعبة

تعسَّرت فيها الجمعية الملكية بسبب تحمُّل تكاليف نشر كتاب عن الكائنات الحية في البحار لم يلقَ أي قبول أو مبيعات وقتها، اضطر «هالي» أن يستسلم لشغفه ويعرض على «نيوتن» أن ينشر له هذا العمل بنفسه على نفقته الخاصة، ولعلَّنا ندرك الآن أنه أحق الناس بأن يحمل اسمه هذا المذنَّب الجامح.

في عام ١٦٨٧م، خرج إلى العالم كتاب يضم هذه الأبحاث كلها تحت عنوان «المبادئ الرياضية للفلسفة الطبيعية».

وهو العملِ الذي مثَّل اختصار كل شيء متعلق بالكون في القرون الثلاثة التي سبقته، وكلِّل مجهودات «كوبرنيكوس» و«كيبلر» و«جاليليو» وغيرهم.

وهو القانون الذي وصف كل حركة تحدث في السماء ومكَّن من التنبُّؤ بها ففرض على الكون شكلًا منظمًا قابلًا للفهم.

وهو الدستور الذي تخضع له الأجسام المتحركة كلها، حتى إن كانت على الأرض في حياتنا اليومية، فكل شيء خاضع للحركة والقوى؛ كل شيء خاضع لعلم «الميكانيكا».

احتوى الكتاب على ما يُعرف اليوم باسم «قوانين نيوتن للحركة»، التي ينص الأول منها على أنَّ: «الأجسام تبقى على حالتها الحركية كما هي ما لم تؤثر عليها قوى أخرى».

والثاني: «القوة المؤثرة على جسم ما تساوي حاصل ضرب الكتلة في التسارع (العجلة)»، وهي المعادلة صاحبة الفضل على الثورة الصناعية، التي صنعت المحركات البخارية، والقطارات، والمصانع، والآلات، وحتى البنايات الضخمة؛ كل حجر فيها محسوب له كيف يؤثر على غيره بالمعادلة نفسها، ذلك كله يخضع لقانون الحركة الثاني لـ«نيوتن».

والثالث: «كل فعل (تأثير قوة) له رد فعل (تأثير مضاد) مُساوٍ له في المقدار، ومعاكس له في الاتجاه».

وهذا هو القانون الذي تعمل به الصواريخ! ولولاه لما غادر شيءٌ سطح الأرض؛ إذ يعتمد الصاروخ في انطلاقه على أن يضرب الأرض بالغازات المندفعة رأسيًّا مصطدمة بالأرض، وبالتالي يتولَّد رد فعل قادر على دفع الصاروخ كما تراه اليوم على شاشات التلفاز.

بذلك احتوى الكتاب على أول قوة كونية تعرَّف إليها الإنسان، وهي «الجاذبية»، التي ساعدت في شق الطريق لكل القوانين التي أدت إلى الثورة الصناعية التي أسقطت ملوك أوروبا وملكاتها، وصاغ «نيوتن» للجاذبية قانونًا عامًّا يقضي بأن «أي جسم في الكون ينجذب لأي جسم آخر بقوة تتوقَّف على كتلة الجسمين والمسافة بينهما».

وبواسطة هذا القانون، أصبح التنبُّؤ بمسار أي جسم يتحرَّك في السماء أمرًا سهلًا جدًّا؛ فبمجرد معرفة الأجسام الأخرى التي تؤثر عليه يمكننا أن نرسم طريقه بمنتهى الدقة!

رغم كل هذا الإبداع والتجديد فإن «نيوتن» قد أبقى على فلسفة أرسطية صرفة تقضي بأن المكان مطلق، والزمان المطلق؛ ولكن ليس بمنظور قديم يقلد

«آرسطو»؛ بل بشكل رائع يتماشى منطقيًا مع نظريته الجديدة واللامعة، وتعني فلسفة المكان المطلق أن المكان ثابت لا يتغيَّر وأن المرء يمكن أن يجزم إذا كان حدثان قد وقعا في وقتين مختلفين أنهما وقعا في الموضع نفسه.

بمعنى أن المكان (الفضاء) بالنسبة لـ«نيوتن» كان مسرح الأحداث؛ حيث يكون الفضاء هو الإطار لكل ما يحدث في الكون، كخشبة المسرح التي لا تتغيَّر، وثابتة بحيث لا تؤثر في أحداث المسرحية ولا تؤثر الأحداث فيها، وكذلك الزمان فهو ثابت مطلق، بحيث يمكننا أن نجزم بتزامن حدثين قد وقعا مهما كان موقع كل حدث.

على هذا، اعتبر «نيوتن» أن الزمان والمكان يمثلان مرجعية مطلقة نستطيع أن نحكم من خلالها على حركة جميع الأجسام.

بهذه الطريقة، كان «نيوتن» قادرًا على وصف الكون كما لم يفعل أحدٌ من قبل وضَبَطَ قوانينه عليه، هذه القوانين التي اعتبرت أن الفضاء الذي لا نستطيع أن نلمسه شيء حقيقي، ليصبح «نيوتن» أول من جعل للفضاء حقيقة فيزيائية، وجعله معيارًا لحركات معينة لا تظهر بوضوح إلَّا بالنسبة لهذا الفضاء الثابت.

وبناءً على هذه الفلسفة «النيوتنية»، دخل الأثير إلى الفيزياء من باب كبار الزوار؛ فقد أقرّ «نيوتن» أن الفضاء له حقيقة فيزيائية، وبالتالي فإنه يقف في صف وجود الأثير ويدعمه بدليل قوي جدًّا؛ فنكران الأثير يخالف الحقائق الأساسية للميكانيكا؛ لأن السلوك الميكانيكي لمجموعة أجسام تجوب الفضاء لا يتوقف على المسافات والسرعات النسبية وحسب، بل على حركة الدوران، وهي حركة تتميَّز عن غيرها في عالم «نيوتن» في أنها لن تنفع فيها حركة الجسم بالنسبة لغيره، بل تحتاج إلى معيار آخر، ومن ثَمَّ أعطى «نيوتن» للفضاء وجودًا موضوعيًّا حتى تصبح حركة الدوران حركة حقيقية؛ تخيَّل نفسك تدور وأنت في مكانك فإنك بالطبع سترى كل ما هو حولك يتحرَّك بسرعة وفقًا لحركة دورانك، ويمكنك أن تقول إنك تدور بالنسبة لهذه الأشياء المحيطة بك، فماذا لو اختفى كل شيء حولك؟ لا شيء يبقى سوى الظلام، أو على وجه الدقة الفضاء الفارغ الذي نعتبره لا شيء، فهل ستشعر ساعتها أنك لا تدور؟ بالطبع لا، فحتى وأنت لا ترى حولك شيئًا ستظل تشعر أنك تدور، واندفاع جسمك وذراعيك في عكس اتجاه دورانك سيؤكد إحساسك بالدوران، لكن في هذه الحالة أنت تدور بالنسبة لأي شيء؟ لن تجد إجابة إلَّا أنك تدور بالنسبة إلى الفضاء، ولذلك اعتبر «نيوتن» أن للفضاء حقيقة فيزيائية، واعتمد على ذلك في معادلاته.. وهكذا، شئنا أم أبينا، فإنه بكل سهولة كان يستطيع أن يسمِّي فضاءه المطلق هذا أثيرًا، أو قل إن شئت يحشوه بالأثير الذي يعطيه صفة الوجود الموضوعي.

لقد قال «آينشتين» واصفًا هذه الفلسفة التي تُعتبر أغرب ركن في نظرية «نيوتن»: «إن ما تصوره نيوتن من المكان المطلق، وهي الفكرة التي يعيبها الكثير عليه الآن، كانت أكثر النقاط المنطقية التي اتسق فيها نيوتن مع نظريته! حيث أدرك أن المسافات بين النقاط المادية وتطورها عبر الزمن لا تعني الحركات تمامًا من وجهة النظر الفيزيائية؛ لذلك فإنه يرى أنه، بالإضافة إلى الكتل والمسافات والزمن، لا بُدَّ من أن هناك معيارًا آخر يحدد الحركة، وهذا المعيار هو الفضاء نفسه الذي تحدث فيه الحركة؛ فهو مطلق لا يتغيَّر، وهو يدرك أن المكان لا بُدَّ أن تكون له حقيقة فيزيائية لكي تكون قوانينه ذات معنى».

أثبت «نيوتن» وجهة نظره هذه من خلال تجربة دلو الماء الشهيرة التي تقوم على أساس تعليق دلو به ماء بحبل ثم ثني هذا الحبل كثيرًا، وبعد التأكُّد من أن الماء بداخل الدلو قد استقر تمامًا واستوى، يُترك الحبل حيث يبدأ في الدوران ومعه الدلو، وعندها لاحظ «نيوتن» أن الماء بداخل الدلو لا يتحرك ويظل ساكنًا على الرغم من حركة الدلو، وبعد قليل تنتقل الحركة من الدلو إلى الماء بفعل الاحتكاك، وعندما يدور الماء يتجه إلى الأجناب مفتعلًا بؤرة مقعرة في الوسط وفقًا لفكرة القوة الطاردة المركزية، وبالتالي فإن «نيوتن» استشفَّ من هذه التجربة أن الماء لما كان ساكنًا، ولكن الدلو يتحرك (أي أن هناك حركة نسبية للماء بالنسبة للدلو)، فإن المتوقَّع الطبيعي والقوة الطاردة المركزية لم تحدث، لكن عند حركة الماء نفسه بدأت القوة الطاردة بالعمل وأصبح الوضع طبيعيًّا حتى بعد توقُّف الدلو، أي أن هناك مرجعًا آخر يدور الماء بالنسبة إليه، وهو المكان نفسه، وبالتالي افترض «نيوتن» أن تكون حركة الأجرام بالنسبة للفضاء حركة مطلقة في مكان ثابت.

وفي النهاية، أنتج لنا «نيوتن» صرحًا فكريًّا رائعًا، على حد تعبير «آينشتين»، وأعطى لنا عالمًا منظمًا، وقوانين ثابتة لا تكاد تخطئ، ولا يزال العلماء يستخدمون تلك القوانين إلى يومنا هذا، على الرغم من التغيُّرات التي طرأت على نظريته فيما بعدُ! إلَّا أن قوانينه يتبعها العلماء بمنتهى الانصياع في إطلاق الصواريخ وهبوط الطائرات، وحركات الفضاء، والتنبؤ بمسارات الكواكب والأجرام الأخرى!

يمكن القول: إن «نيوتن» أهدى للجنس البشري كونًا يمكن العيش فيه واكتشافه بسهولة على عكس الكون المعقد الغامض الذي كان معروفًا قبل ذلك.

∞ ∞ ∞ ∞ ∞

الفصل الخامس

على خشبة المسرح

«لكن فاراداي تميَّز عن غيره بقدرة على التفكير التصوري للأشياء، فهو ينظر إلى السلك ويرى في عقله قوى تدور حول السلك بشكل لولبي، تصطدم بخطوط القوى المغناطيسية التي تتحكَّم في اتجاه الإبرة فتحركها، لم يكُن هناك عقل يتجرأ على أن يشطح بتصوره إلى هذا الحد ويقول إن ثمة تفاعلًا بين القوى الكهربية والمغناطيسية من أي نوع»!

افتتح «هانز ريشنباخ» مقالًا بعنوان «الأثير» قائلًا: إن علم الفيزياء اضطر إلى تجاوز تصورات «كوبرنيكوس» و«جاليليو» و«نيوتن» بسبب المسائل التي أُثيرت بخصوص الكهرباء وظواهر علم البصريات.

ومن الطبيعي جدًّا أن يستغرب القارئ ويستوحش عندما يمر هذا الكلام على عقله.. أيعقل أنه بعد كل هذه الثورات الفلسفية والفكرية التي أحدثها هؤلاء الأفذاذ يتجاوزهم علم الفيزياء سالكًا طريقًا مغايرًا جديدًا يزيل منه غموضه؟!

وهل بقي هناك غموض أصلًا؟

ألم يعطنا كتاب «المبادئ الرياضية» حلولًا مُرضية لألغاز الفضاء وتقلباته؟

ألم نفك الرموز بعد؟

والحق أن هؤلاء الرجال المبدعين قد واجهوا عصرًا باليًا يدافع عن وجوده فهزموه، ودارت رحى الدنيا ليصبح هؤلاء الرجال أنفسهم يمثلون السلطات العظمى التي هيمنت على الفكر طول عصر بأكمله، وقد استحقوا ذلك عن جدارة.

لقد أعطانا «نيوتن» كونًا محكمًا نعرف ضوابطه ومسالكه من أول ورقة الشجر الساقطة وحتى حركة مذنَّب لا يراه المرء مرتين في حياته، وكلّل بذلك مجهود سابقيه الذين ذكروا في سطور الفصول السابقة، ولكن بحكم العادة والسنن، فعلى الجيل الأصغر أن يخوض معركة مماثلة لتلك التي خاضها هؤلاء المشاهير أنفسهم مع مَن قبلهم، وهو الطبيعي في مجال العلم، فلا بُدَّ أن يأتي الجديد على القديم فيثبت صحته أو يقوِّمه أو ينزعه من أساسه ويستبدل به، على أنه في الحالات كلها يكون قد استفاد من القديم وبدأ من منتهاه.

ويبدو أن التقدُّم في مجال معرفة الطبيعة لا يتحقق إلَّا من خلال الصراع بين جيلين متلاحقين. إن ما يُعتبر ثورة في كل نواحي التفكير في وقت ما يكون أمرًا واقعيًّا في وقت لاحق ثم يصبح معرفة مدرسية يكتسبها الإنسان من دراسته، معتقدًا صحتها وصدقها بوصفها يقينًا مستمدًّا من الخبرة اليومية؛ وعندها لا يفلح النقد أبدًا، لكن التاريخ أثبت أن النقد القويم يُعد ركيزة لأعظم الاكتشافات والثورات المعرفية؛ لذلك يحتاج العالَم دائمًا إلى رجال يشككون في الأمور الواضحة بموجب حواسّنا وواقعنا فتنفَذ أحكامهم إلى صميم الحقيقة كما فعل «ابن الشاطر» و«كوبرنيكوس»، ورجال يجاهدون من أجلها كما فعل «جاليليو»، ورجال يرتبونها ويكوِّنوا منها عزفًا متناسقًا كما فعل «نيوتن».

ولقد أرسى هذا الأخير قواعد علم القوى والميكانيكا وأرجع إليها تفسيرات كثيرٍ من الظواهر، وهي علوم في الأساس تعتمد على المادة، وبعد أن ظهر كتاب «المبَادئ الرياضية» إلى ساحات العلم والعلماء، أصبح بالفعل علم الميكانيكا هو صاحب الكلمة العليا لكل المعرفة الطبيعية تقريبًا، وظهر هذا جليًّا عندما أراد العلماء أن يفسروا ظاهرة الضوء على أساس أفكار الميكانيكا والفلك «النيوتني»، إلَّا أن المحاولات كلها قد باءت بالفشل، عندها فقط بدأ يلوح في الأذهان أن مشكلة الضوء هي أيضًا لا تُحل إلَّا بتفكيرٍ ثوريٍّ مُجدِّد.

كان «نيوتن» قد فسَّر انتشار الضوء بأنه انبعاث جسيمات دقيقة تُلقى في الكون ويمكنها النفاذ عبر الهواء والغازات بفضل دقة حجمها، ولقد تمكن، اعتمادًا على نظريته هذه، من تفسير ظواهر بصرية كثيرة، الأمر الذي جعل رؤيته للضوء تسيطر على العالم لمدة قرن تقريبًا، على الرغم من أن النظرية الموجية كانت قد صيغت بالفعل.

بدأت النظرة المادية للضوء تسقط كلما زاد تدخل ميكانيكا «نيوتن» في تفسير ظواهره أكثر فأكثر؛ إذ إن طريقها في تفسير ظواهر الضوء ـ بنص تعبير بعض الأدبيات المختصة ـ كان طريقًا ملتويًا حفل بالإحباط المستمر، فالأفكار والتجارب الجديدة تؤكد عدم كفاية ما تقدمه الميكانيكا من حلول.

في عام ١٦٩٠م، نشر العالم الهولندي «كريستيان هويجنز»، الذي قد بدأ عقده السابع والأخير، كتابًا بعنوان «مقالة عن الضوء»، يفسِّر فيه، بمهارة فائقة، إمكانية تفسير كل ظواهر الضوء بطريقة الانتشار الموجي، ولقد رحَّبت به الدوائر العلمية وقتها على الرغم من أنه قلب الأوضاع رأسًا على عقب؛ فـ«نيوتن» في أوج شهرته وكتابه الفريد ومبادئه هي دستور العلم في تلك السنوات، وعلى الرغم من أن «هويجنز» قد قدَّم تفسيرات رائعة ومتناسقة تؤدي إلى فهم تداخل الضوء وانحنائه فإن كتابه لم يقدِّم تفسيرًا واضحًا لأعم وأسهل حقائق الضوء على الإطلاق، وهي حقيقة انتشار الضوء في خطوط مستقيمة، وبالتالي تمسَّك العلماء بنظرية انبعاث الضوء ولزموا غرس «نيوتن»!

إن التفسير المادي لظواهر الضوء أو القول إن الضوء هو مجموعة جسيمات صغيرة، هو هيكل بدأ بالانهيار على نفسه بسبب المحاولات التجريبية لفهم سلوك الضوء، وبسبب نقاط جوهرية فلسفية كافية لإلغاء تلك التفسيرات تمامًا، هذا كله على الرغم من أن «نيوتن» قد فسَّر بنظريته بعضًا من الظواهر المحيرة.

كانت بداية التفكير الثوري لحقيقة الضوء وظواهره عند عالم الفلك الدنماركي «أول كريستينسن رويمر»، الذي اكتشف أن الضوء يتحرك بسرعة متناهية، لكنها سريعة جدًّا، وحدد هذه السرعة. لم تكمن روعة هذا الكشف في تحديد سرعة الضوء، بل في فكرة أن الضوء يأخذ وقتًا للانتشار، وهو تصور فيزيائي غير مسبوق؛ فحتى ذلك الوقت لم تكُن تلك الحقيقة تخطر على عقل إنسان مطلقًا، وهذا أمر طبيعي؛ لأن حقيقة أن الضوء يتطلب وقتًا للانتشار تتعارض مع الخبرة المباشرة في حياتنا، فنحن نرى الحجرة تضيء في اللحظة التي نشغل فيها المصباح.

ولكن كيف توصَّل «رويمر» إلى هذه الحقيقة؟

في عام ١٦٧٦م، وعندما كان «رويمر» يراقب أقمار المشترى بحذر، لاحظ انحرافًا ما في المدة التي تستغرقها الأقمار حتى تدخل في الظلام خلف المشترى وتبدأ في خسوفها، وكان هذا الانحراف يقدَّر تقريبًا ببضع ثوانٍ، وكالعادة أدت هذه الانحرافات الطفيفة إلى النفاذ بعمق لسبر أغوار الطبيعة كما هو الحال في علم يعتمد على الملاحظة الدقيقة والحسابات الأدق كعلم الفلك.

لنرَ كيف ساعده هذا الانحراف.

معلومٌ أن المشترى يدور حوله أربعة أقمار، وإذا نظر الراصد إليها من الأرض فإنه سوف يراها خلال دورتها بحيث تظل ظاهرة ما دامت على جانب المشترى المواجه للأرض، ثم تبدأ في الاستتار خلفه لتبدأ خسوفها، كان الوقت الذي يستغرقه كل قمر منها في دورته حتى يبدأ خسوفه معلومًا، وبالتالي فإن ميعاد خسوف كل منها معلوم، لكن «رويمر» لاحظ أن وقت خسوفها يتغيَّر قليلًا بحيث يتأخَّر عندما تكون الأرض بعيدة عن المشترى؛ لذلك سأل «رويمر» نفسه سؤالًا: ما الذي يجعل تلك الأقمار التي ليست لها علاقة بالأرض تتأخَّر في ميعاد خسوفها كلما ابتعدت الأرض أكثر عن المشترى؟

من هنا، توصل «رويمر» إلى إجابة بسيطة، لكنها وقتها كانت أغرب من الخيال، إن الضوء الذي يصل إلينا من هذه الأقمار قبل خسوفها يصل إلى الأرض أسرع كلما كانت الأرض أقرب؛ لأن الضوء يرتحل إلينا قاطعًا تلك المسافة، فإذا ابتعدت الأرض فإنه يضطر إلى قطع مسافة أطول، وبالتالي يتأخر قليلًا فيرصد الراصد من الأرض ميعاد الخسوف متأخرًا قليلًا.

الضوء له سرعة محدودة وقابلة للقياس!

لم يكتفِ «رويمر» بذلك، لكنه استغل معلومية المدة التي تستغرقها أقمار المشترى في الدوران حوله والمسافات بين الأرض والمشترى خلال حركتهما ليحسب الوقت الذي يتطلبه الضوء ليجتاز مسافة معينة.

كان اكتشاف أن الضوء ليس كما يظن الناس، له سرعة لا نهائية، إحدى أهم الحقائق التي عرفها الإنسان منذ الأزل، التي ساعدت في انتعاش الفكر لدى العلماء حتى يتحرروا من قيود النظرية المادية للضوء؛ فها هي حقيقة جديدة كليًّا عن الضوء لم يكُن يعلمها أحد، وبجانب هذه، كانت هناك عدة دوافع حرَّكت العقول أكثر نحو فكرة التفسير الموجي للضوء والتخلِّي عن التفسير الذري «النيوتني»؛ حيث اعتمد النصر الذي أحرزته النظرية الموجية على بعض الحقائق التي جمعها العلماء عن ظواهر الضوء، فلقد كانت ظاهرة التداخل استشكالًا كبيرًا يحتاج إلى تفسير واضح ومقبول، وهو ما فشلت فيه النظرية المادية تمامًا؛ لأن ظاهرة التداخل تقضي في جوهرها أن «ضوء + ضوء = ظلام»!

وهذا الجوهر البسيط يكفي للقضاء على النظرية المادية وحده؛ فمن المسلمات أن الجمع بين جزيئين ماديين لا يسفر إلَّا عن شيء مادي آخر، فكيف يتلاشى الضوء - إذا كان جسيمات - تمامًا ليعم الظلام؟!

إن فهم ظاهرة مثل ظاهرة التداخل كان أمرًا صعبًا جدًّا على أي عقل؛ فلا يوجد عاقل يصدِّق أن إضافة الضوء إلى الضوء قد تُنتج ظلامًا إذا حدث ذلك بتنسيق

خاص.

وفي الوقت الذي احتار فيه العلماء المتمسكون بالنظرية المادية للضوء، قدمت النظرية الموجة تفسيرًا رائعًا جدًّا لظاهرة التداخل؛ فإذا فهمنا الضوء على أنه موجة فمن السهل أن نتخيَّل موجةً أحدثها حبلٌ يتأرجح تسير فيه إلى الاتجاه الآخر، فإذا أُحدِثت موجة مُعاكسة من الطرف الآخر ليتقابلا تمامًا عند المنتصف فإن كل موجة من الموجتين ستلغي الأخرى، وهو أمر يسهل على طفل أن يفهمه؛ ولطالما كانت التفسيرات الصحيحة تقاس دائمًا ببساطتها.

ثم استقوت النظرية الموجية أكثر عندما قدَم الفيزيائي الفرنسي «فرينل» بحثًا يتعلق بالطبيعة الحقيقية للموجات الضوئية، وذكر أن هناك نوعين من الموجات: موجات طولية تتذبذب إلى الخلف والأمام في اتجاه انتشارها مثل الصوت، وموجات مستعرضة تتراقص إلى الأعلى والأسفل عرضيًّا في الاتجاه المتتابع مثل موجات الماء، ثم حدد «فرينل» أن الضوء ينتمي إلى الموجات المستعرضة، وخواصه تتماثل مع خواصها، وبالتالي فإن هذا التفسير يتفق تمامًا مع التفسير الموجي لظاهرة التداخل.

بدأت العقول تتجه إلى أن للضوء إذًا طبيعة موجية؛ وبالتالي فهو ليس مادة أو عنصرًا، بل ظاهرة حركية في وسط، فماذا يا تُرى يكون ذلك الوسط نفسه؟ وهو السؤال الشهير الذي يسأل عن الأثير..

ما الذي يتموَّج بالضبط؟

لقد عانى العلماء هذا السؤال مدة طويلة جدًّا، وسيظهر هذا جليًّا خلال السرد التالي؛ فبمجرد أن تطفو مشكلة الأثير على السطح تنهار النظريات وتحتار العقول، حتى النظرية الموجية قد أرَّقها هذا السؤال على الرغم من أنه ينبع من جوهرها: ما الذي يتموَّج بالضبط؟

إن واضعي النظرية الموجية استفادوا من مفاهيم الفلسفة الطبيعية القديمة وأطلقوا أيضًا على الوسط الذي يتموَّج فيه الضوء «الأثير»، من دون أن يعطوا أي تفسير فيزيائي مقنع، فبينما نرى موجات الماء المستعرضة هي ظاهرة غير مادية تنبع من مصدر مادي، وهو الماء نفسه، فإننا لا نرى أي شيء شبيه في حالة الضوء، ومهما كان هذا الوسط فلا بُدَّ أن يتجلَّى لنا في نواحٍ أخرى بعيدًا عن انتشار الضوء، فنحن لا نستدل على الماء من خلال ملاحظة الموجات، لكن هناك ألف طريقة أخرى نستدل بها على وجوده، مثل: مقاومته للحركة، والشعور برطوبته عند لمسه.. وهكذا، وبالتالي فحتَّى إن كان الأثير هو ألطف المواد ويتخلَّل فراغ الأجسام، فعليه أن يظهر في أي نشاط أو علامة، يجب أن تكون هناك آثار تدل على وجوده.

جدير بالذكر هنا أن تاريخ الفيزياء، وحتى بعد هذه الفترة، قد حفل بكثير من المحاولات المتطورة التي حاولت البرهنة على وجود الأثير، وكانت نتائجها سلبية، وحتى الطابع المستعرض لموجات الضوء في ذاته أصبح محط استشكال ومتاعب تفسيرية؛ لأن الموجات الطولية هي التي يمكن توقعها في مثل هذا الوسط اللطيف الذي كان العلماء بصدده.

علاوة على ذلك كله، فإنه من المعلوم أن هذا الأثير، كأي وسط، لا بُدَّ أن يُحدث حركات تيارية عند اقترابه من الأجسام والأجرام السماوية، تمامًا كما يحدث الماء

عندما يواجه جسمًا صلبًا، فلماذا لا نرى أي اضطراب يعتري انتشار الضوء يدلنا على مثل هذه الحركات؟

وهكذا فإن معظم التجارب البصرية التي اتجهت نحو إثبات وجود الأثير ذهبت كلها هباءً، وتؤكد النتائج كلها عدم وجود الأثير، ووجد العلم الطبيعي نفسه في موقف دقيق للغاية، فكل التجارب تدحض نظرية الأثير، وكان الاستسلام النهائي هو أنه لا شيء يثبت وجود الأثير إلَّا التفكير النظري الذي يقول إنه ما دامت هناك حركات موجية فلا بُدَّ من وجود وسط تتم فيه هذه الحركات.

على مثل هذه الحالات يعلق «هانز ريشنباخ» قائلًا: «هكذا يقوم تعارض بين العقل والخبرة، ولا بُدَّ من انتصار أحدهما في النهاية»، أو لعل الوضع سيظل على حاله هذا لمدة طويلة حتى تأخذ الفيزياء مسارًا جديدًا على أكتاف عقول نابغة جديدة ترسم تصورًا جديدًا لعملية انتشار تذبذبية لا علاقة لها إطلاقًا بأي وسط مادي.

بعد سنين، في عام ١٧٩١م، وبينما كانت برمنغهام تعاني بسبب أحداث الحرق والشغب التي تُعرف باسم «اضطرابات بريستلي»، كانت لندن تستعد لاستقبال مولود جديد، ففي سبتمبر من العام نفسه وُلِد الطفل «مايكل فاراداي» في بيت فقير لأب مسيحي متدين يعمل حدادًا، ترك «مايكل» المدرسة وهو ما زال في الصف الأول الابتدائي بسبب معاناته لثغة في لسانه كانت بمثابة جُرم عند معلمته التي لم ترحم صغر سنه وأطالت ضربه يومًا بعد يوم، ولم يتعلَّم في هذه المدة القصيرة إلَّا مبادئ القراءة والكتابة والحساب، حتى إنه قيل إن «مايكل فاراداي» قد بلغ سن الصبا وهو لا يعلم أن بداية كل جملة جديدة يجب أن تبدأ بحرف كبير!

عندما بلغ «فاراداي» منتصف عقده الثاني، بدأ عمله في دكَّان لتجليد الكتب، وعلى الرغم من تركه المبكر لمساره التعليمي فإنه كان شغوفًا جدًّا ومحبًّا للعلوم والمعارف؛ لذلك طبَّق على نفسه مفهوم «التعليم الذاتي» بالمعنى الحرفي له، وقد يكون هو العالم الوحيد في العصر الحديث الذي لم يلقَ تعليمًا رسميًّا على الإطلاق!

خلال عمله في دكَّان التجليد لم يترك «فاراداي» فرصة لقراءة كتاب إلَّا واقتنصها، فقرأ كثيرًا من الكتب وألمَّ بمعرفة لا يستهان بها في الكيمياء والفيزياء، وفي عام عمله السابع، وكهدية من أحد الزبائن المعجبين، حصل «فاراداي» على بطاقة دعوة إلى محاضرة للعالم الكبير السير «همفري ديفي».

«همفري ديفي» هو أكبر كيميائي إنجليزي وأحد أهم ألمع علماء بريطانيا.. فرصة كانت أبعد من أن يحلم بها شاب من طبقة فقيرة في مجتمع طبقي يسوده النبلاء ولا تتعداهم هذه الفرص.

كان العلماء في تلك الفترة هم علامات العصر، وكانت محاضراتهم في المسارح البريطانية وعروضهم لبعض تجاربهم أحد أهم المحافل التي يهتم بها الناس، خاصَّة النبلاء؛ وهناك في أحد تلك المسارح التي اشتهرت بها إنجلترا جلس «مايكل فاراداي» يشاهد «ديفي» وهو يستعرض بالكيمياء والقوى الكهربية الغامضة كأنه نجم مسرحي كبير، وكانت الكهرباء هي أعجوبة هذه الفترة وعروضها كانت تلقى استحسانًا كبيرًا، خاصَّةً عند صغار السن والشباب.

أُعجب الشاب «فاراداي» كثيرًا بتلك المحاضرات، حتى إنه اختصرها في كتاب صنعه بيديه وقدَّمه إلى «ديفي» في مكتبه، إلَّا أن المقابلة لم تكُن بالشكل الذي توقعه

«فاراداي» على الرغم من تأكيد «ديفي» امتياز الكتاب!

بعد فترة، أصيب «همفري ديفي» في إحدى عينيه بسبب إحدى تجاربه المعملية، وأرسل إلى الشاب الطموح «فاراداي» ليعمل معه مساعدًا مخبريًّا، وهكذا دخل «فاراداي» وسط زمرة من أفضل علماء عصره، وشاركهم في تجاربهم وأفكارهم واكتشافاتهم ليتلقَّى بذلك تعليمًا عمليًّا يفوق ما تُقدمه كامبريدج لطلابها.

في عام ١٨١٩م، لاحظ أستاذ الفيزياء الدنماركي «هانز أورستد»، بالمصادفة، أن مرور تيار كهربي في سلك يؤثر على إبرة البوصلة إذا كانت على مقربة منه!

انتشر الخبرُ في أوروبا.

قام «ديفي» وفريقه، الذي يتضمن «فاراداي»، بإعادة تجربة مثل هذه مرة تلو مرة باستغراب شديد، فحتى هذه اللحظة كان المعروف، والذي تؤمن به كامبريدج، أن الكهرباء هي شيء أشبه بسائل يتدفق شاقًّا طريقه خلال أنبوب السلك، فما الذي يجعل إبرة البوصلة التي بجانب السلك تنحرف؟

عند هذه النقطة الزمنية، توقفت الحقيقة تنتظر عقلًا حرًّا ليكشف عنها سترها ويقدمها للجمهور المترقِّب.

كان الانطباع الأول لدى «فاراداي» هو تخيله أن مرور التيار الكهربي خلال السلك يؤدي إلى خروج قوى معينة تحيط بالسلك بشكل ما، وبالتالي تؤثر في البوصلة إذا كانت قريبة. بمعنى أدق، فإن «فاراداي» يعني أن مرور التيار قد يكون سببًا في توليد مجال مغناطيسي حول السلك، وبالتالي تتأثر إبرة البوصلة! وعلى الرغم من أن هذا التصور كان عكس ما هو مستقر في العقول كلها تمامًا، فإن «فاراداي» قال إن هذا هو التفسير الوحيد المقبول لحركة البوصلة، ولقد كان المعروف أن القوى الكهربية مستقلة تمامًا عن القوى المغناطيسية ولا تربطهما أي علاقة، لكن «فاراداي» تميَّز عن غيره بقدرة على التفكير التصوري للأشياء، فهو ينظر إلى السلك ويرى بعين عقله قوى تدور حول السلك بشكل لولبي تصطدم بخطوط القوى المغناطيسية التي تتحكم في اتجاه الإبرة فتحركها.

لم يكُن هناك عقل يتجرَّأ على أن يشطح بتصوره إلى هذا الحد ويقول إن ثمة تفاعلًا بين القوى الكهربية والمغناطيسية من أي نوع.

تجلَّت عبقرية «فاراداي» المعملية عندما فكَّر في أن يعكس التجربة ليتبيَّن فعلًا ما إذا كان هناك تفاعل مثل هذا أم لا!

قام «فاراداي» بملء حوض صغير بالزئبق ووضع في منتصفه مغناطيسًا ثم جاء بسلك موصَّل ببطارية وجعله يتدلَّى من الأعلى إلى الحوض بجانب المغناطيس، وعندما سمح للتيار بالمرور حدث ما لم يكُن يتوقعه أحد، وتحرك السلك حول المغناطيس بشكل منتظم كأنه يدور في فلك خفي!

أكد دورانُ السلك حول المغناطيس وجودَ تفاعل وارتباط وثيق بين الكهرباء والمغناطيسية، ولأول مرة في تاريخ الإنسانية سمحت هذه التجربة بولادة لفظ جديد تمامًا على العلم: «الكهرومغناطيسية»؛ وكانت هذه إحدى أهم تجارب العصر الفيكتوري، ولأن هذه أول تجربة لاختراع محرك كهربائي؛ فإن «فاراداي» بدا وكأنه يؤسس لفيزياء جديدة.

كان «فاراداي»، عقديًا، ينتمي إلى طائفة مسيحية تسمى «الساندمانيين»، لها كثير من الأفكار، منها: أن اللـه خلق هذا الكون بشكل منسجم، وإذا استطاع الفرد أن يقرأ جزءًا منه فإنه سيكون على مقربة من كشف الحقيقة كلها، ولعل هذه العقيدة والأفكار المشابهة لها هي أكثر ما ميَّز معظم عباقرة الفيزياء على مرِّ التاريخ، وقد ذكرنا ذلك عن بعضهم في سطور هذا الكتاب؛ فرؤية الكون بغموضه على أنه شيء متناسق تجعل العالم يطلق العنان لعقله متجهًا نحو التبسيط لا التعقيد، وقد أثبت تاريخ العلوم أن الحقيقة دائمًا تكمن في بساطتها وأن التعقيد يدل على الخطأ ومحاولة المزج بين متنافرات لا تقبل الجمع أبدًا.

ظل «فاراداي» يصول ويجول بين تجاربه المعملية إلى أن أثبت شيئًا جديدًا بخصوص تلك القوى المحيِّرة؛ حيث قام في إحدى تجاربه بتوليد تيار كهربي من خلال تحريك سلك بين قطبي مغناطيس، وعندها ذابت كل الفواصل التي قد وضعها العلماء بين الطاقة الكهربية والمغناطيسية، وتعدت الحقيقة التي بدأت بأن: مرور تيار كهربي يولد مجالًا مغناطيسيًّا، كل الحدود، وكانت الشرارة الأولى للثورة الكهربية في أوروبا، وكشف الكون عن ثاني قوة تحكمه: القوة الكهرومغناطيسية.

وصل «فاراداي»، بهذه الاكتشافات العملاقة، إلى عضويته في الجمعية الملكية على الرغم من كل الصعوبات التي وضعها أمامه حُسَّاده وعلى رأسهم «همفري ديفي»، الذي كان رئيسًا للجمعية وقتها، وجابت شهرته بريطانيا وأوروبا على أكتاف الكهرومغناطيسية، ودار الزمان ليقف «فاراداي» على المسرح نفسه يلقي محاضرات وعروضًا شائقة عن الكهرباء والكهرومغناطيسية.

ومع ذلك كله، فعلى المستوى الأكاديمي العلمي لم يستطِع «فاراداي» أن يصوغ أي جزء من اكتشافاته بصيغ رياضية بسبب عدم تلقيه أي تعليم رسمي أكاديمي، وكانت هذه أول مرة يقف فيها عاجزًا بسبب هذا الجرح القديم الذي ظن أنه تغلَّب عليه بسبب قدراته المعملية.

قفز «فاراداي» بالفيزياء قفزةً لم يكُن هو نفسه يدرك مدى أهميتها في المسار التاريخي لعلم الفيزياء وتفسير حقيقة الضوء كإحدى أهم ظواهر الكون، ولقد أسس لمفاهيم وتغيرات جوهرية أعادت تفكير الفيزيائيين إلى الطريق الصحيح بعدما أصبحت ميكانيكا «نيوتن» وتفسيراتها المادية لكل شيء مليئة بالثغرات؛ وقد عرضنا فشلها في تفسير ظواهر الضوء ومشكلة الأثير.

كان كل ما صنعه «فاراداي» يحتاج إلى صياغة علمية رياضية تجعل الحقيقة أكثر وضوحًا خارج المختبرات، وتجعل صاحبها قادرًا على ربطها بغيرها ووضعها في مكانها الصحيح في الكتب المختصة.

وهنا جادت علينا الأقدار مرة أخرى؛ فبين كل هذا الجمهور الذي يستمتع بمحاضرات العالم العجوز «فاراداي»، كان شاب أسكتلندي وسيم يتابع العرض كله بفضول عميق؛ هو «جيمس كليرك ماكسويل»، الذي يشغل كرسي الفلسفة الطبيعية بكلية الملك في لندن، الذي أصبح لتوه عضوًا في الجمعية الملكية، كان أحد أهم الحريصين على متابعة محاضرات «فاراداي»، وبحكم تخصصه الأصلي في الرياضيات استثارته كل أعمال «فاراداي» الرائعة التي لم توضع في إطار رياضي بعدُ.

في عام ١٨٦٥م تقريبًا، نجح «ماكسويل» في صياغة النموذج الرياضي الذي يوحِّد كل النظريات الجزئية التي كانت تُستخدم في توصيف القوى الكهربية والقوى المغناطيسية، وقد كان معلومًا لديه، من خلال الأبحاث السابقة لـ«فاراداي»، أن المجال المغناطيسي المتحرك قادر على خلق مجال كهربي، والعكس.. لكن عبقرية «ماكسويل» تجلَّت في أنه جمع بين التأثيرين، بمعنى أنه فكر في أن المجال المغناطيسي المتغير إذا كان قادرًا على خلق مجال كهربائي، والعكس صحيح، فربما كانا معًا قادرَين على تكوين حركة دورية تتكوَّن من مجالات كهربائية ومجالات مغناطيسية تُغذِّي إحداهما الأخرى وتتحول إحداهما إلى الأخرى (المجال المغناطيسي المتغير سينتج مجالًا كهربائيًّا، والمجال الكهربائي سيولد مجالًا مغناطيسيًّا.. وهكذا)، وسرعان ما أدرك «ماكسويل» أن هذا النمط الدوري سوف يخلق سلسلة من المجالات الكهربائية والمغناطيسية تتذبذب جميعها في انسجام وتناغم، ويتحول كلٌّ منهما إلى الآخر في موجة سرمدية.

بعد ذلك، استطاع «ماكسويل»، في واحد من أعظم إنجازات القرن التاسع عشر، أن يحسب سرعة هذه الموجات، وكانت دهشته كبيرة عندما اكتشف أن سرعتها هي سرعة الضوء تمامًا! ثم أكَّد، في تصريح جريء زلزل ساحة العلماء، أن هذه الموجات هي ذاتها موجات الضوء! قائلًا لزملائه: «النتيجة شبه الأكيدة أن الضوء يتكوَّن من موجات مستعرضة من الوسيط ذاته، وهذا بسبب الظاهرة الكهربية والمغناطيسية».

جُمِعت أبحاث «ماكسويل» في ٨ معادلات تفاضلية جزئية صعبة تُعرف باسم «معادلات ماكسويل»، ويذكر «ميتشيو كاكو»، في كتابه «كون آينشتين»، أن هناك في الولايات المتحدة قمصانًا تُباع في الأسواق مكتوبًا عليها المعادلات الثمانية تسبقها عبارة: «في البداية قال الرب»، وتعقبها عبارة: «ثم انبلج الضياء».

حسم «ماكسويل» بذلك مشكلة البصريات والضوء وردَّها إلى الكهرومغناطيسية، مستنتجًا أن هناك موجات كهرومغناطيسية عبر الفضاء هي الضوء ذاته، وأن الضوء ما هو إلَّا مجالات تشبه المجالات الكهربية أو المغناطيسية التي توجد بجوار التيار الكهربي، والخلاف بين الواحد والآخر يكمن في سرعة التردّد، أي أن الضوء المرئي ما هو إلَّا موجات لها طول موجي معين!

تبلور الأمر أكثر عندما وُضعت أبحاث «ماكسويل» بجانب الاكتشاف اللامع للفيزيائي الألماني «هينريش هيرتز»، الذي ولَّد بجهاز كهربي ذبذبات ذات تردد منخفض قادرة على الانتشار تلقائيًّا دون أسلاك، فأصبح واضحًا أن الضوء هو ذبذبات مثل هذه، لكن ذات تردد أعلى، وهناك موجات ذات تردد أعلى من موجات الضوء ذاتها، ونحن نعرف اليوم عددًا من هذه التموجات على اختلاف أطوالها الموجية، مثل: موجات الراديو، وإكس، وجاما.

زاد الأمر وضوحًا بالإمعان في حقيقة الموجات الكهربية على أنها موجات لها مجالات لا تمتُّ إلى الوسط المادي بصلة، وهي مستقلة عن صعود الجزيئات المادية وهبوطها، وتتحرك باستقلال تام خلال الفضاء. قادتنا هذه المعرفة العميقة بالكهرباء إلى إدراك أن هناك كثيرًا من الموجات الكهربية، وبالتالي أمكن إنتاج الموجات الكهربية الجديدة مثل أشعة إكس التي اكتشفها «رونتجن».. وأمكن، بالإضافة إلى ذلك، اجتياز الفجوة التي كانت قائمة بين أشعة الضوء والموجات

اللاسلكية؛ حيث إن الضوء يقع في الوسط بين الموجات اللاسلكية والأشعة تحت الحمراء من ناحية، والأشعة فوق البنفسجية وإكس وجاما من ناحية أخرى.

فالضوء إذًا قطاع محدود في نطاق طيف الموجات الكهربية، واستعدادنا البيولوجي وتكويننا وخضوعنا في أسْر حواسنا.. ذلك كله لا يسمح إلَّا برؤيته دون غيره.

مثَّل تقدُّم الفيزيائيين في اتجاه المجالات نقلةً جوهرية مفيدة جدًّا ومفسِّرة، لكنه أيضًا جعلهم يصطدمون مباشرة بميكانيكا «نيوتن»! وهو صراع جديد بين المادية «النيوتنية»، وبين المجال..

وفي مقال نُشر عام ١٩٢٧م، بمناسبة ذكرى وفاة «نيوتن»، كتب «آينشتين»:

«ولقد لقيت نظرية الحركة لنيوتن على اعتبارها منهجًا للفيزياء النظرية كلها الصدمة الأولى على يد نظرية ماكسويل في الكهربية؛ فقد أوضحت هذه النظرية أن التأثيرات الكهربائية والمغناطيسية المتبادلة بين الأجسام لا تتم عن طريق قوى تؤثِّر عن بعد فوريًّا، بل عن طريق عدة عمليات انتشار في الفضاء وبسرعة معينة، وهنا نهض ـ تبعًا لفكرة فاراداي ـ بجانب تصور النقاط المادية وحركتها تصوُّر جديد يعبِّر عن نوع جديد من الحقيقة الفيزيائية، هو تصور المجال، ولقد حاول جميع العلماء أول الأمر تفسير المجال، استنادًا إلى وجهة النظر الميكانيكية باعتباره حالة حركة ميكانيكية لوسط خيالي (الأثير) يملأ الفضاء، لكن عندما عجز هذا التفسير الميكانيكي عن تأدية الغرض المطلوب تعوَّد الجميع تدريجيًّا اعتبار المجال الكهرومغناطيسي الجوهر النهائي الذي لا يمكن اختزاله للحقيقة الفيزيائية».

وقبل أن يتساءل عقلُك: كيف خضع العلماء لفكرة المجال في الوقت نفسه الذي خضعوا فيه للميكانيكا «النيوتنية» والأثير؟ عليك أن تتساءل: كيف جمع علماء الفيزياء بين فكرة وجود المادة ذات الوزن، وهي الفكرة التي تطغى على تجارب الحياة اليومية، وفكرة وجود نوع آخر من المادة هو الأثير؟

فإجابة السؤال الثاني ستقودنا تدريجيًّا إلى إجابة السؤال الأول.

إن فكرة التأثير عن بُعد بين الأشياء هي فكرة غريبة في ذاتها، وهي أحد أهم الأسباب في أن يلعب الأثير دورًا مهمًّا مستترًا في فيزياء «نيوتن» ومَن بعده. إننا في كل تجاربنا التي تتناول الأجسام الطبيعية لا نرى أي تأثير متبادَل بينها إلَّا التأثيرات التي تنشأ عن الاتصال المباشر، مثل: الدفع والتصادم والشد والتسخين.. لكننا لا نرى أي تأثير عن بعد!

والحقيقة أن هناك تأثيرًا عن بعد يلعب دورًا مهمًّا في تجاربنا اليومية كلها، لكنَّه لا يلفت انتباهنا؛ لأنه يواجهنا دائمًا كشيء ثابت لا يتغير بتغير الزمان والمكان.. إنه الوزن!

لقد كانت نظرية «نيوتن» عن الجاذبية هي أول من قدَّم سببًا للجاذبية بأن فسَّرتها باعتبارها تأثيرًا عن بُعد، ناتجًا عن الكتل، ولعل خطوة كهذه كانت علامة في طريق العلماء لاكتشاف الترابط السببي للظواهر الطبيعية، ومع ذلك فإن معاصري «نيوتن» قد اندهشوا من أن يكون هناك تأثير متبادَل بين الأشياء إلَّا من خلال الاتصال المباشر، وبقي السؤال حتى بعد «نيوتن»: كيف السبيل إلى تلافي هذا الازدواج في فهم قوى الطبيعة؟ أي: هل تؤثر قوى الطبيعة عن بعد، أم بالاتصال المباشر؟

كان من أهم السبل المهمة لفهم هذا الازدواج هو أن يفرض العلماء أن التأثير عن بُعد هو في الحقيقة تأثير مباشر ينتقل في وسط يتخلل الفضاء كله عن طريق حركة في هذا الوسط أو تشوهات مرنة فيه؛ بمعنى أن الجسم يؤثر في الأثير المحيط به فينتقل هذا التأثير عبر الأثير إلى جسم آخر، أي أن المنهج «النيوتني» يعتمد على فكرة النقاط المادية غير المتصلة؛ وهكذا فإن السعي وراء وجهة نظر موحدة لكيفية عمل قوى الطبيعة يؤدي بنا مباشرةً إلى فرض الأثير! هذا طبعًا بجانب النظرية الموجية للضوء، فهي أيضًا قد جعلت الضوء عملية اهتزازية في وسط ساكن مرن يملأ الفضاء.

أما بالنسبة للفترة التي تلت «نيوتن»، فإن الفيزيائيين تعوَّدوا فكرة التأثير عن بُعد، وساقهم إلى ذلك النجاحُ المُعجز الذي حققه النظام «النيوتني»، وبالتالي فقد قبلوا فكرة الأثير ضمنيًّا من دون النبش عنها، لكن الوضع تغيَّر بعد ظهور عالم «فاراداي» ـ «ماكسويل» الجديد ـ الذي يعتمد على فكرة المجال؛ حيث إن القوانين (الإلكتروديناميكا) الجديدة لا تتفق إطلاقًا مع المذهب «النيوتني»، ولقد وضع «ماكسويل» هذه القوانين وهو مدرك إدراكًا كاملًا فكرة المجال ومغزاها، قبل أن تدعمه تجارب «هيرتز» بوقت طويل، وأصبحت وجهة النظر الجديدة تستغني عن الأثير كضرورة للتأثير عن بُعد بين الأجسام، على الأقل في حدود الظواهر الكهرومغناطيسية؛ فالتأثير الكهرومغناطيسي للأجسام يتم من خلال المجال المُتصل، وهو الحامل الوحيد لهذا التأثير، فهل كان على الفيزيائيين إذًا أن يعطوا المجال وجودًا مستقلًا لا يرجع إلى شيء لأنه قائم بذاته حتى في الفراغ، أم أن هناك أثيرًا هو الذي يحمل المجال أصلًا؟

لقد كان قبول المجال واقعًا مفروضًا على الفيزيائيين، لكنهم أيضًا ما زالوا مُلتزمين بالتقليد «النيوتني» القديم، وبالتالي جمعوا الأثير مع المجال على الطاولة نفسها، وحاولوا جاهدين تقديم تفسير لمجالات أثيرية!

لكن هذه الفكرة لم يُكتب لها النجاح أبدًا، حتى أقلع عنها الفيزيائيون.

والظاهر من هذا السرد أن الدخول المفاجئ للمجال قد أدى إلى حدوث تفككٍ في النظرية الفيزيائية؛ لأن نظام «ماكسويل» يصف ببراعة التأثيرات المتبادلة بين الأجسام المشحونة كهربيًّا من خلال المجال المتصل في الزمان والمكان، لكنه لا يعطينا نظرية للجسيمات نفسها، والجسيمات نفسها يعاملها نظام «نيوتن» ككتل، يتم التأثير بينها عن بُعد من خلال نقاط مادية غير متصلة.

منذ هذا الوقت أصاب الفيزيائيين حُمَّى الازدواج، وبدؤوا تدريجيًّا تعوُّد وضع تصورات القوى الكهرومغناطيسية جنبًا إلى جنب مع التصورات الأساسية لميكانيكا «نيوتن».

يمكننا القول: إن الفيزيائي الهولندي «هندريك لورنتز» هو الذي خفَّض من حدة هذه الصورة التي كانت تكدِّر العلماء، بأن فسّر كل الظواهر الكهرومغناطيسية المعروفة في ذلك الوقت على أساس أن الأثير مثبت تمامًا في الفضاء وعاجز عن أي حركة، والكهرباء مثبتة في الجسيمات الأولية المتحركة؛ أي أنه جعل الفضاء والأثير شيئًا واحدًا؛ لأنه إذا كان لا يمكن إسناد أي حالة حركة للأثير، فليس هناك داعٍ لاعتباره كيانًا منفصلًا من نوع خاص بجانب الفضاء نفسه، وهكذا تصبح

المجالات حالات فيزيائية لهذا الفضاء. على هذا الأساس، نجح «لورنتز» في إخضاع كل الحوادث الكهرومغناطيسية لمعادلات «ماكسويل» للفضاء الحر، ولم يترك للأثير طبيعة ميكانيكية إلَّا خاصية عدم الحركة! وهي طبيعة ميكانيكية في النهاية.

ولمَّا تخلصت فكرة المجال من كثير من الشوائب الميكانيكية، أو أي محاولة دمج بينها وبين أفكار «نيوتن»، عندما خلَّص «لورنتز» إلى أنه ليس هناك هيكل للمجال سوى الفضاء الفيزيائي الفارغ، لم يعُد هناك من يؤمن بالتأثير الفوري عن بُعد (كل شيء يحتاج إلى وقت للتأثير أو الانتشار)، وبالطبع كانت الجاذبية وتوصيف مجالها مشكلة في حد ذاتها لعدم توافر أي معرفة حقيقية أو تصور فيزيائي واضح في هذا الموضوع.

وهكذا، فمن ناحية أخرى، أجبرت أبحاث «ماكسويل» (و«لورنتز» فيما بعدُ) الفكر على إنكار وجود القوى التي تؤثر عن بُعد تأثيرًا فوريًّا، كما أدت إلى إدخال حقيقية فيزيائية جديدة لم تكن معروفة تتمثل في المجال، وتسببت في حدوث تغير في التعبير الرياضي عن التأثير في الفضاء؛ فبينما كانت رياضيات «نيوتن» تعبِّر عن التأثير بين الأجسام من منطلق مادي غير متصل باستخدام معادلات تفاضلية كُلِّيَّة، عالجت رياضيات «ماكسويل» أحداث السماء من منطلق المجال المتصل بمعادلات تفاضلية جزئية، وقد وصف «آينشتين» هذا التغيُّر في مقال نشرته مطبعة كامبريدج عام ١٩٣١م قائلًا: «وهذا التغيير الذي طرأ على تصوُّر الحقيقة الفيزيائية هو أعمق وأخصب تغيير طرأ على الفيزياء منذ أيام نيوتن».

وعلى الرغم من عمق مفهوم المجالات فإن تصوُّرها كان أمرًا سهلًا جدًّا، فكلنا يمكن أن نتصورها عندما ننثر برادة حديد فوق ورقة ثم نضع مغناطيسًا تحتها لنرى برادة الحديد تتوزَّع في نمط يشبه شبكة العنكبوت تمتد بين القطبين، وهذا يعني أن هناك مجالًا مغناطيسيًّا يحيط بأي مغناطيس، وهو عبارة عن مجموعة غير مرئية من خطوط القوى التي تتخلَّل الفضاء برمَّته، وبالسهولة نفسها فإن الأطفال يضحكون في المعارض العلمية عندما تنتصب شعورهم نتيجة لمس مصدر للكهرباء الساكنة، والسبب هو أن شعورهم تنتظم على شكل خطوط المجالات الكهربائية غير المرئية.

ولا تستقيم فكرة أن القوى في الفضاء لها تأثير فوري مع هذا التصور الجديد والسهل؛ فالتأثيرات الكهربائية والمغناطيسية لا تنتقل فوريًّا كقوى «نيوتن»، لكنها تستغرق وقتًا وتتحرك بسرعة محددة، فإنك لو حركت المغناطيس أسفل الورقة فإن برادة الحديد ستأخذ وقتًا حتى تنتظم مرة أخرى.

مرّة أخرى، يبيت العلماء بين قديم وجديد لا يقبلان الوفاق، وكلٌّ يسند إلى علله، فتُجهد العيون وتؤرَّق الجفون ويتعب كل عقل لا يقبل الأخطاء.

لقد كانت الحقيقة الفيزيائية في المذهب «النيوتني» قائمة على الفضاء والزمن والنقطة المادية، فأحداث السماء ما هي إلَّا تأثير متبادَل بين نقاطٍ مادية تحكمها قوانين ثابتة. إن «نيوتن» قد تخيَّل الكون وأحكامه من منظور يمكن أن نتخيَّله نحن ونستوحيه من واقعنا المادي على الأرض في حياتنا اليومية، وجعل هذا الأساس المادي هو الأصل الحاكم في الكون، فكل شيء يُفسَّر على أساس النقاط المادية،

وكل شيء يتكوَّن بطريقة ذرية. وكان تخيُّل الضوء كنقاط مادية أحد أهم الجوانب المعيبة في هذا المخطط «النيوتني»؛ فمن غير المعقول أن نسلِّم بوجود نقاط مادية من نوعٍ ما تمثل المادة ذات الوزن من ناحية ونقاط مادّية من نوع ثانٍ تمثل الضوء من ناحيةٍ أخرى، ثم نزيد الطين بلَّة بتلك النقاط المادية التي ظهرت فجأة في الأفق كنوع ثالث لتمثيل الجسيمات الكهربائية، وندمجها داخل النظام نفسه!

المهم أنه بعد كل هذا التصادم والالتفاف، دخلت فكرة المجال في حيز خاص من الفيزياء النظرية جنبًا إلى جنب مع النقاط المادية باعتبارها ممثلًا للحقيقة الفيزيائية، ونتج عن ذلك هذا الازدواج الغريب الذي يرفضه كل عقل منظم رتيب على حد تعبير «آينشتين».

إن كل الأنظمة الفيزيائية التالية لذلك الحين والتي تكلَّلت بالنجاح لم تجد بُدًّا من أن تأخذ طريقًا وسطًا بين فيزياء «ماكسويل» وفيزياء «نيوتن»؛ فهي في الحقيقة أشبه بالهدنة؛ لهذا فإنها كلها تعتبر مؤقتة أو ناقصة، حتى إن حققت نجاحًا في مسائل بعينها، ففي النهاية هي تجمع بين نظامين لا يقبلان بعضهما، وأحد أهم هذه الأنظمة التي تستحق الذكر هنا، على سبيل المثال: نظرية الإلكترونات لـ«لورنتز» التي تظهر فيها الجسيمات المادية والمجال جنبًا إلى جنب في فهم الحقيقة الفيزيائية.

ولأوَّل مرة في تاريخ الفيزياء النظرية يأتي الجديد مغايرًا تمامًا للقديم ولا يقبله، ومع ذلك يكوِّنان معًا جنبًا إلى جنب صورة واحدة!

ويرى كثيرٌ من المختصين والعلماء المعاصرين أن قبول هذا الوضع كان لزامًا على أصحاب ذلك الزمان، على الرغم من أنهم كانوا على دراية خفية تحفظها الصدور ولا تتعدى التراقي، بأن هناك ركنًا كبيرًا من هذا النظام المتنافر لا بُدَّ أن يسقط، لكن كيف وجزء كبير من الحقائق الفيزيائية سيسقط معه؟

ومتى والكل يخشى أن يخوض طريقًا قريبًا حتى من هذا الطريق؟ فمن البديهي أن الذي سيسقط تصورات «نيوتن» أو تصورات «ماكسويل» لا بُدَّ أن يستبدل بها غيرها.

∞ ∞ ∞ ∞ ∞

الفصل السادس

عصرٌ جديد

«في أثناء صيف عام ١٩٠٠م، عندما كان بلانك يتنزَّه مع ولده سيرًا على الأقدام بين أشجار غابة جرونيفالد بضواحي برلين، أخرج الأب ما ضاق به صدره لولده، قائلًا إنه لمس إمكانية التوصُّل إلى اكتشاف جديد بكل ما تحمله الكلمة من معنى».

عادة ما تكون الرهبةُ حاجزًا صلبًا بين الإنسان والحقائق، حتى إن كان على قرابة خطوات منها، بل أحيانًا يرى الإنسان الحقيقة ماثلة أمامه كأنها تطلبه، ثم يمنعه الخوف من الكشف عنها.

تاريخُ أيِّ علم يحوي كثيرًا من الفترات التي يسود فيها الاستسلام للماضي، باعتباره عقيدة علمية ثابتة، لا يمكن الاقتراب منها والمساس بها، حتى إن كان هذا العلمُ علمًا لصيقًا بحياة الناس ومعيشتهم، كما حدث مع النظرية الاقتصادية الأولى وروَّادها، عندما أصبحت عقيدة بريطانية عُقِدت عليها العقول فيما يُعرف بالاقتصاد الكلاسيكي، على الرغم ممَّا يشوبها من عوار يؤدي مباشرة إلى حدوث مشكلات في معيشة المجتمع!

هذه الفترات تؤدي فيما بعدُ إلى فصل الأفكار والنظريات والاكتشافات كلها، تحت اسم «الكلاسيك»، ويبدأ المعاصرون يأخذون ويتركون من هذه التعاليم متحركين نحو الجديد. شيوع مثل هذه الفترات في تاريخ العلوم المختلفة يدل على أنها ربما تكون ضرورة من ضرورات الزمن، وكأن مسيرة العلم تتوقَّف لترتاح وتسكن أمواجها ولو لمدة قصيرة، وعلى الرغم من حدوث ثورة فيزيائية جديدة مرتبطة بحياة «ماكسويل» في القرن التاسع عشر، فإن شيئًا من هذا الهدوء أو السكون بدأ يسود ساحة الفيزياء، ولو نسبيًّا، في عصر «ماكسويل» نفسه والسنوات التي بعده، والتي سادتها محاولات التوفيق بين «نيوتن» و«ماكسويل»، وبدأ الاتجاه العام يذهب إلى تبجيل الماضي بما يحويه، وانخفض الاستعداد لتقبُّل ثورة جديدة في الحقيقة الفيزيائية. ولعلَّ القدر كان يريد أن يعطي اهتمامًا وتركيزًا مميزًا لرجلٍ أفنى أكثر من نصف عمره مهووسًا بأحياء الكوكب، ليخرج للبشرية عملًا ضخمًا يقلب فيه علم الأحياء رأسًا على عقب في بحث مطوَّل تحت عنوان «أصل الأنواع»، فكأنَّ القدر أراد للعالم أن ينتبه إلى هذا العمل الرائع من دون تشتيت، أو أن الناس أنفسهم قد أعيتهم الثورات العلمية المتلاحقة.

على كلٍّ، فإن هذه الفترة من القرن التاسع عشر تُعتبر جسرًا لبداية جديدة وعصرٍ جديد؛ حيث سيطر على العقول اتجاهان متضادان تمامًا، الأول هو: الانبهار بما تمَّ الوصول إليه والمغالاة في توقيره، ولا بُدَّ هنا أن نضع في اعتبارنا بلوغ ميكانيكا «نيوتن» حد الإعجاز في وصف حركة الكواكب، والثاني هو: تطور خفي وتبلورٌ لبعض الأفكار التي يؤدي تجميعها إلى حدوث ثورة جديدة أو تدعيمها على الأقل.

بالنسبة للاتجاه الثاني، فإنه يظهر في بعض أعمال «لورنتز» التي أشرنا إليها، بالإضافة إلى حدوث طفرة حقيقية في علم الهندسة، لا تكاد تنفك عن مسيرة الفيزياء، خاصَّةً فيزياء القرن العشرين وسيدها «آينشتين» في توصيفها للمكان.. إن

الهندسة، التي كانت معروفة حتى النصف الأول من القرن التاسع عشر، هي هندسة عالم الرياضيات الإغريقي «إقليدس»، التي كانت قد بلغت من العمر ألفي عام. لكن علماء الرياضيات في هذه الفترة وما قبلها بقليل بدؤوا يُستفزون؛ لأن تلك الهندسة العجوز تحتوي على بديهيات غير قابلة للإثبات، ودعمها الوحيد ينبع من تناسقها مع التفكير العقلي السليم، كبديهية التوازي الإقليدية مثلًا. ولمَّا فشلت كل مُحاولات العلماء لإثبات هذه البديهيات، شعروا أن من حقِّهم بناء بديهيات أخرى تنفي البديهيات القديمة. ولأن عالَم الرياضيات يُبنى بعضه على بعض ولا يتمتَّع بمرونة العلوم الأخرى التي تكرَّر فيها ظهور نظريات جديدة أسقطت القديمة وفروضها، كان التفكير في بديهيات رياضية جديدة يُمثِّل طريقًا لن يهنأ سالكوه أبدًا.

سلك هذا الطريق في البداية وبالتزامن نفسه تقريبًا ثلاثة رياضيين في ثلاث دول، هم: «فريدريش جاوس» في ألمانيا، و«نيكولاي لوباتشفسكي» في روسيا، و«يانوس بولياي» في المجر.

كان «جاوس» ـ الذي كان يُلقَّب بأمير الرياضيات ـ يعلم كيف سيكون رد الفعل إذا أعلن عالم رياضيات التشكيك في هندسة «إقليدس» والرغبة في خلق هندسة جديدة؛ لذلك فعلى الرغم من قيامه بأبحاث وتجارب طويلة لإثبات أن مجموع زوايا المثلث سينحرف عن ١٨٠ درجة، فإنه آثر السلامة ولم ينشر أعماله الجديدة؛ وقال في رسالة أرسلها إلى الرياضي والفلكي «فريدريش بيسل»: «إنني أخاف من صراخ الجهلاء».

أدَّى تراجع «جاوس» عن نشر أفكاره إلى تردُّد «يانوس» ـ الذي كان أبوه عالمًا كبيرًا في الرياضيات وصديقا قديمًا لـ«جاوس» ـ في نشر ما توصَّل إليه، لكنَّه تجاوز خوفه ونشر أفكاره كمُلحق لأحد كتب والده، وإلى حدٍّ كبير، مرَّ الأمر بسلام (على الرغم من أن هذا الملحق لم يتعدَّ أربعًا وعشرين صفحة، فقد وُجِد له بعد وفاته مخطوطات تتجاوز العشرين ألف صفحة).

أمّا «لوباتشفسكي»، في شرق القارة، فكأنه تلقّى رد الفعل الذي يكفيه هو وصاحبيه معًا؛ فبمجرد نشر أبحاثه، تمَّت إقالته من منصبه كرئيس لجامعة كازان، ثم تجريده من أي منصب جامعي ونزع أستاذيته من فوق رأسه، هذا فضلًا عن السخرية الأكاديمية والصحفية!

وظلَّت الهندسة «اللّاإقليدية» جريمة أكاديمية إلى أن تزعَّم تيَّارها الرياضي العبقري «برنارد رايمان» في النصف الثاني من القرن التاسع عشر، ووضع هندسة جديدة تعمل على الأسطح المنحنية التي توجد في أي بُعد مكاني وليس بُعدًا واحدًا أو اثنين، لينحت بذلك كنزًا ثمينًا سيظل مختبئًا لفترة طويلة إلى أن يجده مستحقوه؛ فلمدة قرن تقريبًا لم تُستخدم هندسة «رايمان» التفاضلية، حتى إن البعض ظنَّ أنها فرعٌ رياضي عديم الفائدة!

كان هذا التطور هو أحد أهم التطورات الرياضية التي خدمت النظريات الفيزيائية على مرِّ التاريخ، وسيظهر هذا جليًّا في سياق الكتاب.

أمَّا بخصوص الاتجاه الأول، فإن المشكلة العظمى هي أن هذه الفترات أحيانًا تزيد من الجمود العقلي والخضوع التام للكلاسيكيات والخوف من الخوض فيها، واتضح هذا بعدما ترك الفيزيائيون تصورات «نيوتن» و«ماكسويل» جنبًا إلى جنب وهم

على علم تام أن كلا النظامين يجب أن يُسقط أحدهما الآخر! إلا أن رهبتهم وإدراكهم لفكرة أن إسقاط أي نظام منهما ستسقط معه نصف الفيزياء جعلاهم يترددون ألف مرة في فتح هذا الملف الغامض.

من هنا، بدأت فترة تراخٍ في تسلسل المعرفة الكونية وأصبحت معظم السطور السابقة في هذه الصفحات «الفيزياء الكلاسيكية»، وبلغت عظمتها في النفوس مبلغًا عظيمًا، حتى تخيل الناس أن علم الفيزياء انتهى وما عاد الكون يُخفي عنهم شيئًا، حتى إن «ماكس بلانك»، عندما سأل أحد أساتذته في الجامعة عن رأيه في أنه يريد أن يصبح عالِم فيزياء، أجابه بأن يبحث عن مجال آخر؛ لأن مجال الفيزياء قد انتهى البحث فيه تقريبًا ولم يعُد به جديد يُكتشف!

واتسع هذا الشعور ليسيطر على سادة العلماء وقتها؛ حيث صرَّح اللورد «كيلفن» ([19]) بأن علم الفيزياء قد اكتمل تقريبًا ولم تعُد به إلَّا «سحابات» قليلة غير مهمة تلوح في الأفق دون تفسير! ولو رأى «كيلفن» الطريق الذي ستسلكه الفيزياء فيما بعدُ، لعلم أن الفيزياء كلها تقريبًا كانت مختبئة في تلك «السحابات» التي لاحت له في الأفق، وتركها لتمطر في سماء أخرى، في زمن آخر، باستسقاء علماء آخرين.

ولعل المبرِّر الأعظم لسيادة شعور كهذا بين عوام الناس والعلماء على حدٍّ سواء في هذه الفترات من القرن التاسع عشر، كما ذكرنا، هو بلوغ فيزياء «نيوتن» ذروتها في تفسير الظواهر والتنبؤ بها، حتى أصبح الكون شبيهًا بآلة ضخمة إذا بدأت في الحركة فإنها تستمر في الدوران تحت قوانين ثابتة دون توقف، ولم تركز العقول في أن حقيقة تلك الآلة كلها تنبع من نسج عقل «نيوتن» نفسه.

على كل الأحوال، فإن شعورًا كهذا يكون له جانبٌ محمودٌ في كثير من الأحيان؛ إذ إن شعور العلماء بأن جانبًا كبيرًا من مجالهم قد تمت الإجابة عن أسئلته، يجعلهم يتوجهون إلى جوانب جديدة كليًّا ليكشفوا عن غموضها، والعجيب أن النتيجة المباشرة لذلك هي اكتشافهم أن الماضي كله لم يكُن إلَّا جزءًا صغيرًا جدًّا من شيء كبير، وأن الإجابات الماضية كلها كانت مليئة بالقصور والأخطاء والتنافر، وهذه الحلقة هي التي تكوِّن عجلة التطور في أي علم، والفصل السابق هو خير مثالٍ على هذه الآلية، ففي حين تجاوزت الفيزياء «كوبرنيكوس» و«كيبلر» و«جاليليو» و«نيوتن» واتجهت نحو علم البصريات واكتشاف الكهرومغناطيسية، كانت النتيجة المباشرة هي إدخال فكرة المجال كحقيقة فيزيائية جديدة تسامي حقائق «نيوتن» وتُناقضُها.

∞ ∞ ∞ ∞ ∞

بدافع من خوف الخوض في الماضي واحترامه في الوقت نفسه، توجَّه العلماء نحو اتجاهات جديدة جعلتهم فعلًا يشعرون أن الفيزياء الكلاسيكية، وإن أجابت عن الكثير، فإنها تعجز عن الأكثر؛ إذ ظهر فيضٌ من الظواهر والعلاقات الفيزيائية الجديدة، نتيجة لاقتحام الفيزياء ميادين جديدة ومتنوعة.

وقبل أن يفتح العلماء أبوابًا جديدة تكمن وراءها ثورات فيزيائية ضخمة جدًّا، سادت بعض الأفكار التي تطفو دائمًا على السطح في لحظات الركود هذه، وكلها أفكار

جوهرية وأسئلة يغلب عليها الطابع الفلسفي، وهي الأسئلة المعروفة التي تستفسر عن استاتيكية الكون وتغيُّر حاله بين التمدد والانكماش، وعن مبدأ الكون ومنتهاه!

إن هذه الأسئلة كلها تُعتبر أسئلة أقدم من أن يقال عنها قديمة؛ فهي تسيطر على عقل الإنسان في أي عصر، لكن عندما زادت الثورات والاكتشافات الفيزيائية منذ «كوبرنيكوس» وحتى القرن التاسع عشر، فإن هذه الأفكار أصبحت خافتة قليلة الظهور لا تسمعها إلّا من لسان فيلسوف أو رجل دين، وكلاهما قد انفصل عن الفيزياء بسبب هذه الثورات، ثم حان وقتها في فترة كهذه.

كان الاعتقاد السائد دائمًا هو أن الكون أزلي واستاتيكي لا يتغيَّر، وعلى الرغم من أن بعضًا قد تبين، من خلال نظرية «نيوتن» عن الجاذبية، أن الكون لا يمكن أن يكون استاتيكيًّا، فإن هؤلاء ذهبوا إلى التسليم بأن قوة التجاذب بين الأجرام تصبح تنافرية على المسافات الكبيرة جدًّا، وحاولوا بذلك خلق صورة متوازنة للكون، لكنّ نموذجًا كهذا سينتج توازنًا غير مستقر للكون، فلو أن نجمين في نقطة ما اقتربا من بعضهما، ولو مقدارًا بسيطًا، فإن قوى التجاذب بينهما تصبح أقوى وتتغلَّب على قوى التنافر وتستمر ساعتها النجوم في السقوط نحو بعضها، ولو حدث العكس، وتباعدت النجوم عن بعضها، ولو قدرًا بسيطًا، فإن قوى التنافر تصبح هي الأقوى وتستمر النجوم في التباعد عن بعضها!

فكأنّ هذه الصورة ترسم حدًّا مزيفًا لحفظ توازن الكون.

الحقيقة أنك إذا تتبعت التاريخ جيدًا فستجد أن فكرة استاتيكية الكون قد تم الاعتراض عليها في أوائل القرن التاسع عشر، وفي عصر «نيوتن» نفسه، ولعل أشهر من كتب في هذا الصدد هو الفيلسوف الألماني «هنريخ أولبرز»، وقد لوحظت له مقالة على نطاق واسع وتردد صداها جيدًا على عكس غيره ممن كتبوا في هذا الأمر.

رأى «أولبرز» أن الكون لو كان استاتيكيًّا، فإن الطبيعي (بسبب النجوم) أن تكون السماء كلها ساطعة كالشمس حتى في الليل، وقد رد البعض هذا الاعتقاد بدعوى أن الضوء من النجوم البعيدة يتم تعتيمه بالامتصاص بواسطة مادة الكون التي تعترضه أيًّا ما كانت ماهيتها. لكن حتى لو صح هذا الكلام فإن هذه المادة المعترضة للضوء ستزداد سخونة في النهاية حتى تتوهَّج هي الأخرى ونصل إلى نتيجة «أولبرز» نفسها: إذا كان الكون استاتيكيًّا فإن سماء الليل لا بُدَّ أن تكون كسماء النهار.

ولتجنُّب فكرة كهذه، لجأت العقول إلى فرضية أخرى، هي أن النجوم بدأت تسطع في وقت نهائي في الماضي، وبالتالي فإن المادة التي امتصت الضوء ربما تكون لم تسخن بعدُ أو أن ضوء النجوم البعيدة لم يصل إلينا بعدُ، وبالطبع فإن هذا الكلام يقود العقول مباشرة إلى السؤال: متى بدأت النجوم؟ وكيف؟ وبالتالي السؤال الأعظم: متى بدأ الكون؟ وكيف؟

إن سؤالًا كهذا كان دائمًا ما يفكر فيه الناس على أنه مسألة دينية محضة يجب الاعتماد في إجابته على التراث الديني فحسب!

لكن هذا السؤال، عندما ظهر على الساحة من جديد في هذه الفترة من أواخر القرن التاسع عشر، كانت العقول تتجه به نحو العلم لأول مرة، ولكن كالعادة فإن الإجابة تبدأ بحيرةٍ فلسفية تجمع بين القديم والجديد، وتتباين الحجج وتتناوب على الألباب. ولعل الجميع يعرف إحدى أهم الحجج الأزلية التي تقوم على أساس ما يسمى «العلة

الأولى» أو «السببية»، وهذا المنطق يقضي بأنه إذا كانت الأحداث كلها تفسَّر دائمًا على أنها تنتج عن أحداث أقدم منها فإن من البديهي أن للكون نفسه بداية في الماضي وأنه نشأ كنتيجة لسبب ما.

اهتم الفلاسفة في العصور كلها بهذا الموضوع اهتمامًا كبيرًا؛ ففلاسفة الإغريق كانوا يؤمنون في معظمهم بأن الإنسان والكون وُجِدا معًا وسوف يبقيان معًا دائمًا من دون خضوع الكون لبداية معروفة في الماضي، وواجهوا فكرة عدم تقدم الإنسان في مدنيته، على الرغم من هذا القِدَم، بأن الكوارث والفيضانات كانت دائمًا ما تُدمِّر ما صنع الإنسان، وبالتالي فإنه يبدأ صناعة مدنيته من جديد!

وفي أعجوبة «إيمانويل كانت» ([20]) التي نُشرت بعنوان «نقد العقل الخالص» عام ١٧٨١م، يوجد طرحٌ مميزٌ لهذه المسألة، وقد وصف «كانت» هذه الحجج والبراهين بالنقائض؛ حيث وجد نفسه حبيسًا بين حجج تنفي بعضها البعض وبالقوة نفسها!

فلو كان الكون بلا بداية، فإنه ستكون هناك فترة زمان لا نهائية قبل أي حدث، وهذا لا يستوي في أي عقل، ومن ناحية أخرى لو كان للكون بداية فإنه ستكون هناك فترة زمان لا نهائية قبله، فما الذي أوجب عليه النشأة في لحظة بعينها؟

بالطبع نحن نعلم، من خلال فيزياء اليوم، أن الزمن الذي جعل «كانت» يتأرجح بين كلا الحجتين هو شيء مرتبط بالكون فقط، ولم يكن موجودًا قبله، وإذا كان الكون سينتهي فإنه لن يكون موجودًا بعده، وقد تعجبت لما ذكر «هوكينج» في كتابه «تاريخ موجز للزمن» أن القديس «أوغسطين» ([21]) عندما سُئل: ماذا كان يفعل اللـه قبل خلق الكون؟ أجاب بأن الزمن هو شيء خاص بالكون، وليس له وجود إلا به!

وهذه إجابة قلَّ من يدرك معناها.

على كلٍّ، فإن معظم هذه الأفكار التي لمعت في فترة الركود هذه قد تمت الإجابة عنها واستقامت في العقول في أوائل القرن العشرين فيما بعدُ؛ فمثلًا: متاهة استاتيكية الكون قد وُضعت لها نهاية للأبد عندما رصد «إدوين هابل»، من خلال تليسكوب مرصد «مونت ويلسون»، طيفًا أحمرَ خافتًا في ألوان المجرات البعيدة، واستدل من خلال «ظاهرة الانزياح الأحمر» ([22]) هذه أن الكون يزداد اتساعًا، وأن حركة المجرَّات مبتعدة عن الأرض تتناسب طرديًّا مع المسافة بينها وبين الأرض، وقطع بذلك الشكوك كلها.

كانت مشاهدة «هابل» هذه هي أعظم مشاهدة تاريخيًّا منذ مشاهدة «جاليليو» بأول تليسكوب صنعه البشر، كما أدت مباشرةً إلى دعم نظرية الانفجار العظيم والترسيخ لسيادتها كبداية محتملة للكون.

في هذه الفترة أيضًا من أواخر القرن التاسع عشر، بدأ طريق العلم يزداد وضوحًا ونضجًا؛ حيث بدأ المجتمع العلمي يدرك حقيقة العلم ومفهوم النظرية في أبسط صورها على أنها نموذج للكون أو لجزء محدود منه، ومجموعة من القواعد التي تربط الكميات التي يحتوي عليها النموذج، وهذه النظرية لا بُدَّ أن تصف المشاهدات التي نراها في هذا الكون، وتضع تنبؤات صحيحة للمستقبل.

فمثلا: نظرية «أرسطو» القائلة إن كل شيء قد صُنع من أربعة عناصر، هي: الأرض والهواء والماء والنار، كانت نظرية بسيطة مستوحاة من مشاهدات واضحة، إلَّا أنها لم تتنبَّأ بأي شيء على الإطلاق، على عكس نظرية «نيوتن» للجاذبية، التي تأسست على نموذج بسيط أيضًا، حيث الأجسام يجذب بعضها بعضًا بقوة تتناسب مع كتلتها والمسافة بينها، لكنها صنعت تنبؤات ضخمة جدًّا.

هكذا بدأ العلم يمحِّص النظريات وفقًا للفهم الجديد، فيقوِّي بعضها ويُضعف بعضها، ويزداد طريقه سهولةً واتساعًا، حتى وصل العلماء إلى مرحلة مرونة واستيعاب فريدة ليؤمنوا بأن أي نظرية فيزيائية هي دائمًا مؤقتة! بمعنى أنها فرض وحسب، فهم لا يستطيعون أبدًا أن يبرهنوا عليها مهما بلغ عدد المرات التي تتفق فيها مع نتائج التجربة، فلو تم العثور على مشاهدة واحدة تتعارض مع تنبؤات النظرية فإن هذا سبب كافٍ لتفنيدها، ولقد شرح هذا الكلام «كارل بوبر» ([23]) قائلًا: إن النظرية الجيدة تتميز بحقيقة أنها تصنع عددًا من التنبؤات، وفي كل مرة يشاهد فيها أن تجارب جديدة تتفق مع التنبؤات فإن النظرية تبقى وتزيد من ثقتنا بها، لكن لو حدث أن وُجِدت مشاهدة واحدة جديدة متعارضة يكون علينا أن ننبذ النظرية.

جعل هذا الثراء العقلي علماء تلك الفترة يوقنون أنه من الصعب جدًّا وضع نظرية تصف الكون كله دفعة واحدة، وبالتالي فلا مفرَّ من اللجوء إلى عدد من النظريات الجزئية، بحيث تقوم كل نظرية بوصف نوع محدد من المشاهدات والتنبؤ بسلوكها مع إهمال أثر أي كميات أو متغيرات أخرى أو تمثيلها تمثيلًا بسيطًا.

ومن الطبيعي أن نعتقد أنه إذا كان كلُّ شيء في الكون يعتمد في جوهره على شيء آخر، فإن تناولًا كهذا قد يكون خطأً بالكامل، ولن يعطي أي حلول، إلَّا أن هذه الطريقة قد أدَّت بالفعل إلى صناعة تقدُّم كبير في فهم الكون، كما في الفيزياء الكلاسيكية؛ فنظرية «نيوتن» تُخبرنا أن قوة التجاذب بين جسمين تعتمد على رقم واحد مرتبط بكل جسم هو كتلته، متجاهلة تمامًا ما تُصنع منه الأجسام، على هذا الأساس فإننا لا نحتاج إلى نظرية عن بنية تكوين الشمس والكواكب حتى نحسب أفلاكها.

وحتى لو انتهج العلماء تلك الطرق الجزئية، فإن الهدف الأساسي للعلم يظل دائمًا هو إمدادنا بنظرية واحدة ووحيدة تصف لنا الكون كله.

وبصفة عامة، فإن العلماء باتوا يدركون أن بحثهم في الكون سيأخذ أحد اتجاهين، الاتجاه الأول هو: محاولة الوصول إلى تصور فيزيائي حقيقي للكون وطريقة تغيره مع الزمن، والاتجاه الثاني هو: التعرُّف إلى الحال المبدئي للكون، إلَّا أن سياق الأحداث التالية سيبيِّن لنا أن جل العلماء قد اهتموا بالبحث في الاتجاه الأول؛ لأنه حتى لو آمن الناس أن مسألة الكون وبدايته مسألة دينية، وأن اللـه استطاع بقدرته أن يُبدئ الكون بطريقةٍ ما، فإن الناس لن يستطيعوا أن يُغفلوا أن اللـه لم يجعل الكون يعمل بشكل تعسفي، بل كما يظهر جليًّا، فإن اللـه جعله يتحرك ويتطور على نحو منتظم وأنيق حسب قوانين معينة، وبالتالي فإن على العقول اكتشافها!

لكن، هل يستطيع العلماء أن يضيفوا جديدًا بعد «نيوتن» و«ماكسويل»، أم أن سحابات «كيلفن» بالفعل لا تخفي وراءها الكثير؟

∞ ∞ ∞ ∞ ∞

بدأ العلماء، في أواخر القرن التاسع عشر، يلاحظون شيئًا غريبًا جدّا يربط بين المادة والحرارة والضوء، فعندما يشرع أحدهم في تسخين جزء من مادة ما فإنها تبدأ بالتوهج، ومع استمرار ارتفاع درجات الحرارة تبدأ في الاحمرار، إلى أن تصبح بيضاء متوهجة!

بدت هذه العلاقة، بين الشعاع المنبعث من الجسم ودرجة حرارته، موضوعًا ملائمًا لجذب انتباه العلماء وتركيز أبحاثهم.. وفي عام ١٨٩٥م، تطرق الفيزيائي الألماني المُحب للموسيقى «ماكس بلانك» إلى هذه العلاقة، وطول خمس سنوات تقريبًا حاول أن يفسر كل ما يتعلق بها تفسيرًا رياضيًّا، آخذًا في اعتباره إضافات أقرانه، إلى أن وصل عام ١٩٠٠م إلى أن هذا الإشعاع ما هو إلَّا تعبير عن الطاقة التي تعتمد أساسًا على درجة حرارة الجسم، ووضع قانونًا رياضيًّا لحساب طاقة هذه الأشعة، وصاغ لأول مرة عبارة «الذرة المشعة»، ناقلًا بذلك المسألة كلها إلى أساسها من وجهة نظره، إلى الذرّة.

بعد فترة قصيرة، شعر «بلانك» أن صياغته بدت كما لو أن ذرَّته المشعة تتضمن فقط كميات منفصلة من الطاقة لا تقبل القسمة إلى ما دونها، وهو أمرٌ مختلفٌ تمامًا عمَّا هو معروف في الفيزياء الكلاسيكية، إلَّا أنه أقنع نفسه بهذه الحقيقة في النهاية، مدركًا أنه لا مفر من هذه النتيجة؛ ففي أثناء صيف ١٩٠٠م، عندما كان «بلانك» يتنزه مع ولده سيرًا على الأقدام بين أشجار غابة جرونيفالد بضواحي برلين، أخرج الأب ما ضاق به صدره لولده قائلًا إنه لمس إمكانية التوصُّل إلى اكتشاف جديد بكل ما تحمله الكلمة من معنى؛ وبالفعل في آخر شهر من العام نفسه أعلن «بلانك» عن «فرض الكم».

«الطاقة تنبعث أو تُمتص في كميات منفصلة»! كانت هذه فكرة غريبة وغير قابلة أبدًا للاندماج مع الإطار التقليدي للفيزياء، وفشل «بلانك» نفسه في البداية في إحداث هذا التوافق.

كان «هيرتز» قد لاحظ، منذ سنوات، ظاهرة باتت تُعرف بالتأثير الكهروضوئي؛ فعند ارتطام شعاع ضوئي بمعدن فإنه يكون قادرًا على خلق تيار كهربيٍّ صغير تحت ظروف معينة؛ وهذا هو المبدأ الذي تعمل وفقه معظم أجهزتنا اليوم، فالخلايا الشمسية في بعض الآلات الحاسبة تحول أشعة الشمس إلى طاقة كهربية تشغلها، وكاميرات التلفاز تمتص أشعة الضوء من الجسم الذي يُصوَّر وتحولها إلى تيارات كهربية تصل إلى شاشات أجهزة التلفاز في بيوتنا.

ولكن، حتى إعلان «بلانك» عن فرض الكم، ظلّت هذه الظاهرة لغزًا محيرًا؛ فبطريقة ما يزيح شعاع الضوء إلكترونات المعدن، والأغرب أن الشعاع الساقط على المعدن لو اختلف لونه أو تردده فإن طاقة الإلكترونات المزاحة تختلف! ولا يوجد أي تفسير مناسب؛ فوفقًا لفيزياء «نيوتن» يتكون الضوء من جسيمات دقيقة، ووفقًا لباقي الفيزيائيين فإن الضوء موجة طاقتها مستقلة عن ترددها ولونها؛ إذ تخبرنا النظرية الموجية التقليدية أن الضوأين الأحمر والأخضر لهما بالطبع ترددان مختلفان إلَّا أن المفترض أن تكون طاقتهما واحدة، وبالتالي فمن الطبيعي إذا اصطدم كلٌ منهما بقطعة معدن فإن طاقة الإلكترونات المزاحة ستكون واحدة؛ لكن التجارب أثبتت غير ذلك؛ إذ تؤكد أن طاقة الإلكترونات المزاحة تتوقف على تردد شعاع الضوء أو لونه!

تدخّل هنا موظف شاب في أحد مكاتب براءات الاختراع في سويسرا وتجاهل تمامًا تعاليم الماضي، مستخدمًا فرض «بلانك»، الذي كان لم يزل وليدًا وغريبًا على الفيزياء. استنتج الموظف البسيط الألماني الأصل «ألبرت آينشتين» أنه إذا كانت الطاقة تتوزع على حزم منفصلة (وفقًا لفرض «بلانك») فلا بُدَّ أن الضوء كذلك يتوزَّع على حزم منفصلة، أي وحدات منفصلة من الطاقة (سُمّيت فيما بعدُ «فوتونات»)، ورأى «آينشتين» أنه إذا كانت طاقة الفوتون تتناسب مع تردده، فإن طاقة الإلكترونات المزاحة تتناسب مع تردده كذلك، وأثبتت التجارب هذه الفكرة، فعن طريق زيادة تردد شعاع الضوء تزداد شدة التيار في المعدن.

كشف هذا الفهم عن طابعٍ ثوري فريد لفرضية «بلانك»، فها هي تؤدي إلى معرفة تفسير جديد لحقيقة الضوء، فوفقًا لـ«ماكسويل» فإن الضوء موجات كهرومغناطيسية، والآن هو كمِّيَّات أو حزم من الطاقة تنتقل عبر المكان بسرعة فائقة، فهل يمكن الأخذ بالتصورين معًا؟

لم يعلّق «آينشتين» على هذا التناقض بين الصورة الموجية والفكرة الجديدة القائلة بكمَات الضوء، ربما كان يتوقع تفسيرًا له في المستقبل القريب.

في هذه الأوقات، كانت أوروبا تشهد أهم وأعمق نظرة حول فهم الذرة وبنيتها على يد «بيكريل» ([24]) و«كوري» ([25]) و«رزرفورد» ([26]) وغيرهم، حتى ظهرت نتائج ملاحظتهم عام ١٩١١م، وأصبح من المؤكد تصور الذرَّة على أنها نواة تدور حولها الإلكترونات كما تدور الكواكب حول الشمس، إلّا أن هناك اختلافًا واضحًا جدًّا يكاد يطرق العقول إن لم تنتبه إليه؛ حيث إن هذه الذرَّة بنظامها لها قدرة هائلة على الثبات على عكس نظام المجموعة الشمسية تمامًا، بمعنى أن الذرَّة إذا اصطدمت بغيرها تبقى محافظة على نفسها ونظامها! فذرَّة الكربون تظل ذرَّة كربون بعد أي تصادم أو تفاعل كيميائي، في حين أن المجموعة الشمسية أو أي نظام كوكبي يسير على نهج ميكانيكا «نيوتن» غير قادر على العودة إلى وضعه الأصلي أبدًا إذا اصطدم بمثله، وبالطبع يمكننا تخيل هذا.

في عام ١٩١٣م، قدَّم الفيزيائي الدنماركي «نيلز بور» تفسيرًا لهذا الثبات الاستثنائي للذرة بتطبيق فرض «بلانك» عليها؛ حيث إن الذرَّة إذا كانت قادرة فقط على تغيير طاقتها عبر كمِّيَّات منفصلة من الطاقة، فهذا يعني وجوب وجود الذرة فقط في إحدى هذه الحالات المنفصلة والثابتة، وهذه هي الحالة الطبيعية للذرّة، وعلى الذرّة دائمًا العودة إليها.

منذ هذه اللحظة، تولى «بور»، الذي يداوم على ممارسة كرة الطاولة، عجلة القيادة في مسيرة النظرية الجديدة، ولم يتوقف عند تفسير ثبات الذرة، بل قدَّم تفسيرًا نظريًا رائعًا لظاهرة الطيف الخطي المنبعث من الذرة إذا تم تنشيطها بالحرارة.

إذا سخَّنت غازًا ونظرت إليه من خلال منشور فإنك سترى خطوطًا ملونة منفصلة عن بعضها وشديدة التمايز وليس بينها شيء يُرى.

قام «بور» بتفسير خطوط الألوان الغامضة هذه على أساس أن سببها لا بُدَّ أن يكون متعلقًا ببنية الذرة نفسها، قائلًا: إن الإلكترونات مسموح لها أن تدور في مدارات محددة بعينها، وإذا ما تم تسخين الذرة فإن إلكتروناتها تقفز من مدار ثابت إلى مدار ثابت أعلى، وعند فقدان هذه الطاقة الناتجة عن الحرارة فإن الإلكترونات سوف

تقفز مرة أخرى إلى المدار الأصلي الأقل، مطلقة بذلك قدرًا معينًا من الطاقة على شكل موجات بأطوال موجية محددة تتناسب مع حجم الطاقة، وبالتالي تُنتج ألوانًا متمايزة واضحة بعينها؛ فالإلكترونات لا يمكن أن توجد أبدًا في أماكن وسط بين تلك المدارات، لهذا تكون الألوان الظاهرة معبرة بتمايزها عن قفزة الإلكترون فيما يُعرف باسم «قفزة كمية».

كان مصدر الإبهار في «القفزة الكمية» هو حقيقة أن الإلكترون ينتقل من مدار إلى آخر من دون أن يسلك طريقًا بينهما! كأنه يختفي من مدار ليظهر في آخر، أما أن تره وقت انتقاله نفسه فهذا مستحيل!

أرجع «بور» القفزة الكمية إلى فرض الكم عند «بلانك»، معتقدًا أن سببها هو أن الطاقة تأتي بمقادير منفصلة لا يمكن تقسيمها، كميات محددة يمكن أن نقول عن مفردها «الكم»، أي أن طاقة الإلكترونات طاقة «كموميّة»!

وعلى الرغم من أن تصرف الإلكترونات داخل الذرة يبدو غريبًا ومفاجئًا، فإن الأدلة والتجارب كانت تؤكد أن «بور» كان محقًّا في تفسيراته، وكلما زادت التجارب زاد الاعتقاد أن قواعد هذا العالم الصغير مختلفة تمامًا عن العالم الكبير والفيزياء الكلاسيكية.

أدرك «بور»، بتلك التصورات، أنه قد بدأ طريقًا طويلًا لم يكُن أحد قادرًا على التنبؤ بنهايته، فإن تطورات الكم هذه يبدو أنها تأخذ مسارًا تصادميًّا مع الفيزياء المعروفة كلها، وفكرة القفزة الكموميّة ليست إلّا نقطة بداية لطريق طويل ووعر، لكنّ الفيزيائيين قد اعتادوا تدريجيًّا خلال تلك الفترة أن يتفادوا المتناقضات الكثيرة التي باتت تحيط بهم، وكانوا مع كل مفارقة يرون نظرية الكم أكثر بروزًا وإثارة! ففي النهاية ما زال هناك كثير في هذا الحيِّز الدقيق، فلماذا لا تُثار عقولهم؟

∞ ∞ ∞ ∞ ∞

الفصل السابع
من قطار الضوء
(النسبية الخاصة)

«خرج آينشتين من بيت صديقه وهذه الأفكار كلها تمتطي كاهله وتثقل مشيته التي تتجه به نحو الترام ليعود إلى بيته، وعندما ركب الترام نظر نظرة حائرة إلى ذلك البنيان الضخم صاحب التاريخ الذي يطل على المدينة كلها، وكأنَّه يتفقد أحوالها، برج الساعة (الزيتجلوج) الذي يعود إلى العصور الوسطى يتلقى نظرة آينشتين وكأنها لوم لكل الزمان الذي يفصل بينهما».

في العام نفسه الذي أشار فيه «بلانك» إلى فرض الكم في أثناء سيره مع ابنه في ضواحي برلين، كان الطالب «ألبرت آينشتين» يتخرَّج أخيرًا في معهد البوليتكنيك في سويسرا حاصلًا على شهادة في الفيزياء والرياضيات، وعلى الرغم من تقديراته العالية فإنه شعر أن المستقبل القريب الذي ينتظره لن يكون سهلًا أبدًا؛ فعلى عكس العُرف المتبع لم يتم تعيينه في المعهد، وأستاذه «هاينريش فيبر» الذي كان معجبًا به عند دخوله اختبارات المعهد، هو نفسه الآن يتخلى عنه وعن وعده له بأن يعينه مساعدًا له بعد التخرج.

لم يكُن «فيبر» شخصًا شريرًا يخلف وعوده، بل هو نفسه منذ سنوات الذي عرض على «آينشتين» أن يحضر محاضراته عندما رسب في اختبارات القبول أول مرة، لكنَّه مع مرور الوقت وخلال سنوات «آينشتين» كطالب في المعهد بدأ «فيبر» يستاء من تمرده الغريب وعدم انتظامه في الحضور كزملائه؛ لذلك تحول حبه وإعجابه إلى غضب، ونظر إلى «آينشتين» قائلًا: «إنك فتى ذكي للغاية، لكن عيبك الخطير أنك لا تقبل أن يوجهك أحد». وقبل أن تتهم الرجل بقسوته على الطالب الذي يهوى الحرية، دعني أخبرك أن طلب «آينشتين» للحرية كان يصل إلى تمرُّد لا يمكن أن يُطاق، حتى إنه في مرة رمى كتيب التعليمات الخاص بأحد صفوفه في سلة المهملات من دون أن يلقي نظرة واحدة عليه! الأمر الذي أغضب «جين بيرنت»، أستاذ المادة، وجعله يقول صراحة لـ«آينشتين»: «إنك فتى نشيط، لكن لا مستقبل لك في الفيزياء، ومن مصلحتك أن تتحول إلى تخصص آخر كالطب أو الأدب أو القانون». ثم كانت الواقعة التي جعلت علاقته كطالب بأستاذه «بيرنت» أسوأ ما يكون عندما تسبب «آينشتين» في انفجار في المعمل بعد تمزيقه كتيب الإرشادات المعملية وأصيب إصابة شديدة، الأمر الذي جعل «بيرنت» يعطيه في مادته درجة «١».

بعيدًا عن أستاذَي الفيزياء السابقَين، فإن «هيرمان منكوفسكي»، أستاذ الرياضيات، أطلق على الطالب «آينشتين» «الكلب الكسول» بسبب إهماله المتعمَّد للمحاضرات؛ والحقيقة أن إهمال «آينشتين» للمحاضرات لم يكُن نابعًا من كسلٍ في شخصيته، بل إنه كان يكره بعض المحاضرات ويفضِّل أن يقضي أوقاتها في البحث في المكتبة أو في المعمل.

كان هذا السجل المتميز الذي يمتلكه «آينشتين» في علاقته مع سادة المعهد كافيًا تمامًا لمنعه من التعيين وإن كان متفوقًا، لكن «آينشتين» ذا العشرين عامًا أصبح متخرجًا وعليه أن يتكسَّب قوت يومه، خاصَّةً أنه قد انقطع عنه أي دعم مالي كان يأتيه من أسرته وأقاربه في إيطاليا بمجرد تخرجه.

بدأ «آينشتين» بحثه الحثيث عن عمل بخطأٍ لم يفارق ذهنه طول حياته؛ إذ كتب اسم «هاينريش فيبر» في قائمة الأشخاص الذين يمكن للراغبين في توظيفه أن يستعينوا برأيهم فيه. كادت هذه الحماقة منه تدمر حياته العملية تمامًا؛ فبالطبع لم يكن أستاذه الغاضب «فيبر» يذكر عنه إلَّا شرًّا، وقد علق «آينشتين» على هذا فيما بعد قائلًا: «كان من الممكن أن أجد وظيفة بسرعة لو لم يكن فيبر قد لعب تلك اللعبة الدنيئة».

أخذت ظروف «آينشتين» تزداد سوءًا؛ فطلبه الذي قدمه للحصول على الجنسية السويسرية لا يمكن تحقيقه ما دام بلا وظيفة، وهو الآن بلا جنسية أصلًا! فمنذ خمس سنوات تقريبًا ترك موطنه ألمانيا دون أن يُتم الثانوية، وبالتالي كان هاربًا من الخدمة العسكرية، وذهب إلى مقر أبويه الجديد في إيطاليا، ولمَّا التحق بالمعهد هنا في زيوريخ ظلت ذكريات التعليم الأساسي الألماني السيئة، التي كانت سببًا في هجره لألمانيا تطارده، ما دفعه إلى أخذ خطوة ثورية متهورة وتنازل عن جنسيته الألمانية.

كل هذه الأفكار من الماضي تتحد مع المستقبل المظلم وتسيطر على عقل «آينشتين» الذي لا يزال يبحث عن عمل، ولقد كتب «آينشتين» معبِّرًا عن إحساسه من مآسي هذه الفترة: «ليست هذه الدنيا إلَّا سباقًا لعينًا كُتب علينا جميعًا نحن الأحياء أن نخوضه». وكتب أيضًا، حين أدرك أن السبل قد تقطعت به فعلًا: «وها أنا الآن قد صرت عالة على أقربائي.. فيا ليتني لم أولد في هذه الحياة». وفكَّر «آينشتين» أن يعزف بالكمان في الشوارع؛ ولكن هذه المرة لن يعزف ليبهر ضيوف أبويه بأنه على الرغم من حداثة سنه يتمكن من عزف مقطوعات «موتسارت» و«بيتهوفن» مع أمه، بل سيعزف وحيدًا مستجديًا المارَّة.

ولم ترحمه الأيام عند ذلك فحسب، بل إنها صفعته صفعة جديدة وجاءه خبر إفلاس والده وغرقه في الديون، وهي المرة الثانية التي يفلس فيها والده، فقد انتقل أساسًا إلى إيطاليا بعدما كسد عمله في ألمانيا، لكن «آينشتين»، أخيرًا، وجد فرصة عمل في مدرسة فنية مدرسًا للرياضيات، استمر فيها عام ١٩٠١م، وفي العالم التالي انتقل إلى مدرسة أخرى، لكن مديرها كان ديكتاتورًا؛ لذلك فُصل منها «آينشتين» بسرعة لعدم قدرة أحدهما على التعايش مع الآخر.

وسط هذا الليل كله، الذي يزداد ظلمة، والأحلام التي تتبدد، تلقى «آينشتين» رسالة وكأنها قارب نجاة لغريق حتمي كان بينه وبين الموت لحظات؛ فقد استطاع صديقه وزميله السابق في المعهد «مارسيل جروسمان» أن يحصل له على وظيفة في مكتب براءات الاختراع في بيرن كخبير فني من الدرجة الثالثة. كان «جروسمان» معجبًا بـ«آينشتين» مذ كانا زميلين، وكان «آينشتين» يبادله الإعجاب نفسه، بل ويعتمد على ملاحظاته التي يدوِّنها أكثر من اعتماده على المحاضرات نفسها، وذات مرة قال «جروسمان» لوالدة «آينشتين» إنه يومًا ما سيحدث لـ«آينشتين» أمر عظيم.

وعلى الرغم من راتب «آينشتين» الزهيد من وظيفته الجديدة التي تسلمها في منتصف عام ١٩٠٢م فإنها كانت لها مميزات أخرى، فقد كانت وظيفة في صلب تخصصه كرجل يريد أن يكمل حياته بين دفتي الفيزياء، بالإضافة إلى أن ماهيَّة الوظيفة تُحتِّم عليه الوقوف على مبادئ الفيزياء الأساسية والتمكُّن منها ورؤيتها عمليًّا في الاختراعات التي يكتب تقاريره عنها، وهذا بالطبع يؤدي إلى إثراء علمه وفكره وخياله كرجل فيزياء، كما أنها جعلته يعيش حالة من الاستقرار النفسي ولو نسبيًّا ووفَّرت له الوقت في أن يسرح كعادته وتسرقه أحلام اليقظة وخياله الجامح من جديد كما تعوَّد طول حياته الماضية، فلقد كان «آينشتين» الصبي حبيسًا لكثير من الأفكار الفيزيائية التي كانت تطارد شطحات عقله على الدوام، ولعلَّ حبسه بين أفكاره بعيدًا عن الواقع يمثل له الحرية التي دائمًا يهفو إليها عقله.

كانت إحدى هذه الأفكار العجيبة التي تراود «آينشتين» هي فكرة تسابقه مع شعاع الضوء؛ فمنذ كان في السادسة عشرة من عمره وهو يتخيَّل نفسه يعدو بجانب شعاع الضوء بنفس سرعته، وسرعان ما يسأل نفسه بصوت عقله قاطعًا صمت هذا الحلم وجماله: كيف سيبدو شكل الشعاع عندها؟

إن تخيلًا كهذا لا يبنيه عقل شاطح فقط، فله أساسٌ في ميكانيكا «نيوتن»، فعند «نيوتن» أي جسم يمكن أن يلحق بأي جسم إذا تحرك بالسرعة المطلوبة فقط، وعندما يتساوى الجسمان في السرعة فإنهما على الرغم من الحركة سيظهران لبعضهما كأنهما ثابتان، وهذه الحقيقة نختبرها كل يوم في حياتنا، فإنك إذا كنت في سيارة تسير بجانب سيارة أخرى بالسرعة نفسها، سترى مَن بداخلها وكأنهم في وضع ثابت ويتصرفون بشكل عادي من دون التأثُّر بحركة السيارة، وبالتالي وعلى الأساس نفسه فإن «آينشتين» علم أنه إذا استطاع أن يعدو بجانب شعاع الضوء بسرعته نفسها فسيبدو له الضوء في غاية السكون، ولمَّا كان الضوء عند معظم الفيزيائيين يتكوَّن من موجات فإن «آينشتين» عندما ينظر إليه ساعتها سيرى موجة متجمدة! موجة ثابتة لا تتذبذب في الزمن!

كانت هذه الفكرة عادة ما تنتهي من دون أي منطق عند «آينشتين»، فلا أحد يرى موجة متجمدة ولا يوجد أي توصيف مثل هذا للضوء في الكتب العلمية، ومعادلات «ماكسويل» لا تشير إلى صحة فرضية كهذه أصلًا.

بعد فترة قليلة من تسلُّم «آينشتين» وظيفته، وصلت إليه رسالة من إيطاليا بخبر احتضار والده، فاستجاب لها بسرعة وسافر إلى هناك، واستطاع ساعتها أن يخطف من والده موافقته أخيرًا على زواجه من «ميليفا»، التي كانت زميلته في المعهد والتي كانت لا تلقى استحسان أحد من عائلته، خاصَّةً أمه، وبالفعل توفي والده في أكتوبر من عام توظيفه نفسه، وكأن القدر يأبى أن يُظهر «آينشتين» شخصًا ناجحًا في عينَي والده أبدًا، فها هو العالم الآن يعلم صغيره وكبيره من هو «آينشتين» ويأخذونه مثلًا للذكاء والنبوغ، في حين أن أباه لم يره إلَّا موظفًا بسيطًا. ظل «آينشتين» طول عمره يشعر أنه خذل أباه ولم يُرِه من نفسه خيرًا.

في مطلع العام الجديد، بدأ «آينشتين» في تكوين بيته الصغير الذي يحوي أسرة تتكوَّن من فردين كأي موظف حكومي عادي، ورُزق طفلًا في عام ١٩٠٤م. ويصف صديقه «ديفيد رايخنشتاين» بيت «آينشتين» هذا وحاله عندما زاره قائلًا: «كان باب الشقة مفتوحًا كي يسمح للأرضية التي مُسحت لتوها وللثياب المغسولة

المعلقة في الردهة أن تجف، وحين دخلت غرفة آينشتين وجدته يهز بصبر مهد طفله وباليد الأخرى يمسك كتابًا مفتوحًا، وفي فمه سيجار من نوع غاية في الرداءة، ومن الموقد كان ينبعث دخان كريه».

كوَّن «آينشتين» في هذه الفترة مجموعة تشبه الحلقة الدراسية بطريقة غير رسمية، بأعضاء من معارفه البسطاء مثله، لكنهم كانوا يناقشون كل الأفكار الفيزيائية التي تطفو على الساحة ويكوِّنون عنها رأيًا خاصًّا بهم، وكان «آينشتين» محبًّا لهذه المجموعة التي سمَّاها ساخرًا «الأكاديمية الأوليمبية»، وأكثر الأفكار التي تناولوها هي أفكار الفيلسوف النمساوي «إرنست ماخ» التي كانت تثير جدلًا واسعًا؛ حيث كان «ماخ» رافضًا لكثيرٍ من الأفكار الفيزيائية التي اعتبرتها الفيزياء الكلاسيكية مسلَّمات وألزمت بها العلماء، ولقد أُعجب «آينشتين» بنقد «ماخ» كثيرًا، حتى إنه في أكثر من مقالٍ بعد ذلك كان يذكر اسمه مشيدًا بنقده لتلك المُسلَّمات، ومن بين آراء «ماخ» كلها هناك فكرة أثارت انتباه «آينشتين»، هي نقد «ماخ» نظرية الأثير، فمن وجهة نظر «ماخ» فإن الأثير غير موجود؛ لأنه ببساطة لا يوجد دليل عليه سوى اعتماد ميكانيكا «نيوتن» على وجوده، وبالتالي فلا بُدَّ من إسقاط هذه النظرية وما يترتب عليها.

جعلت هذه الانتقادات «آينشتين» يفكر بجدية في فكرة الأثير، وكانت هذه الفترة أصلًا تشهد تيارًا ضخمًا من الأبحاث والتجارب التي تستعيد تجربة «ميكلسون» ونتائجها الغامضة وتحاول التوفيق بينها وبين نظرية الأثير؛ وثورة «ماخ» ضد الأثير كانت نابعة من تعجبه من إقرار العلماء بوجوده على الرغم من التطور الكبير الذي شهده النصف الثاني من القرن التاسع عشر في إخضاع النظريات للتجربة الدقيقة؛ والأثير تحديدًا لم تنجح أي تجربة في إثبات وجوده!

في ثمانينات القرن التاسع عشر، أعدَّ الفيزيائيان «ألبرت ميكلسون» و«إدوارد مورلي» تجربة من شأنها أن تُظهر أثر حركة الأرض في الأثير على سرعة الضوء، فقاما بتصميم تجربة يتم فيها فصل شعاع ضوء واحد إلى شعاعين منفصلين ينطلق كل منهما في اتجاه مختلف مكوِّنًا زاوية قائمة مع الآخر ليقطع كل منهما المسافة نفسها ويصطدم بمرآة في نهاية مساره فينعكس عائدًا إلى المصدر فيتداخلان.

إذا كنت تجري في عكس اتجاه الرياح فإن سرعتك بالتأكيد ستكون أقل من سرعتك الأصلية، وكذلك إذا كنت تجري مع اتجاه الرياح فإن سرعتك ستكون أكبر من سرعتك الأصلية، وبالتالي فإن اتجاهك إذا كان موازيًا لاتجاه الرياح سيختلف في ذهابك عن إيابك، أما إذا كنت تجري عموديًّا على اتجاه الرياح فإن سرعتك ستتأثر طبعًا بدفع الرياح لأحد جانبيك، لكنها ستكون هي نفسها إذا عكست اتجاهك بحيث تصدمك الرياح من الجانب الآخر، هذا بالضبط ما توقعه «ميكلسون» و«مورلي»، فالأرض تدور حول الشمس سابحة في الأثير، وبالطبع حركتها السريعة ستخلق حولها رياحًا أثيرية في الاتجاه المعاكس وكأنها تشق هذا الوسط الأثيري شقًّا، وبالتالي فإن سرعة شعاع الضوء إذا كان موازيًا لهذه الرياح الأثيرية ستختلف قبل الانعكاس عنها بعد الانعكاس، وسرعة شعاع الضوء العمودي على الرياح الأثيرية ستظل كما هي قبل الانعكاس وبعده، صمّم «ميكلسون» و«مورلي» تجربتهما على هذا الأساس بحيث ينطلق أحد الشعاعين موازيًا للرياح الأثيرية وبالتالي ينطلق

الآخر عموديًّا عليها، وتوقعا أن تكون النتيجة الطبيعية هي عدم تزامن عودة الشعاعين إلى المصدر.

على عكس المتوقَّع تمامًا، اندهش «ميكلسون» و«مورلي» عندما عاد الشعاعان متزامنين ولم تتغيَّر سرعة الضوء في الاتجاهين. أجبرتهما دهشتهما على إعادة التجربة مرَّات، إلَّا أن النتيجة ظلت كما هي؛ التجربة تصرخ في وجهيهما المأخوذين بالتعجب قائلة إنها لم تدرك أي أثير!

جعلت هذه النتيجة الصادمة الفيزيائيين في حيرة بين خيارين كلاهما مُرٌّ، فإما أن تكون الأرض أصلًا لا تتحرك وثابتة بالنسبة للأثير، وبالتالي يتم هدم بناء علم الفلك كله منذ «كوبرنيكوس»، وإما أن تسقط فكرة الأثير وتسقط معها كل قوانين «نيوتن». منذ وقت التجربة وطول تلك المدة كلها، لم يقبل الفيزيائيون كلا الخيارين وحاولوا إعادة التجربة من جديد كلما أتاح لهم التطور ذلك وبذلوا مجهودات كبيرة في التوفيق بين نتائج هذه التجربة ـ التي لم تتغيَّر ـ وبين نظرية الأثير.

وعندما بدأ هذا الصراع يشغل عقل «آينشتين» بسبب كلام «ماخ»، كان «لورنتز»، بمعاونة الفيزيائي الآيرلندي «جورج فيتزجيرالد»، يقدِّم حلًّا جديدًا؛ حيث استنتج أن الأرض في أثناء حركتها خلال الأثير تنضغط فيزيائيًّا وتنكمش في اتجاه الحركة تحت تأثير رياح الأثير، وبالتالي فإن سرعة شعاع الضوء الموازي للحركة قد تغيَّرت بالفعل، لكن وصوله تزامن مع وصول الشعاع الآخر؛ لأن مساره قد انكمش بنفس معدل تغير سرعته.

وعلى الرغم من أن هذه النظرية ورياضياتها التي سيُطلَق عليها فيما بعدُ «تحويلات لورنتز» سيكون لها شأن عظيم، فإنها بدت في البداية من الناحية الفلسفية كرقعة صفراء فاقع لونها في وسط ثوب أسود يدَّعي صاحبه أنه غير مرقَّع، فها هو الأثير الذي يعاني أصلًا انعدام أي دليل على وجوده، يصبغه «لورنتز» بخاصية جديدة كليًّا وهي القدرة على ضغط الذرات إذا مرَّ من خلالها، والأغرب من ذلك أن منطق النظرية يظهر وكأن «لورنتز» يقول بمنتهى البساطة إن السبب في عدم قدرتنا على إثبات وجود الأثير تجريبيًّا هو وجود الأثير أصلًا!

أثارت نظرية «لورنتز» الجديدة ومحاولات إحداث التكامل بين بعض نظريات الفيزياء التي تضرب التجارب بأسسها عرض الحائط اهتمام «آينشتين» وجعلته يعود ليتخيل نفسه يعدو بجانب شعاع الضوء، وانتهى كالعادة إلى أن «ماكسويل» قد حدد سرعة الضوء وقال إنها ثابتة مهما كان وضع المُراقب الذي يقوم بالقياس، ومعادلاته تصفع من يقول غير ذلك. أخذت الأفكار تزدحم في عقل «آينشتين»، وتتبلور المشكلة أكثر فأكثر؛ فوفقًا لـ«ماكسويل» لا يمكن اللحاق بسرعة الضوء أبدًا، لكن وفقًا لـ«نيوتن» يمكن اللحاق بأي مُتحرك بمجرد التحرك بالسرعة المطلوبة؛ فميكانيكا «نيوتن» تقضي بالقدرة المطلقة على اللحاق بالأجسام المتحركة. بدأ «آينشتين» يغضب ويتحيَّر؛ ففيزياء «نيوتن» تؤكِّد ما تنفيه فيزياء «ماكسويل»!

لنتخيَّل أن هناك سيارة شرطة تلاحق سيارة لص هارب، خبراتنا الحياتية وقوانين «نيوتن» تقول إن ضابط الشرطة لو قاد بسرعة أكبر من السرعة التي يقود بها اللص فإنه سيلحق به بالتأكيد وبينما تكون سيارة الضابط تقترب من سيارة اللص

فإن الضابط من داخل سيارته وكل شاهد عيان آخر سيلاحظ أن المسافة بين السيارتين تقل. عند «نيوتن» ستحدث هذه النتائج والمشاهدات نفسها لو استبدلنا بسيارة اللص شعاع الضوء؛ لكن هذه المطاردة نفسها ستأخذ شكلًا آخر عند «ماكسويل»؛ حيث إن الضابط إذا زاد من سرعته، فإن شهود العيان سيرونه يقترب من شعاع الضوء، في حين أن الضابط نفسه سيرى أنه لم يقترب من شعاع الضوء نهائيًّا، وأنه كلما زاد من سرعته يرى شعاع الضوء يبتعد بالمعدل نفسه!

هذا هو ما لفت انتباه «آينشتين»؛ لأن هذه الحقيقة تصطدم بمبدأ النسبية الذي صاغه «جاليليو» أيضًا. كيف يظهر الضوء بسرعة ثابتة لمُراقبين في إطارين مختلفين؟ كيف أنطلق في اتجاه الضوء نفسه وتظل سرعته كما هي بالنسبة لي والمسافة بيني وبينه لا تتغير؟ كيف أقيس السرعة نفسها للضوء إذا كنت أنطلق مواجهًا له وإذا كنت أنطلق عموديًّا عليه وإذا كنت واقفًا؟ ما سرُّ هذا الثبات الغريب لسرعة الضوء بالنسبة لأي مُراقب؟

إننا هنا لا نتحدث عن ثبات سرعة الضوء كقانون طبيعي، بل نتحدث عن السرعة التي سيظهر بها بالنسبة لمُختلف المُراقبين، وقبل استثناء أثر حركاتهم.

إن «نيوتن»، مثله مثل كل من يريد أن يخضع حركات الكون لآلية عمل مُحكمة، وضع قوانينه الذهبية وافترض فكرة المكان المطلق حتى يُعطي بعض رياضياته معنى، وعلى الرغم من أن ثمَّة تعارضًا خافتًا بين فكرة المكان المُطلق ومبدأ النسبية المبني أساسًا على الحركة النسبية، الذي يقضي بأن هذه القوانين إذا كانت صحيحة في نظام ما، فإنها بالضرورة تكون صحيحة في أيِّ نظام آخر إذا كان يتحرك حركة منتظمة بالنسبة للنظام الأول ـ والحركة المنتظمة تعنيً استثناء الحركات الدوّارة والحركات المُعجّلة ـ فإن ميكانيكا «نيوتن» ومبدأ النسبية شكَّلًا معًا جانبًا أصيلًا من الصرح الفيزيائي، خاصَّةً بعد فشل المُحاولات في إثبات الأثير (الذي سيمثل دور المكان المطلق)، أما ثبات سرعة الضوء مهما كانت حالة المُراقب القائم بالقياس، فقد بدت كخروجٍ صارخٍ عن مبدأ النسبية وقوانين «نيوتن».

شعر «آينشتين» أن نظرية «نيوتن» ونظرية «ماكسويل» بينهما تعارض أصيل، وإحداهما تكفي لإسقاط الأخرى، في حين أن مَن يدرس الفيزياء يدرس أعمال الرجلين كأساس الصرح الفيزيائي.

اعتاد «آينشتين» في هذه الفترة أن يتردد على صديقه وزميله في المكتب «ميكيلي بيسو» ليشكو له تناوب الأفكار على عقله وتناقض النظريات ويقول له إن قوانين «نيوتن» للحركة ومعادلات «ماكسويل» اللتين تشكلان معًا أساس الفيزياء لا تتسقان ولا بُدَّ لنا أن نعترف أن إحداهما صحيحة والأخرى خاطئة وأن نعيد النظر في هذا الصرح ككل، وتطول المناقشات بينهٍ وبين «بيسو» ويتعرَّضان لفكرة الزمان والمكان المطلقين عند «نيوتن» ويدلي كلٍّ منهما بدلوه، لعلَّ ذلك يخفض من حدة حنق «آينشتين» على هذا البناء الذي يراه آيلًا للسقوط، ففي النهاية يستحيل أن يكون الزمان والمكان مطلقين وتكون سرعة الضوء بهذا الثبات للمراقبين كلهم، والاستحالة نفسها تربط علاقة سرعة الضوء بمبدأ النسبية!

ثم تنتهي المناقشات الساخنة بالإحباط وعدم ظهور أي حل أو اتساق يمثل انتصارًا لعقل «آينشتين» الغاضب؛ فهو لا يدرك بعدُ أن تركيزه على هذا التعارض في حد

ذاته كان أكبر انتصار حققته الفيزياء في تاريخها.

خرج «آينشتين» من بيت صديقه وهذه الأفكار كلها تمتطي كاهله وتثقل مشيته التي تتجه به نحو الترام ليعود إلى بيته، وعندما ركب الترام نظر نظرة حائرة إلى ذلك البنيان الضخم صاحب التاريخ الذي يطل على المدينة كلها وكأنه يتفقد أحوالها؛ برج الساعة (الزيتجلوج) الذي يعود إلى العصور الوسطى يتلقى نظرة «آينشتين» وكأنها لومٌ لكل الزمان الذي يفصل بينهما وعلمائه الذين تفلّت منهم هذا التعارض - وإن لم يكن قديمًا - وسط عدم انتباه البعض وتعمُّد البعض، إلَّا أن أحلام اليقظة انتشلته فجأة من نوبة الإحباط هذه، وسرقت عقله ليتخيل أن هذا الترام سيتحرك به الآن مبتعدًا عن برج الساعة بسرعة الضوء، لم يتخيَّل هذه المرة أنه يعدو بسرعة شعاع الضوء وبجانبه، لكنه تخيل أنه يركب شعاع الضوء نفسه وكأن الترام هو شعاع الضوء، عندها شعر «آينشتين» أن صعقة تُنعش قلبه وأن عقله ينتفض ليقرَّ حقيقة جديدة تمامًا.

إذا تحرك الترام بسرعة الضوء فإن عقارب ساعة البرج ستظهر لـ«آينشتين» متوقفة تمامًا؛ لأن الضوء الذي ينعكس منها لن يصل إليه أبدًا؛ فهو ببساطة يتحرك بسرعة الضوء نفسها، ومهما أطال النظر إلى الساعة فإنه سيرى عقاربها ثابتة لا تتحرك، وفي الوقت نفسه فإنه لو نظر إلى ساعته هو، سيراها تتحرك على طبيعتها فتختلف عن ساعة البرج! كما أن أي شيء داخل الترام سيكون طبيعيًّا وفقًا لمبدأ النسبية، فالقوانين الفيزيائية كلها لن تتغيَّر مهما تغيرت سرعة الإطار الذي تتم فيه ما دامت منتظمة.. أنت تمارس تصرفاتك كما هي إذا كنت تركب سيارة تسير بسرعة ٦٠ كم/ ساعة أو ١٢٠ كم/ ساعة أو حتى طائرة تنطلق بسرعة فائقة، تشرب الشاي وجسمك يعمل بشكل عادي وتُكلم من بجانبك ويسمعك وتسمعه؛ لأن سرعة الصوت قانون فيزيائي لن يتغير بسرعة النظام الذي أنت فيه..

عندما استنتج «آينشتين» اختلاف ساعته عن ساعة البرج، ظهر أمامه حل المسألة كلها وأحس بشعور وصفه هو فيما بعدُ قائلًا: «كان الأمر كعاصفة اجتاحت عقلي»، فها هي الحقيقة، الزمن يجري بمعدلات مختلفة وفقًا للسرعة، أي أن الأحداث التي تتزامن في إطار ما قد لا تتزامن في إطار آخر إذا اختلفت السرعة، وهذا عكس ما ظنه «نيوتن» في فكرة الزمان المطلق. كأن هناك رابطًا بين الحركة والزمن، والحركة هي انتقال في المكان عبر الزمن، فكأنَّ هناك علاقة بين الزمان والمكان ولا تكشف عنها إلَّا الحركة السريعة جدًّا التي تقترب من سرعة الضوء.

لنعُد مرة أخرى إلى مثال سيارة الشرطة التي تطارد شعاع الضوء، ذكرنا أن شهود العيان أكدوا أنهم رأوا سيارة الشرطة تقترب من شعاع الضوء كلما زاد الضابط من سرعتها، في حين أقسم الضابط إنه لم يقترب من شعاع الضوء ولو مترًا واحدًا وأنه مهما زاد من سرعته لا يقترب منه وتظل المسافة كما هي بينهما وكأن سرعة الضوء تزداد مع سرعة سيارته بالمعدل نفسه؛ ولكي نجعل المثال أكثر توضيحًا لنسبية التزامن فلنفترض أن شعاع الضوء والسيارة قد انطلقا في بداية المطاردة من النقطة نفسها وفي اللحظة نفسها، وأن سرعة الضوء تجعله يصل إلى منتصف الطريق الذي تتم فيه المطاردة بعد ثانية واحدة، أما سيارة الشرطة فسرعتها تجعلها تصل إلى ربع الطريق بعد ثانية واحدة، وانطلقت السيارة وشعاع الضوء، ثم ذهبنا إلى شهود العيان لنأخذ عنهم ما شاهدوه، سيقول الشهود إنه بعد ثانية واحدة كان

الشعاع عند منتصف الطريق بينما كانت السيارة عند ربعه بالضبط، وإذا سألنا الضابط فإنه سيقول بعد ثانية واحدة رأيت شعاع الضوء وقد قطع ثلاثة أرباع الطريق وقطعت أنا ربعه فقط!

التباين الواضح بين الشهادتين يقضي بأن شهود العيان رأوا المسافة بين الشعاع والسيارة بعد ثانية واحدة تقدَّر بـ«ربع الطريق»، بينما رأى الشرطي المسافة بينه وبين الشعاع بعد ثانية واحدة تقدر بـ«نصف الطريق»، أي أن كليهما اتفق على سرعة الضوء التي حددناها بأنها نصف الطريق في الثانية الواحدة؛ لأن سرعة الضوء ثابتة مهما اختلفت طريقة القياس ووضع المُراقب، لكنهم اختلفوا في إدراك المسافة بين السيارة والشعاع؛ إذا أكملنا التحقيق مع الشهود سيقولون إنه بعد ثانيتين كانت المسافة بين شعاع الضوء والسيارة تقدَّر بـ«نصف الطريق» لأن سيارة الشرطة أصبحت في منتصف الطريق والشعاع أصبح في نهايته، هنا تتفق رؤيتهم مع رؤية الضابط بعد الثانية الأولى، أي أن ما رآه الضابط بعد ثانية رآه الشهود بعد ثانيتين، وبالتالي الثانية بالنسبة لحركة الضابط عادلت ثانيتين بالنسبة للشهود، أي أن الضابط أصبح له لفظ «الآن» الخاص به والشهود أصبح لهم لفظ «الآن» الخاص بهم، وهذه هي نسبية التزامن عند «آينشتين»، ولكن ماذا عن تضارب الرؤى؟ لماذا عاين الضابط حقيقة مغايرة للحقيقة التي عاينها الشهود؟ وهنا تظهر النقطة الأهم، وهي أن المكان (الحيِّز الفضائي الذي تدور فيه الأحداث) قد تصرَّف تصرفًا مختلفًا بالنسبة للضابط، فجعل الضابط يرى حقيقة، وبات الشهود على حقيقة أخرى. والحقيقتان المختلفان تتفقّان فقط فيما يخص سرعة الضوء! وهذه هي نسبية المكان عند «آينشتين»؛ فالمكان يتغيّر عند السرعات القريبة من سرعة الضوء.

إن ما حدث في المثال هو بسبب سرعة الضوء الثابتة لأي مُراقب وبسبب مبدأ النسبية الذي جعل عقل الضابط وساعته داخل سيارته التي تتحرك بسرعة عالية جدًّا تنافس سرعة الضوء يعملان بشكل طبيعي مُنسجم بالنسبة للضابط، في الوقت الذي لو لاحظه الشهود لرأوه شبه متجمد في سيارته، ويكون الحل الوحيد للتوفيق بين رؤيتَي الضابط والشهود من البداية هو إبطاء مخ الضابط في الزمن بجعل أنشطته الدماغية تتحرك بسرعة كسرعة سيارته وبالتالي يتناسب مع إبطاء الزمن الذي أحدثته سرعة سيارته.

هكذا يختفي مصطلح الزمان المطلق تمامًا؛ فكل جسم في كل نقطة في هذا الكون الفسيح له زمن خاص بسرعة حركته. ذات مرة، وصف «آينشتين» عبقرية «نسبية التزامن» قائلًا إن رؤيته هذه تضع ساعة في كل نقطة في الكون، كلٌّ منها تدق بمعدل مختلف، في الوقت الذي لم يكُن هو نفسه قادرًا على شراء ساعة واحدة لنفسه.

قضى «آينشتين» ليلته هذه بين ثورة محشودة من الأفكار، متأكدًا أنه وصل إلى فهم جديد للحقيقة لم يخطر على عقل بشر قبله؛ وبدأ يرتِّب هذه الأفكار ويجهِّز أسلحته التي سيُخضع بها هذه الروائع إلى نظرية محكمة يغيِّر بها تاريخ الفيزياء ويقضي بها على التعارض الذي كاد يُفقده عقله؛ وفي اليوم التالي فوجئ «بيسو» بطرقٍ على الباب، وعندما فتحه عاجله «آينشتين» باندفاع ودون حتى أن يسلم قائلًا: «شكرًا لك، لقد حللتُ المعضلة كلها».

ظل «آينشتين» طول الأسابيع الستة التالية بين أوراقه وقلمه ومداد أفكاره ورياضياته، حتى أخرج بحثًا يتكوَّن من إحدى وثلاثين صفحة تحت عنوان «إلكتروديناميكا الأجسام المتحركة»، ثم رقد في فراشه لمدة أسبوعين وكأنه قد أخرج كل ما يملك من طاقة في سطور هذه الأوراق، وترك البحث لزوجته «ميليفا» لتراجع رياضياته.

في سبتمبر عام ١٩٠٥م، نُشر البحث في العدد السابع عشر من الحولية الفيزيائية، ليكتسب هذا العدد مكانة تاريخية لا تُقارَن، حتى وصفه «ماكس بورن» قائلًا: «إنه واحد من أبرز الإصدارات في تاريخ المؤلفات العلمية».

كان بحث «آينشتين» يبدأ معتمدًا على مبدأين:

أولًا: قوانين الفيزياء لا تتغيَّر باختلاف الأطر التي تتم فيها طالما انتظمت حركتها بالنسبة لبعضها، وفقًا لمبدأ النسبية.

ثانيًا: سرعة الضوء ثابتة لا تتغيَّر لأي مُراقب.

وكما ذكرنا، فإن النظرة الأولى للمبدأين قد تبيِّن أنهما متناقضان ولا يصلحان أن يكوِّنا معًا نسيجًا واحدًا، فبينما يقضي مبدأ النسبية بأن قوانين الفيزياء التي تظهر لمُراقب معين في نظام ما، تظل كما هي لأي مُراقب آخر في أي نظام آخر يتحرك حركة منتظمة بالنسبة للنظام الأول، كانت سرعة الضوء لا تخضع لذلك؛ لأنه وفقًا لهذا المبدأ فإنه لو أن شخصًا ما يركب صاروخًا منطلقًا في اتجاه معين، ثم خرجت من هذا الصاروخ ومضة ضوء في الاتجاه نفسه، فإن الومضة ستنطلق بسرعة مساوية لمجموع سرعة الضوء العادية وسرعة الصاروخ، إلَّا أن هذا لا يحدث، وسرعة الضوء لا تتغيَّر أبدًا، وبالتالي فإن سرعة الضوء تتعارض مع مبدأ النسبية ومع أي منطق يخص ميكانيكا «نيوتن» أيضًا.

هكذا يظهر أن هناك مشكلة كبيرة جدًّا عن فهمنا للسرعات التي تصل إلى سرعة الضوء، وعن المكان؛ لأن هناك مشكلة تخص الحركة، وعن الزمن، فكما رأينا أن الضابط والشهود لم يتفقوا على آنيَّة الأحداث قطُّ.

لذلك كانت كلمة السر لدى «آينشتين» التي يُعدِّل بها فهمنا عن الحركة والزمان والمكان ويربط بها بين المبدأين، تأخذ شقين هما جوهر النظرية:

الشق الأول يخُصُّ المكان، وهو اعتبار المكان نسبيًّا وليس مطلقًا؛ فهو يتكيَّف بالشكل الذي يجعل سرعة الضوء ثابتة دائمًا، وبالتالي يصبح عنصرًا متفاعلًا مع الأحداث وليس مجرد وعاء لها، كما هو الحال عند المكان المطلق «النيوتني» الذي يشبه خشبة المسرح. وحتَّى يمكن إنجاز هذا الشقِّ فلا بُدَّ من أخذ تحويلات «لورنتز» في الاعتبار؛ لأنها تصلح للسرعات العالية وتتوافق مع اعتبار سرعة الضوء الحد الأقصى للسرعات، إذًا فالمكان نسبي ويتغير وفقًا لتحويلات «لورنتز».

الشق الثاني يخُصُّ الزمن، وهو إسقاط الآنية المطلقة عند «نيوتن» واستبدال نسبية التزامن بها. إن مبدأ النسبية منذ «جاليليو» وإلى «آينشتين» لم يقترب من الزمن، وظلَّ الزمن مطلقًا وأكد «نيوتن» ذلك، لكنَّ السرعات العالية التي تقترب من سرعة الضوء تبيِّن غير ذلك، وبالتالي كان على «آينشتين» أن يُخضع الزمن لمبدأ النسبية وأن يُدخل بعض التعديلات التي تجعل المبدأ يتماشى مع سرعة الضوء.

بطريقة أخرى، يمكن القول: إن «آينشتين» يريد أن يُعمِّمَ مبدأ النسبية ليشمل الديناميكا الكهربية.

إن النظر إلى المبدأ الثاني (ثبات سرعة الضوء) يبيِّن مدى تأثُّر «آينشتين» بمعادلات «ماكسويل» ونظامه، ولقد كان دائمًا ينسب إليه الفضل. اعتمدت بداية البحث بعد ذلك على إقرار «آينشتين» بنظرية «لورنتز» عن الانكماش التي حاول بها التوفيق بين الأثير وتجربة «ميكلسون»، إلَّا أن «آينشتين» وضعها في مكانها الصحيح؛ حيث أثبت أنه إذا كانت سرعة الضوء ثابتًا طبيعيًّا فإن تحويلات «لورنتز» صحيحة وتتوافق مع معادلات «ماكسويل»، لكن الحقيقة التي غفل عنها «لورنتز» هي أن تحويلاته لا تعبر عن انكماش في الذرات عندما يمر الأثير من خلالها، بل إن المكان نفسه هو الذي ينكمش، وبذلك فإن «آينشتين» قد أقرّ بصحة تجربة «ميكلسون» ونتائجها مسقطًا نظرية الأثير تمامًا.

كما أثبت «آينشتين» أن سرعة الضوء هي السرعة المطلقة في الكون، التي لا يمكن خرقها أبدًا، وأن زيادة السرعات إلى الحدود القريبة من سرعة الضوء تؤدي إلى تباطؤ الزمن وقِصر الأجسام وفقًا لتحويلات «لورنتز» بسبب انكماش المكان، وبيَّن أن كل أفكار نظريته الجديدة لا تظهر وتتحقق إلَّا عند السرعات الكبيرة التي تقترب من سرعة الضوء؛ لذلك فعلى الرغم من كونها هي الحقيقة فإن خبراتنا اليومية لا تثبتها أبدًا، فلو أن أحدًا قاد سيارته بسرعة تقترب من سرعة الضوء فإن الناس سترى السيارة تنكمش في اتجاه الحركة إلى أن يصل طولها إلى بوصة واحدة، في حين أن الراكب داخلها لن يشعر بأي تغير، ولأن قيادة سيارة أو أي مركبة بسرعة كهذه أمر مستحيل إلى الآن، فإن ميكانيكا «نيوتن» ظلَّت طول قرنين هي الحاكمة التي لا يمكن أن تُنتقد، وستظل هي الحاكمة لجميع القوانين ما دامت السرعات لا تقترب من سرعة الضوء. إن «نيوتن» قد استمد فيزياءه أساسًا من الواقع المحيط والمشاهدات اليومية؛ لذلك نجح نجاحًا كبيرًا في خلق صرح تنطبق تعاليمه على ما يراه الناس.

إن المُلاحِظ الجيد لنظرية «لورنتز» - «فيتزجيرالد» ونظرية «آينشتين» يشعر أن «لورنتز» كان قاب قوسين أو أدنى من أن يبني هو النسبية وفقًا لنظريته عن الانكماش لولا أنه فسَّر هذا الانكماش باعتباره انكماشًا في الذرَّات لا في المكان، لكن يبدو أنها كانت لـ«آينشتين» ولم تكُن لتخطئه، ويشعر المُلاحِظ أيضًا أن النسبية هي النتيجة الطبيعية لنظرية «لورنتز» إذا وُضِعت جنبًا إلى جنب مع معادلات «ماكسويل» بشرط التخلِّي عن نظرية الأثير، وهذه حقيقة لطالما كان «آينشتين» يرددها، فلقد قال في محاضرة ألقاها في لندن عام ١٩٢١م: «يمكن القول إن نظرية النسبية التي تتوِّج هذا الصرح الشامخ من الفكر البشري الذي شيَّده ماكسويل ولورنتز تبلغ منتهاها عندما تحاول توسيع فيزياء المجال حتى تشمل كل الظواهر الطبيعية».

إن نظرة «آينشتين» التي جعلته ينسج نظرية النسبية تبدو لأي قارئ للتاريخ كمنعطف يضل كل من يسلك غيره، ففي حين دافع جُل العلماء عن الأثير وحاولوا التوفيق بينه وبين تجربة «ميكلسون»، سلك «آينشتين» هذا المنعطف مُسلمًا بنتائج هذه التجربة وضاربًا بنظرية الأثير عرض الحائط، وبالتالي حوَّل نتيجة التجربة، التي رآها أقرانه سلبية، إلى نقطة انطلاق تؤدي مباشرة إلى نظريته الجديدة، وهذه

هي المرونة العقلية التي لا تخضع للقديم خضوعًا مطلقا، والتي يتميَّز بها العالِم إذا كان نبوغه مبكرًا فيصبح ثورة في علمه، ويصف «هانز ريشنباخ» هذه العبقرية كالتالي: «إن نظرية آينشتين تمثل انقلابًا واضحًا في تاريخ مشكلة الأثير، وأدت حتى اليوم إلى تحويل النتائج السلبية إلى مبدأ إيجابي، إن نظريته لا تشرح تلك النتائج السلبية، بل تسلم بها، وبالتالي تنفي إمكانية أي شرح أو تفسير» للتوفيق بينها وبين النظرية التقليدية والأثير.

لقد وضعت نسبية التزامن عند «آينشتين» الفيزيائيين المتمسكين بالنظرية الأولى وعالم «نيوتن» في موضع ضِيْق واستوحاش؛ حيث إنها تقضي باستحالة التحقق من تزامن حدثين متباعدين، فسلبت من هؤلاء قدرة كانوا يتمتعون بها في ظل فيزياء «نيوتن».

لو فرضنا أن راصدًا قد رصد حادثتين في الكون في لحظة واحدة، فبالطبع إنه يعلم أنه نتيجة لبعدهما عن بعض فقد وقعتا في وقتين مختلفين، حتى إن توافق رصدهما عنده، ومن خلال علمه بسرعة الضوء وبُعد الحادثتين عنه، فإنه سيكون قادرًا على تحديد وقت حدوث كلٍّ منهما بقسمة المسافة على السرعة، وهذا هو التصرف المثالي، لكن «آينشتين» يقول إنه عليه أن يتأكد من أنه يعرف سرعة الضوء فعلًا، فكيف يمكن التأكُّد من ذلك؟

يمكن التأكُّد من ذلك من خلال قياس سرعة الضوء بدقة، وذلك من خلال أن ينطلق شعاع الضوء من نقطة إلى أخرى عند كلٍّ منهما ساعة، والمسافة بين النقطتين معلومة، ولنفترض أن شعاع الضوء انطلق من النقطة الأولى في تمام الواحدة ووصل إلى النقطة الأخرى وساعتها تدق الواحدة ودقيقة، فإننا سنقسم المسافة على الدقيقة ونكون قد حصلنا على سرعة الضوء بالتجربة.

في هذه التجربة قد استخدمنا ساعتين عند كل نقطة لنحسب بالضبط الوقت الذي احتاج إليه الضوء ليقطع المسافة بينهما؛ لذلك فلا بُدَّ أن تكون الساعتان على اتساق تام، أما في الحقيقة وفي هذا الكون فسنفقد المساعدة التي قدمتها لنا الساعتان وستظهر مشكلة كبيرة، إذا كانت كل نقطة في الكون لها ساعتها الخاصة فلن نستطيع أن نحسب سرعة الضوء؛ لأننا لا يمكن أن نعتمد على تزامن حادثتين في نقطتين متباعدتين، سيخرج الضوء من نقطة حسب ساعة معينة ويصل إلى النقطة الأخرى حسب ساعة جديدة لا تتسق مع الأولى إطلاقًا، وهنا سيقول القائل: يمكننا أن نتحقق من التزامن بين النقطتين من خلال سرعة الضوء والمسافة كما فعل الراصد في المثال السابق، لكن كيف ذلك وهو لم يتحقق من سرعة الضوء بسبب مشكلة التزامن بين النقطتين أصلًا؟

نعم، إنها حلقة مفرغة، فلكي نحدد سرعة الضوء علينا أن نتأكد من دقة تزامن حادثتين متباعدتين، ولكي نحدد هذا التزامن لا بُدَّ أن نعرف سرعة الضوء!

خرج «آينشتين» من هذه الدائرة مثبتًا استحالة التحقق من تزامن الأحداث المتباعدة، ومع ذلك فالعلم إلى اليوم يستخدم التزامن كمعنى تعريفي فقط دون أن يتعارض مع غرابة جوهره، التي وصفها «هانز ريشنباخ» قائلًا: «إن هذه هي نظرية آينشتين الشهيرة في نسبية التزامن، إنها غريبة على النظرية التقليدية الأولى، لكن أفق أجيال المستقبل سوف يستوعبها من دون ريب، والأمر كذلك

للغريب عن وطنه؛ فهو لا يتكيَّف مع لغة البلد الذي يفد إليه، حتى إذا ما عاد إلى وطنه وجد أن اللغة الغريبة أصبحت أقرب إلى ذوقه من لغته الأصلية».

وبناءً على جوهر نسبية التزامن عند «آينشتين»، فإنه أصبح أكثر ثقة بأن الضوء هو السرعة المطلقة في الكون، التي لا يمكن أن تصل إليها سرعة، فلنفترض أن شعاع ضوء انطلق من النقطة «أ» ليقطع مسافة معينة ويصطدم بمرآة عند النقطة «ب» ليعود إلى «أ» مرة أخرى؛ إذا خرج هذا الشعاع في تمام الثانية عشرة وعاد إلى النقطة «أ» مرة أخرى عند الثانية عشرة وعشر دقائق، فقد يقول القائل إن الشعاع قد اصطدم بالمرآة عند «ب» في الثانية عشرة وخمس دقائق، إلَّا أنه وفقًا لنسبية التزامن عند «آينشتين» فإن هذا ممَّا لا يمكن التأكُّد منه بسبب الدائرة المفرغة التي ذكرناها؛ لذلك فإن أقصى ما نعلمه هو أن الشعاع قد وصل للمرآة عند «ب» في أي لحظة بين الثانية عشرة والثانية عشرة وعشر دقائق، وبالتالي يحق لنا أن نفترض أن شعاع الضوء قد وصل إلى «ب» في الثانية عشرة ودقيقتين مثلًا، وهنا سيظهر تعارض خافت يتضح بالآتي: إذا وصل فعلًا الشعاع إلى «ب» في الثانية عشرة ودقيقتين، فلو فرضنا أن هناك شعاعًا آخر أسرع من الضوء بثلاث دقائق خرج معه من «أ»، هذا يعني أنه سيصل إلى «ب» في الحادية عشرة وتسع وخمسين دقيقة، أي قبل انطلاقه أصلًا!

وهذا التناقض لقوانين الطبيعة يجعل الزَّعم بأن سرعة الضوء هي أكبر سرعة في الكون أمرًا ضروريًّا في نظرية «آينشتين».

إن المفتاح الحقيقي لفهم نسبية «آينشتين» هو إدراك خضوع المكان والزمان لهندسة جديدة ينسجها الضوء نفسه، كأنَّ كليهما مأمورٌ أن يتصرف التصرف الذي يجعل سرعة الضوء ثابتة مهما كان وضع من يقيس ومهما كانت أداته التي ستتأثر بتغير المكان، وهذا المفهوم المختصر للنظرية قد يوضِّحه «آينشتين» جزئيًّا عندما يقول إن نظرية النسبية كلها تتلخص في أن جميع قوانين الطبيعة تتغيَّر وفقًا لتحويلات «لورنتز».

لم تكُن نظرية «آينشتين» مفاجئة ومدهشة للعلماء وحدهم؛ فكما سرقت عقول العلماء من الاسترخاء في عالم «نيوتن» وصادمتهم بحقائق جديدة، فإنها كذلك أدهشت عامة الناس ببعض نتائجها، وكان أشهر وأعجب هذه النتائج: مسألة التوأم.

تنص نسبية «آينشتين» على أن الزمن يتباطأ مع زيادة السرعة، وبالتالي فلو فرضنا أن شخصًا ترك توأمه على الأرض وذهب في رحلة فضائية راكبًا صاروخًا يتحرَّك بسرعة قريبة من سرعة الضوء، فإن الزمن سيمر عليه ببطء وينخفض معدل زيادة عمره؛ لأن كل العمليات الحيوية المتعلقة بالجسم هي في الأصل تغيرات كيميفيزيائية وحركة ذرات وإلكترونات، وهذه الحركات كلها ستتراخى بالنسبة لغيرها ـ من دون أن يشعر المسافر ـ بسبب سرعة حركة الصاروخ، وبالتالي فبعد عشر سنوات على الأرض سيرجع الأخ المسافر ليرى توأمه قد كبر عشر سنوات كاملة، في حين زاد عمره هو سنة واحدة!

إن هذه الأعجوبة هي أمر مؤكد في نظرية «آينشتين»، ويحق لمن يعلم بها أن يقول إن النظرية تبعًا لذلك تجعل هذا المسافر مسافرًا عبر الزمن؛ ففي النهاية عاد

المسافر فرآى توأمه بعد عشر سنين في حين لم يكبر هو تقريبًا، أي أنه بذلك عاد إلى الأرض في المستقبل!

أدَّت هذه المسألة إلى زيادة شعبية النظرية وانتشارها بين الناس الذين باتوا ولسان حالهم يقول: أخيرًا يخبرنا علماء الفيزياء أن السفر للمستقبل حقيقة لا شك فيها، وأصبح الأطفال والمتندِّرون يتغنون بها، حتى إن بعض المجلَّات الفكاهية نظمتها شعرًا.

ولمّا كانت زيادة السرعة تتسبَّب في تغير الزمن والأطوال، وعلى غرار قلب حقائق النظام «النيوتني»، ومن خلال الرياضيات، استنتج «آينشتين» أن كل شيء خاضع لهذه المقاييس، مثل المادة والطاقة، سيتغير ولن يبقى على حاله، وما لبث أن أدرك أن كلًّا من المادة والطاقة يتحوَّل إلى الآخر وأن بينهما ارتباطًا وثيقًا، فكتلة الجسم تزيد كلما زادت سرعته وهذا يعني أن طاقة الحركة تتحول إلى زيادة في الكتلة! فبينما تزداد سرعة الجسم تزداد طاقته الحركية، وهذه الطاقة لها كتلة، وبالتالي لا يستطيع الجسم أن يكتسب مزيدًا من هذه الطاقة من دون اكتساب الكتلة الإضافية المُصاحبة لها؛ وإذا كان امتلاك الجسم للطاقة يستوجب عليه امتلاكه للكتلة، فإن امتلاك الجسم للكتلة يستوجب عليه كذلك امتلاكه للطاقة، وهذا يعني أن الجسم في حالة السكون يكون لديه طاقة حبيسة تنتظر الظروف المناسبة لتتحرَّر!

كشف «آينشتين» بذلك عن قوة مُدمِّرة تحيط بنا في كل مكان، قوة تنبع من أعماق عالم الذرّات الصغير، هي القوة النووية.. إن القوة النووية بنوعيها تمثِّل القوتين الثالثة والرابعة اللتين تحكمان كوننا مع القوة الكهرومغناطيسية وقوة الجاذبية. والقوة النووية الأولى هي طاقة الاندماج النووي، وهي الطاقة التي تنطلق عند اندماج نَوَيَات لتكوين نواة جديدة، وهي آلية عمل الشمس والقنابل الهيدروجينية. أما القوة الثانية فهي طاقة الانشطار النووي، التي تعتمد على عدم استقرار النَوَيَات الكبيرة كنواة اليورانيوم التي تُصبح أكثر إحكامًا واستقرارًا إذا انقسمت إلى نواتين أصغر، فمثلًا: عملية الانشطار النووي التقليدية تتضمّن امتصاص «يورانيوم ٢٣٥» نيوترونًا ليصبح «يورانيوم ٢٣٦»، وعندها ينشطر مكوِّنا «كريبتون ٩٢» و«باريوم ١٤١» مُطلقًا بذلك ثلاثة نيوترونات وكمية من الطاقة، هي طاقة الانشطار النووي، ويتم استغلال النيوترونات الثلاثة لعمل تفاعل مُتسلسل بالطريقة نفسها..

وطاقة الانشطار النووي تم استخدامها بالفعل بعد هذا التاريخ بثلاثة عقود.

كتب «آينشتين» بحثًا قصيرًا ضبط فيه هذه العلاقة بين الكتلة والطاقة رياضيًّا بالمعادلة الأشهر في التاريخ: «الطاقة تساوي الكتلة مضروبة في مربع سرعة الضوء»، التي توضح أن قدرًا صغيرًا جدًّا من المادة يكفي لإطلاق طاقة غير معقولة، فسَّرت هذه المعادلة الحقيقة التي اكتشفتها «ماري كيوري» عندما فوجئت بأن أوقية واحدة من الراديوم قادرة على إشعاع ٤٠٠٠ سعر حراري في الساعة.

لقد لعبت معادلة «آينشتين» دورين جانبيين مهمين، الدور الأول هو: القضاء على أحد أهم قوانين الديناميكا الحرارية التي كانت تنص على أن الطاقة لا تفنى ولا تستحدث، والاستبدال به أن المادة والطاقة تتحولان إلى بعضهما، وبالتالي فإن الكمية الكلية المجمعة منهما معًا هي التي تبقى لا الطاقة وحدها. الدور الثاني هو:

إثبات أن سرعة الضوء هي السرعة المطلقة في الكون؛ لأنه وفقا للمعادلة فإن تزايد سرعة أي جسم سيؤدي مباشرة إلى زيادة كتلته وإذا اقتربت السرعة من سرعة الضوء تصبح كتلته لا نهائية إلى أن يتوقف اضطرارًا (إن هذه الحقيقة لا تعني استحالة وجود حركة أسرع من سرعة الضوء، لكنها تعني استحالة تحرُّك المادة التي نعرفها اليوم بسرعة تفوق سرعة الضوء).

لم تكُن الأدوات المتاحة قادرة على إثبات اعتقاد «آينشتين» في معادلته، وهي مشكلة مصاحبة لكل أفكار «آينشتين» تقريبًا؛ فيبدو أن عقله كان سابقًا لزمنه بسنوات طويلة، وقد قال عن ذلك: «إن التثبُّت من هذه النظرية هو على الأرجح يتجاوز حدود العلم المعاصر».

في العام نفسه أيضًا، قام «آينشتين» بتفسير ظاهرة التأثير الكهروضوئي وفقًا لفرض الكم، كما ذكرنا في الفصل السابق؛ وبعد أن نشر «آينشتين» مجموعة رائعة من الأبحاث جعلت عام ١٩٠٥م هو عام ميلاده الحقيقي، ختم العام بتقديم أطروحته لنيل درجة الدكتوراه من جامعة زيوريخ، وبينما كان «آينشتين» يشعر بسعادة غمرته هو وزوجته بسبب هذا الإنتاج الضخم تسلَّل إليه قدْرٌ من الإحباط لا يُستهان به، وكان سبب ذلك هو أنه لم يرَ رد الفعل الذي كان يتوقعه من الوسط العلمي، وربما كان سبب فترة الصمت التي قوبلت بها أعماله هو صدمة أصابت المتخصصين كلهم نتيجة محتوى أبحاثه التي تفرض عليهم عالمًا جديدًا لا يألفونه؛ فأخذوا فترة ليدركوا مدى روعة هذا العالم وتناسقه واتساقه مع الحقيقة المستترة ويصدِّقوا وصف «آينشتين» لجوهر نظريته حيث يقول: «إن هذه النظرية ليست تأمُّلية من حيث الأصل، فابتكارها راجع بالكلية إلى مجرد الرغبة في جعل النظرية الفيزيائية تتفق على قدر المستطاع مع الحقائق المشاهدة، إننا لا نواجه هنا عملًا ثوريًّا بل استمرارًا طبيعيًّا لإتجاه بدأ منذ أجيال، إن التخلي عن أفكار معينة عن الفضاء والزمن اعتُبر من قبلُ أساسيًّا، لا يجوز اعتباره عملًا تعسفيًّا، لكنه تم تماشيًا مع الحقائق المشاهدة».

إن كلام «آينشتين» وإن كان متأخرًا عن هذا الوقت إلَّا أنه يبيِّن أن الرجل كان يرى أن نظريته هي التسلسل الطبيعي جدًّا لتطور الفيزياء، في حين يراها الفيزيائيون ثورة حقيقية وغير متوقعة وانقلابًا في دولة الفيزياء، ويراها تتفق تمامًا مع الحقائق المشاهَدة التي تظهر جليًّا في ثبات سرعة الضوء ونتائج تجربة «ميكلسون»، في حين يراها الفيزيائيون تأخذهم إلى عالم جديد وتبعدهم عن حقائق لطالما ألِفوها وعاشوا بينها، حتى أسقط «آينشتين» فجأة ومن دون أي مقدمات ظاهرة المكان والزمان المطلقين والأثير، وكلها من أركان نظام «نيوتن»، لكن نظام «نيوتن» كان متسقًا مع نفسه جدًّا وكان غاية في الكمال كنموذج يصف حركات الكواكب وأي حركة؛ وفكرة المكان المطلق هي إحدى دعامات هذا الاتساق بشهادة «آينشتين» نفسه عندما قال: «إذا نظرنا إلى الحركة، لا من زاوية السبب إنما من الناحية البحتة، وجدنا أنه لا وجود لها إلَّا باعتبارها حركة نسبية للأجسام بالنسبة لبعضها البعض، لكن العجلة التي تظهر في معادلات نيوتن لا يمكن فهمها ابتداءً من تصور الحركة النسبية؛ لذلك اضطر نيوتن إلى وجود فضاء فيزيائي فرض بالنسبة له وجود العجلة». لذلك لا تزال معادلات «نيوتن» أنسب في التطبيق على كل

الحركات التي بلغها الإنسان إلى اليوم وأسهل من معادلات النسبية، ولا تستخدم معادلات النسبية إلَّا عند السرعات التي تقترب من سرعة الضوء.

في يناير ١٩٠٦م، أصبح «آينشتين» دكتور «آينشتين»، وبينما كان متعجبًا من رد الفعل البارد جدًّا تجاه نظريته وأبحاثه، كان «ماكس بلانك» يفكر في مدى التشابه الجوهري بين نظرية الكم ونظرية النسبية، فلاحظ أن هناك اتساقًا كبيرًا، فضلًا عن حداثة النظريتين؛ ففي نسبية «آينشتين» سرعة الضوء هي ثابت كوني كبير جدًّا يفصل بين واقعنا وقواعده وبين حقيقة الكون وقواعده؛ وكذلك فإنه في نظرية الكم ثابت «بلانك» هو ثابت كوني صغير جدًّا يفصل بين واقعنا وقواعده وبين حقيقة العالم الصغير داخل الذرة وقواعده.. شعر «بلانك» أن القدر يخبئ للنظريتين مستقبلًا فريدًا وأنهما ستبنيان معًا فيزياء جديدة على الرغم من غرابتهما؛ دفعه هذا التفكير إلى أن يرسل مساعده ليلتقي هذا الموظف الشاب في سويسرا، وكانت هذه المقابلة التي تمت في صيف عام ١٩٠٦م هي أول رد فعل إيجابي يتلقَّاه «آينشتين».

جاء رد الفعل الثاني من حيث لا يتوقع أحدٌ، خاصَّةً «آينشتين»؛ حيث قام «مينكوفسكي»، أستاذ الرياضيات في معهد البوليتيكنيك، أستاذ «آينشتين» السابق الذي لقَّبه بالكلب الكسول، بتطوير معادلات النسبية ووضع إطارًا رياضيًّا محكمًا لفكرة الزمان والمكان النسبيين اللذين يتحول كل منهما إلى الآخر عند السرعات التي تقترب من سرعة الضوء، مكوِّنًا بذلك وحدة واحدة من المكان والزمان تتحد فيه أبعاد المكان (الطول ـ العرض ـ الارتفاع) مع الزمن كبعد رابع؛ وبذلك خلق نسيجًا جديدًا رباعي الأبعاد يُطلَق عليه «الزمكان»، وعلَّق على هذا قائلًا: «لقد آن لنا اليوم أن ننظر إلى الزمان والمكان على أنهما وحدة واحدة لا كيانين منفصلين»، وبغضِّ النظر عن الرياضيات فإن هذه الحقيقة تبدو كتفسير مناسب للنسبية التي تقضي بأن زيادة السرعة تؤدي إلى تباطؤ الزمن، فكأنها تقول إن الزمان والمكان متصلان جدًّا والزيادة في أحدهما نقص في الآخر، لكن «آينشتين» الذي لم ينسَ بعدُ «مينكوفيسكي» والذي يكره أصلًا فكرة وقوع الفيزياء في أسر الرياضيات، لم يقتنع بأعمال «مينكوفيسكي» وقال: «إن المهم هو المحتوى لا المعادلات الرياضية؛ فبالرياضيات يستطيع المرء أن يثبت أي شيء يريده».

لقد كان «آينشتين» يؤمن في أعماقه بأن الطبيعة هي حقيقة لا سبيل إليها سوى الخيال الذي يُبنى في الأساس على صور بسيطة وواضحة يكمن عمقها في قدرتها على شرح الحقائق، ولطالما كان يفضل الأمثلة البسيطة السهلة في شرح أفكاره مهما كانت صعبة، وكان يقيس نجاح الفكرة بقدرته على أن يشرحها لصغار السن؛ لذلك كانت عقليته هذه تدفعه إلى أن يسخر من الرياضيين الذين يتناولون نظريته حتى قال في مرة: «منذ أن بدأ الرياضيون يتناولون نظرية النسبية لم أعُد أنا نفسي أفهمها»، لكن «آينشتين» أدرك، بعد فترة، أهمية أعمال «مينكوفيسكي» في بلورة النسبية بصفة خاصة وفي الفيزياء بصفة عامة؛ لأنه بربطه للزمان والمكان المنفصلين فتح طريقًا للربط بين المادة والطاقة، وكذلك بين المغناطيسية والكهرباء (إن فكرة الزمكان تصل بالنسبية الخاصة إلى مستوى يسمو على الخيال أن يُدركه فيما يخص الزمن، وسنشرح هذا في فصل «علم الخيال»).

في هذه الفترة، وخلال عام ١٩٠٧م، نالت أعمال «آينشتين» استحسان الفيزيائيين بعد أن أُجريت بعض التجارب التي عززت المبادئ الأساسية لمعظم أفكاره؛ حيث أُعيدت تجربة «ميكلسون» لتثبت عدم وجود الأثير للمرة الألف، وأثبتت التجارب كذلك صحة معادلات «آينشتين» في تفسير التأثير الكهروضوئي وأن الإلكترون تزداد كتلته كلما زادت سرعته. شجَّعت هذه الأحداث «آينشتين» على التقدم ليعمل محاضرًا في جامعة بيرن بجانب عمله في مكتب براءات الاختراع، وبالفعل قُبل في المرة الثانية لتقدمه، فكالعادة، على «آينشتين» أن يطرق الباب نفسه مرتين حتى يُفتح له، فلقد رسب في المرة الأولى في اختبارات البوليتيكنيك ودخل في الثانية، ورُفِضت أطروحته للدكتوراه في المرة الأولى وقُبلت في الثانية، وها هو الآن لا يُقبل طلبه ليعمل محاضرًا في المرة الأولى ثم يُقبل في الثانية!

في عام ١٩٠٨م، قدَّمت جامعة زيوريخ عرضًا قيِّما لآينشتين ليصبح أستاذًا فيها، وسرعان ما انتقل هو وأسرته ملبيًا وبادئًا مرحلة جديدة من حياته في زيوريخ على عكس تلك التي بدأها في بيرن، وأصبح أستاذ الفيزياء الذي تتم دعوته أحيانًا ليحضر بعض أهم المؤتمرات الفيزيائية ويقف فيها مُحاضرًا بين نخبة من ألمع علماء عصره، وفي أول محاضرة له من هذا النوع ناقش إحدى أهم الأفكار الفيزيائية التي تُعرف بـ«الازدواج» في طبيعة الضوء الذي يظهر أحيانًا كموجة، موافقًا لفيزياء «ماكسويل»، وأحيانًا كجسيمات، موافقًا لفيزياء «نيوتن»! وقال «آينشتين» مفسِّرًا: إن الحقيقة وراء هذا الازدواج هي طبيعة التجربة نفسها، ففي حين يريد العلماء بتجربة ما أن يحددوا طبيعة الضوء فإنهم يفرضون عليه بالتجربة أصلًا من دون أن يشعروا أن يتصرف بطبيعة معينة، وبالتالي نرى الضوء يتصرف كموجة في التجارب التي تنخفض فيها الطاقة ويكون الطول الموجي لشعاع الضوء كبيرًا، ونراه يتصرف كجسيمات في التجارب التي ترتفع فيها الطاقة ويكون الطول الموجي لشعاعه صغيرًا.

كانت هذه هي أول مرة يقدِّم فيها أحدٌ تفسيرًا كهذا، وفي الحقيقة هو تفسير له دلالة فلسفية عميقة؛ فكأنه يقول إن التجربة نفسها هي التي تحتِّم على الضوء تصرُّفه، وعلى هذا الأساس فإن التجربة قد لا تبيِّن الحقائق المطلقة بل تبيِّن تصرفات الضوء في ظروف معينة، والعلم في طريقه إلى معرفة الحقائق والماهيَّات قد يراوغنا بمعرفة التصرُّفات فقط.

في عام ١٩١١م، عاد «آينشتين» إلى موطنه الأصلي بعد أن قدمت له الجامعة الألمانية عرضًا ليعمل في معهد براغ للفيزياء براتب أكبر من راتبه الحالي فقبله، وعاد إلى ألمانيا وهو يحمل بين جنبيه ذكريات ماضيه السيئ ومعاناته نظام التعليم القاسي فيها.. ويمكن القول: إن «آينشتين» في هذه الأثناء بدأ يتدرَّج على درجات سلَّم الشهرة، لكنه مع ذلك ظل كما هو شخصًا عشوائيًّا لا يتكلف أمام الناس ويتصرَّف باندفاع فطري نادرًا ما يتصرف به أستاذ جامعي بصفة عامة أو أستاذ جامعي في ألمانيا بصفة خاصة، وزوجته لم تكُن تختلف عنه كثيرًا، ولطالما لامه أبواه على حبه هذه الشابة الغامضة التي لا تملك أي ملكة من ملكات النساء التي ترغِّب فيهن الرجال.

في ألمانيا، وبعد مضي عام واحد دُعي «آينشتين» إلى حضور مؤتمر كبير يئطُّ بالعلماء يسمى «مؤتمر سولفاي»، كان هذا المؤتمر واحدًا من سلسلة مؤتمرات

مشهورة تحمل اسم رجل بلجيكي ثري يُدعى «إرنست سولفاي»، تهدف إلى تطوير علوم الفيزياء والكيمياء من خلال لقاء أهم العلماء ومناقشة الأفكار العلمية. لم يكُن اللافت في هذا المؤتمر هو حضور شخصيات بارزة مثل «ماري كيوري» أو «هندريك لورنتز» الذي ترأس المؤتمر أو غيرهما من الأفذاذ، لكن اللافت فعلًا هو أن المؤتمر شهد نقاشًا عنيفًا حول «مسألة التوأم» التي تتبنَّاها النسبية؛ حيث افترض الفيزيائي الفرنسي «بول لانجفين» أن هناك توأمين يعيشان على كوكب الأرض، سافر أحدهما بسرعة تقترب من سرعة الضوء ثم عاد إلى الأرض بعد مرور خمسين سنة عليها، ووفقًا لتباطؤ الزمن في النسبية، فإن التوأم الراكب قد كبر عشر سنين فقط، وبالتالي سيلتقي أخاه ويكون أصغر منه بأربعين سنة، لكن «لانجفين» أثار الأذهان عندما أشار إلى أنه إذا تأملنا وضع الأخ الذي في الصاروخ، ووفقًا لمبدأ النسبية ونسبية الحركة، فإنه سيشعر أنه في حالة سكون، وأن الأرض هي التي انطلقت مبتعدة عنه بسرعة تقترب من سرعة الضوء، وتبعًا لذلك فإن الزمن سيبطئ على أخيه لا عليه، وعندما يلتقيان سيجد أنه هو الأكبر بأربعين سنة.

إن ما يجعل نقد «لانجفين» صحيحًا هو تماثل الموقف والشعور لدى الأخوين، بحيث يرى كلاهما أن الآخر هو الذي يبتعد؛ لذلك فمهما طالت الرحلة فإن الأمر يزداد سوءًا؛ لأن رؤيتهما ستظل كما هي، كلٌّ منهما إذا استطاع أن يراقب الآخر سيراه ينكمش وتتجمد ملامحه ويبطئ الزمن بطيئًا في المرور عليه، أما إذا انتفى التماثل في الموقف والشعور فإن أحدهما سيعلم يقينًا أنه هو الذي يتحرك، وبالتالي تنطبق قواعد النسبية عليه.. من هذه النقطة تحديدًا، دحض «آينشتين» نقد «لانجفين»؛ فقال: إن الصاروخ سيكون عليه أن يبطئ ليغيِّر اتجاهه ويعود، وعندها تظهر حقيقة أن الأخ الراكب هو الذي يتحرك بسرعة تقترب من سرعة الضوء وهو الذي سيعود فيجد أخاه أكبر منه، أي أن الأمر عند «آينشتين» لم يكُن بهذا الالتباس الذي أثاره «لانجفين»؛ لأنه مهما طالت المسافة بين الأخوين فنحن إذا أردنا أن نعرف الحقيقة سنضطر إلى أن نعيد الأخ الراكب، وبالتالي ينتهي التماثل ويتبيَّن من الذي تحرك بسرعة تقترب من سرعة الضوء. ومن المفارقات الحسنة أن الصورة الوحيدة المشهورة لمؤتمر سولفاي في دورته عام ١٩٢٧م يجلس فيها «لانجفين» بجانب «آينشتين»، والحقيقة أن فكرة تباطؤ الزمن بزيادة السرعة ظلت محط شك حتى ثبتت تجريبيًّا بعد هذا التاريخ بستين عامًا من خلال وضع ساعة ذرِّية على طائرة تنطلق بسرعة فائقة ومقارنتها بنظيرتها التي لم تتحرك بهذه السرعة.

ولمَّا كان القدر يأبى إلَّا أن يغيِّر صورة «آينشتين» التي تركها في صباه في كل مكان خالط فيه أصحابه وجعله يعود إلى ألمانيا أستاذًا، فإنه أيضًا أتاح له الفرصة ليعود إلى معهد البوليتكنيك أستاذًا بعدما خرج منه خرِّيجًا يرفض أساتذة المعهد تعيينه؛ ففي هذه الأثناء عرض المعهد على «آينشتين» أن يعمل فيه أستاذًا، وذلك بتوصية من صديقه القديم «جروسمان»، الذي أصبح أستاذًا في المعهد.

بعد عودة «آينشتين» إلى المعهد تم ترشيحه لجائزة نوبل لعام ١٩١٢م، وعلى الرغم من أنه لم يفز بها في العام ذاته وذهبت إلى غيره فإن ترشيحه وعودته إلى المعهد جعلاه بالفعل نجمًا لافتًا لأنظار أهم المؤسسات التي تتخصص في الفيزياء

في أوروبا وبدأ العالم يسلم بحقيقة وجود عالِم عبقري في ساحة الفيزياء يُدرِّس في أعرق معاهد سويسرا.

∞ ∞ ∞ ∞ ∞

الفصل الثامن

الكون الجديد

(النسبية العامة)

«أمي العزيزة.. تلقيت اليوم أخبارًا سارة؛ فقد أرسل إليَّ هندريك لورنتز يبلغني أن البعثة الإنجليزية قد أثبتت بالفعل انحراف أشعة الضوء بفعل الشمس».

لو كان العقد الثاني من القرن العشرين يشهد ثورة في مواقع التواصل الاجتماعي كالتي نقع في أسرها اليوم، كنت ستجد أن الشغل الشاغل لروَّاد هذه المواقع لا يخرج عن انقلابين أصابا القارة الأوروبية، الأول هو: انقلاب عظيم في شرق القارة أدّى إلى اغتيال وزير الحربية في الدولة العثمانية، الذي كان من عواقب حرب البلقان الأولى.. أما الثاني فهو: انقلاب بعيد عن السياسة والسلطة؛ انقلاب دولة الفيزياء الذي أحدثه «آينشتين» في قلب القارة بنظريته التي أصبحت العملة الأكثر تداولًا بين المؤسسات العلمية كلها.

في هذه الأوقات، كانت ألمانيا ـ وهي وقتئذ صاحبة السيادة في العلوم الفيزيائية ـ تفكر جدِّيًّا في لمِّ الشمل وإعادة هذا الشاب الثائر إلى مسقط رأسه؛ وبالفعل لم يمرّ هذا العام إلَّا وقد أصبح «آينشتين» مديرًا لمعهد القيصر فيلهلم في برلين، وكان المعهد وقتها لم يتجاوز العامين منذ أن أسسه الألمان بهدف التقدُّم بالعلوم الطبيعية.

وصل «آينشتين» إلى برلين مُتناسيًا سخطه القديم على التعليم الألماني، لكنَّه سرعان ما أُرغم على استعادة ذكرياته السيئة كلها عندما وجد أساتذة المعهد يتصرَّفون بطريقة يغلب عليها الطابع العسكري، فلم يسبق له أن رأى أساتذة جامعيين لا يخاطبون بعضهم إلَّا بألفاظ مثل «معاليك» أو «حضرة المستشار»، ويعاملون العامَّة بترفُّعٍ مبالَغ فيه. ولقد وصفهم «آينشتين» قائلًا: «بدا لي أن معظم هؤلاء يحرصون على أن تكون كتاباتهم على قدر كبير من الترفُّع الذي هو أشبه بترفُّع الطواويس، وإلا صاروا كالبشر العاديين»!

كان انتقال «آينشتين» إلى برلين نقطة فصل مهمة جدًّا بين ما مضى من حياته، بما فيها من ترحال وتعب وتحديات، وما هو آتٍ؛ فلقد أثَّر انتقاله إلى ألمانيا في حياته الشخصية والاجتماعية قبل أن يؤثِّر في حياته العلمية؛ حيث مثَّلت عودته نهاية علاقته ـ التي أصبحت متوترة ـ بزوجته «ميليفا» التي أخذت أولادها ورحلت إلى زيوريخ (إن الأمر في نفس «ميليفا» كان يتعدى كره والدي «آينشتين» وأهله لها؛ إن «ميليفا» امرأة صربية تنتمي عرقيًّا إلى الشعوب السُّلافية التي استوطنت شرق أوروبا؛ أما ألمانيا فهي منبع الشعوب التيوتونية؛ وفي مجتمع متعصب، كمجتمع ألمانيا وقتها، فإن «ميليفا» كانت تعلم ما ستعانيه على ضفاف نهر سبري). على كل حال، كانت «ميليفا» زوجة مناسبة تمامًا لحياة «آينشتين» الأولى؛ فهي امرأة زاهدة مثابرة غير اجتماعية وتحب الفيزياء، أما الحياة في برلين فكانت تشوبها نزعة عنصرية تتطلب تغيرًا كبيرًا في سلوك «آينشتين» ليتعايش معها. لم يتأخّر

«آينشتين» حتى بدأ في استعادة ذكرياته مع ابنة خالته البرجوازية التي تتألق في المناسبات الاجتماعية والحفلات، كانت «إلسا لوفنتال» تتوافق تمامًا مع الحياة الجديدة التي يبدو لـ«آينشتين» أنه سيخوضها كأستاذ فيزياء شهير في برلين.

في برلين، لم يكُن كل ما يشغل بال «آينشتين» هو حياته القديمة في «أولم» وذكريات ذلك الصبي المتمرد الذي ترك بلده في صباه؛ بل إن عقله كان مشغولًا بالنظرية التي يوشك أن تتم عقدها الأول: نظرية النسبية. هل تشرح النسبية التناغم الكوني بشمول وتفسِّر آليَّة عمل الكون؟ كان هذا السؤال هو الشغل الشاغل لـ«آينشتين» في هذه الآونة وما قبلها، ومن دون أن يخدع نفسه أجاب بالنفي؛ فلقد كانت هذه الحقيقة كالشمس في كبد السماء. إن النسبية تستند إلى أسس راسخة في الفيزياء، واعتمدت على عدد كبير من الوقائع الثابتة، مثل تجربة «ميكلسون» وما يشبهها، والتكافؤ بين الكتلة والطاقة في العمليات الإشعاعية التي لا حصر لها، والعلاقة بين سرعة الأجسام المشعة ومتوسط عمرها.. وهذه الأوتاد جعلت النظرية قوية جدًّا، لكنها لم تكُن بالشمول الذي استهدفه «آينشتين». إن النسبية شملت الحركات المنتظمة (القصورية)؛ فمتن النظرية أساسًا يقوم على كيفية التوفيق بين سرعة الضوء ومبدأ النسبية، وكلاهما يتعلق بالحركة المنتظمة، وبالتالي فإن كل الحركات المُعجّلة والدوّارة أو المُتعرّجة هي خارج حدود النظرية تمامًا، وما أكثر هذه الحركات في الكون وفي واقعنا حتى. ليس هذا فحسب، بل إن «آينشتين» يدرك أن النسبية لم تقترب من الجاذبية على الإطلاق، هل يمكن أن تكون هناك نظرية شاملة لا تتكلم عن الجاذبية؟! ونظرية الجاذبية «النيوتنية» الموجودة تتعارض بشدة مع النسبية؛ لأنها تفترض أن تأثير الجاذبية تأثير فوري، بمعنى أن الشمس لو اختفت فإن الكواكب ستتحرر وتسبح مبتعدة في اللحظة نفسها، في حين أن النسبية تقوم على أساس أن الضوء هو السرعة القصوى في الكون، والذي يأخذ ٨ دقائق حتى يقطع المسافة بين الشمس والأرض، أي أن الشمس لو اختفت فلن نعلم أنها اختفت إلَّا بعد ٨ دقائق.

خلص «آينشتين» إلى أن نظرية ١٩٠٥ هي نظرية خاصة جدًّا ولا تحقق هدفه المنشود، وبالتالي أطلق عليها «النسبية الخاصة» وقرَّر أن يصل إلى تفسير التماثل الكوني بنظرية جديدة تكون أعمَّ من الأولى، ولا تتجاهل السرعات غير المنتظمة والجاذبية. عندما سمع «بلانك» هذه الفضفضة من «آينشتين» حذَّره وقال: «إذا حالفك التوفيق ونجحتَ في هذا فسوف تصبح كوبرنيكوس الثاني»، كأنه يخبر «آينشتين» أن خطوة كهذه لو نجحت فإنها ستخلق فهمًا جديدًا كليًّا عن الكون الذي لطالما ألفوه وتعاملوا معه.

إن مفتاح الباب الذي سيدخل منه «آينشتين» إلى بناء النظرية الجديدة العامة لم يكُن جديدًا، بل إنه مفتاح قديم سويسري المنشأ؛ ففي عام ١٩٠٧م، وعندما كان «آينشتين» جالسًا على كرسيه في مكتب براءات الاختراع في بيرن، تخيَّل نفسه يسقط من فوق الكرسي، وهذا التخيل البسيط يصفه «آينشتين» قائلًا: «خطر ببالي خاطرٌ على حين غرة، فروَّعني»، نعم كما قرأتها بالضبط «روَّعني»، والسبب هو أنه قال إذا سقط شخص ما سقوطًا حرًّا فلن يشعر بوزنه، لكن هذه الحقيقة أيضًا لا تبرِّر لفظ «روَّعني»، فما الذي رآه «آينشتين» وراء هذه الفكرة ولا يراه غيره؟ كيف كان سبيل «آينشتين» إلى النسبية العامة؟

بدأ هذا التخيل وما وراءه من أفكار يتردد على عقل «آينشتين» منذ عام ١٩١١م تقريبًا، وكانت بداية طريق النسبية العامة تتضح بالمثال الذي أطلق عليه «آينشتين» «صندوق التجارب». تخيل صندوقًا كبيرًا بحجم الغرفة ليس به نوافذ وبداخله عالم فيزياء ومن سقفه يتدلَّى سلك لولبي ينتهي بثقل من حديد، إذا تم جذب الصندوق إلى أعلى ليتحرك بحركة مُعجّلة فإن عالم الفيزياء سيلاحظ استطالة السلك التي حدثت بسبب القصور الذاتي للثقل، ومنها يمكن أن يستدل على حركة الصندوق؛ ولكن هل هذه الحركة وحدها هي التي تؤدي إلى هذه النتيجة التي لاحظها العالم؟ بالطبع لا؛ لأننا لو وضعنا مركز جاذبية تحت الصندوق، فإن الثقل المعلق في السلك سيتم جذبه إلى أسفل مؤديًا إلى استطالة السلك أيضًا! وبالتالي فإن العالم بداخل الصندوق لن يستطيع أن يميِّز بين الاحتمالين ـ تحرُّك الصندوق إلى أعلى بحركة مُعجّلة أو وجود مجال جاذبي أسفل الصندوق ـ بسبب تماثل الأثر الناتج عنهما؛ ومن هنا توصَّل «آينشتين» إلى أن الحركة المعجلة والجاذبية متساويتان في الأثر على قوانين الطبيعة الميكانيكية، ولا يمكن التمييز بينهما.

لشرح هذا المثال واستنتاجاته بدقة أكثر، علينا أن نعيد معلوماتنا عن خصائص الأجسام والكُتَل. إن الكتلة لا تلعب دورًا واحدًا في حياة الأجسام، بل إنها تلعب أكثر من دور وتُحدث أكثر من أثر. إذا رفعت قطعة حديد ثقيلة وأمسكتها، فإنك ستشعر بالتعب والجهد لأنها ستضغط على يدك، وكأنها تريد أن تعود إلى الأرض، وأنت تقول عن سبب هذا الشعور إن هذه القطعة ذات وزن، ولكن هل هذا الوزن الذي شعرت به يتوقف على كتلة قطعة الحديد فقط؟ لو أخذت قطعة الحديد ذاتها وذهبت بها إلى أماكن قريبة من مركز الأرض، مثل القطبين أو منجم عميق، ثم حاولت أن ترفعها، ستشعر بتعب أكبر وستحتاج إلى جهد أعلى، وستبرِّر ذلك بأن قطعة الحديد أصبحت أثقل! وفي حين سيكذِّبك الناس فإن الفيزياء ستصدِّقك. إن وزن قطعة الحديد لا يتوقف على كتلتها فقط، بل يتوقف على كتلة الأرض أيضًا، أي أن هذا الوزن سيتضاعف لو أنك حاولت حمل هذه القطعة على سطح كوكب كتلته كالمشترى، وبالمثل سينخفض الوزن كثيرًا لو حملتها على سطح القمر. هكذا تكون كتلة قطعة الحديد قد أسهمت في تحديد وزنها في مجال جاذبية محدد، ولنسمِّ الأثر النهائي «كتلة الوزن».

هناك دور آخر للكتلة يُظهر لنا أثرًا مختلفًا تمامًا عن الأثر السابق. لو فرضنا أنك تُريد تحريك جسم ضخم عن طريق دفعه، لماذا يتطلب تحريكه قوة كبيرة منك مع أنك لا تعمل ضد الجاذبية في هذه الحالة، فأنت لا ترفعه بل تحركه فقط؟ إن تحريكه يتطلب قوة كبيرة بسبب خاصية القصور الذاتي التي تعارض اتجاه حركته، ولن تختلف القوة اللازمة لتحريك هذا الجسم إذا كررنا التجربة على المشترى أو القمر؛ لأن الكتلة هنا مستقلّة عن الجاذبية، وتُسمّى «كتلة القصور»، ويمكن تعريفها على أنها المقاومة لكل تغير في الحركة.

ويبقى السؤال المهم: ما علاقة كتلة الوزن بكتلة القصور؟ إن التجربة تؤكد أن كتلة القصور لجسم ما تساوي كتلة وزنه، فإنك لو أحضرت لوحًا من الخشب وقطعة حديد متساويينَ في الوزن، أي أنك تواجه الصعوبة نفسها في رفعهما (بغض النظر عن حجم لوح الخشب)، ثم وضعتهما على قضبان أفقية وحاولت تحريكهما فإنك

ستلاحظ أنك بذلت المجهود نفسه، أي أن الأجسام المتساوية في كتلة الوزن متساوية في كتلة القصور، والجسم الواحد له كتلة وزن وكتلة قصور متساويتان، وهذا ما يسمَّى مبدأ التكافؤ، وهو السبب وراء سقوط الأجسام إلى الأرض بالمُعدّل نفسه مهما اختلفت أنواعها؛ ففي حين تؤدي كتلة الوزن إلى السقوط تُقاومها كتلة القصور.

على الرغم من أن هذه الحقيقة وردت في أفكار «جاليليو» و«نيوتن»، فإن «آينشتين» صنع منها عمقًا فيزيائيًّا لا مثيل له، وهذا هو الفارق بين «آينشتين» وأي فيزيائي آخر. لقد أرجع «آينشتين» ازدواجية التفسير التي يقع فيها عالم الفيزياء داخل الصندوق إلى مبدأ التكافؤ، لينتقل بذلك إلى استنتاجات جديدة مهمة جدًّا، إذا كانت كتلة الجسم باعتبارها مصدرًا للجاذبية تتناسب تمامًا مع كتلته باعتبارها مصدرًا للقصور الذاتي، فمن الممكن أن نضع قوى الجاذبية على المستوى ذاته مع قوى الطرد المركزي أو أي قوى أخرى تنشأ كردِّ فعلٍ للقصور الذاتي؛ وإذا كانت قوى الطرد المركزي ناشئة عن خصائص المكان الفارغ، فإن قوى الجاذبية هي أيضًا ناشئة عن خصائص المكان الفارغ، أي أن الكتل التي تنتج عنها الجاذبية تؤثر في المكان الفارغ.

ثم انتقل «آينشتين» إلى فكرة أعمّ، وجعل هذا التكافؤ افتراضًا عامًّا لكل الظواهر الطبيعية، أي أنه يريد لهذا المبدأ أن يشمل، بجانب الظواهر الميكانيكية، الظواهر الكهروديناميكية، على أن تكون هذه الظواهر غير قادرة على التمييز بين أثر الحركة المُعجّلة ومجال الجاذبية. إن هذا التعميم العبقري مؤدّاه وضع نظرية عامة للجاذبية تدخل تحت لوائها الظواهر الميكانيكية والكهربية والبصرية، ولقد وصف «هانز ريشنباخ» هذه العبقرية قائلًا: «هذا هو الطابع الآينشتيني المميز، وعلى الرغم من أن افتراضاته أكثر شمولًا ولا يمكن تبريرها منطقيًّا، فإنه على الأقل يمكن تبريرها على مستوى التخيل، وهنا يظهر لنا وجود شيء يشبه الغريزة التي تتنبأ بنوايا الطبيعة الخبيئة، فمن أوتي هذه الملكة يمكنه الكشف عن الكنز الفريد وعن أبعاد علمية عميقة، هذه الملكة أوتي منها آينشتين الحظ الوفير».

لنعُد مرة أخرى إلى صندوق التجارب، ولكن لنتخيل هذه المرة وجود ثقب في أحد جوانبه، ينفذ منه شعاع ضوء ليسقط على الجانب المقابل، قاطعًا هذه المسافة في صورة خط مستقيم، إذا تحرك الصندوق إلى أعلى بحركة منتظمة فإن شعاع الضوء سيسقط على نقطة أسفل النقطة الأولى قاطعًا طريقه أيضًا كخطٍّ مستقيم، أما إذا تحرّك الصندوق إلى أعلى بحركة مُعجّلة، فإن شعاع الضوء سيأخذ مسارًا ملتويًا إلى أسفل كأنه قوس أو ماء متدفق بشدة من خرطوم، ثم يسقط على نقطة أسفل النقطة الأولى، أي أن الضوء ينحني تحت تأثير الحركة المُعجّلة، وبالتالي فإن الضوء ينحني إذا وقع تحت تأثير مجال جاذبية، لكن كيف السبيل إلى التأكُّد من هذا الفرض خارج خيال «آينشتين»؟

فكَّر «آينشتين» فلم يجد في مجموعتنا الشمسية مصدر جاذبية أكبر من الشمس نفسها، وبالتالي تساءل: هل يمكن لجاذبية الشمس أن تُجبر الضوء المنبعث من النجوم البعيدة على الانحناء؟ إن هناك سبيلًا واحدًا للتأكُّد من ذلك، هو التقاط صورة لمجموعة معينة من النجوم بالليل في غياب الشمس، ومُقارنتها بصورة أخرى تُلتقط عندما تكون الشمس متعامدة مع المجموعة النجمية نفسها، وهكذا يمكن أن تُلاحظ

الإزاحة التي حدثت لضوء النجوم في اتجاه الشمس في الصورة الثانية بسبب مجالها الجاذبي، لكن الأمر لن يكون بهذه السهولة؛ لأن الصورة الثانية يجب أن تُلتقط في النهار، وفي النهار ضوء الشمس يطغى على ضوء النجوم، وبالتالي فإن «آينشتين» علم أن هذه التجربة لن تُنفَّذ إلَّا في حالة كسوف الشمس، بحيث نستفيد من جاذبيتها ونستثني أثر ضوئها.

بدت هذه الأفكار كلها وكأنها تدفع «آينشتين» إلى إعادة النظر في فهمه عن المكان، فقد ذكرنا أنه استنتج من مبدأ التكافؤ أن قوى الجاذبية تنشأ عن خصائص المكان الفارغ وبالتالي فإن الكُتل التي تنتج عنها الجاذبية تؤثر في المكان الفارغ، وهو يسعى إلى الوصول إلى نظرية مجالات للجاذبية، وتحديدًا يبحث عن نظرية مجالات تستطيع خطوط قواها أن تدعم تذبذبات الجاذبية التي تتحرك بسرعة الضوء.

كان الأمر غريبًا ومرعبًا؛ فـ«آينشتين» سيأخذ طريقًا جديدًا أشدَّ انحرافًا من كل الطرق التي بنى عليها أفكاره السابقة، هذه المرَّة لن يقيم نظرية فيزيائية على أنقاض غيرها، أو يوفق بين نظريتين بتعديل بعض أجزائهما، بل سيهدم الأداة الرئيسة في توصيف المكان؛ سيستغني عن هندسة «إقليدس»، مؤمنًا أنها لا تصلح لوصف المكان في الأبعاد الفلكية. وهنا يواجه «آينشتين» صعوبتين، الأولى: أن فكرة وصف المكان بهندسة غير هندسة «إقليدس» هي فكرة غير مقبولة لدى العلماء، وقد ذكرنا ما حدث لمجموعة الرياضيين المتطرفين الذين سلكوا هذا المسلك منذ مائة عام تقريبًا. والثانية: إذا استغنى «آينشتين» عن مساعدة «إقليدس» فعليه أن يجد البديل.

وبعيدًا عن أفكار «آينشتين» التي تسوقه إلى الإيمان بالمكان المنحني، هناك شيء آخر جعله أكثر رغبة في أن يأخذ هذا المسار الغريب، شيء من أفكاره القديمة، شيء من النسبية الخاصة.. أثار الفيزيائي نمساوي الأصل «بول إهرينفست» انتباه «آينشتين» إلى أمر مهم، إذا تأمّلنا عجلة تدور فإننا سنلاحظ أن الإطار الخارجي لها يتحرك بسرعة أكبر داخلها، وبالتالي فإنه وفقًا للنسبية الخاصة فإن الإطار الخارجي ينكمش بمعدل أكبر من داخل العجلة بالشكل الذي يُخلُّ بالمعادلة التي تحسب محيطها، ولن يكون سطح العجلة مسطحًا (عُرفت هذه الملحوظة بمفارقة «إهرينفست»). جعلت هذه الملحوظة «آينشتين» على يَقين من أن استكمال نظريته الجديدة يفرض عليه التعامل مع المكان المنحني، وبالتالي تعززت لديه الرغبة عن هندسة «إقليدس» التي تتعامل مع الأسطح المستوية، والرغبة في هندسة ستكون بالضرورة لا إقليدية.

قبل أن يشرع «آينشتين» في كتابة بحثه الجديد وإثباتاته الرياضية، تكوَّنت أمام عقله صورة نتجت عن مجمل أفكاره، لكن هذه الصورة كانت أروع صورة لوصف الكون وأكثرها أناقة وتناسقًا على الإطلاق؛ فبعدما تخيَّل فكرة أن الكُتل الضخمة يمكن أن تكون هي التي تُشكِّل المكان وتجعله يأخذ مظهرًا منحنيًا لا تخضع قوانينه إلى هندسة «إقليدس»، بزغت في عقله هذه الصورة. تخيل بليةً ثقيلةً من حديد موضوعة على فراش، فتسببت في خلق انحناء دائري حولها تكون هي في منتصفه، إذا رميتَ بليةً أصغر من الأولى لتمر من جانبها فإنها ستُجتذب عندما تدخل إلى حيز الانحناء وتبدأ في الدوران حول البلية الثقيلة، لا تمتلك البلية الكبيرة

قوة خفية ولا يوجد حبل خفي يجمع بين البليتين، فقط هناك تغير في الفراش حول البلية الكبيرة أجبر البلية الصغيرة على أن تأخذ هذا المسار الجديد؛ استبدل «آينشتين» البلية الكبيرة بالشمس والصغيرة بكوكب من الكواكب الدوارة. الجاذبية ليست قوة خفية يا «نيوتن»، إنها تشوه في المكان نفسه.

هكذا يتحقق مسعى «آينشتين» في خلق نظرية للجاذبية ينتقل تأثيرها بسرعة الضوء، فلو فرضنا أن الشمس اختفت فإن الانحناء الذي تسببت فيه سيرتفع ليعود كما كان، مُحدِثًا تموجات في هذا النسيج تنتقل بسرعة الضوء. سبق لـ«آينشتين» أنه جعل المكان والزمان نسبيين ويلعبان دورًا ديناميكيًّا، وبالتالي فإنه بطبيعته الثورية في التفكير كان على أتم استعداد لتبني فكرة الزمكان المنحني الذي يتسبب في دفع الأجسام الصغيرة نحو الكبيرة، وبذلك تحل هذه الفكرة محل الجملة الشهيرة التي قالها «نيوتن» عندما وقع في فخ توصيف الجاذبية: «ليست لديَّ أي فرضية أفترضها». من هنا، تأكد «آينشتين» أنه سيتجاهل تمسك العلماء بهندسة «إقليدس» تمامًا، ساعيًا إلى دراسة رياضة تتسق مع الفضاء المنحني.

في هذه الأوقات، شعر «آينشتين» أنه بحاجة إلى المساعدة حتى لا يقع في أسر الرياضيات إلى الأبد، وبالفعل طلب هذه النجدة من أستاذ الرياضيات الصديق الوفي «مارسيل جروسمان»، وقال له يائسًا متحيرًا: «لم يحدث قبل أن عذبني شيء كما عذبتني الرياضيات التي صرت أكنُّ لها كل الاحترام الآن بعد أن كنت أعتبرها ترفًا لا طائل منه. إن النسبية الأولى مقارنةً بالمشكلة التي أنا بصددها الآن ما هي إلَّا لعبة أطفال». قدِّر لـ«جروسمان»، وهو يسعى إلى مساعدة صديقه الذي اعتاد مساعدته، أن يكون هو المكتشف الذي أعاد كنز «رايمان» إلى الحياة، فلا توجد أي رياضيات قادرة على تحقيق غاية «آينشتين» إلَّا كنز «رايمان» الذي توَّج به كل أفكار الهندسة اللاإقليدية في القرن السابق، وعندما رأى «آينشتين» هذا الكنز الذي يحوي عوالم رياضية جديدة وهندسة للأسطح المنحنية التي توجد في أي بعد مكاني، أدرك أن تفسير حقيقة الكون رهن بهذه الرياضيات التي مات صاحبها منذ نصف قرن تقريبًا.

بدأ «آينشتين» في وضع النظرية الجديدة بتعميم مبدأ المتغير المشارك لـ«لورنتز»، بمعنى أنه يريد للمعادلات الفيزيائية أن تبقى على صورتها داخل إطار تحويلات «لورنتز»، ليس فقط على الحركات القصورية، بل على الحركات كلها، وبذلك تظل المعادلات بصيغة واحدة مهما كان المعيار المرجعي الذي تُقاس مقارنة به، سواء أكان يتحرك بسرعة منتظمة أم مُعجّلة.. ولما كان لكل معيار مرجعي نظام إحداثيات لقياس الأبعاد المكانية والزمانية، و«آينشتين» يهدف إلى إيجاد نظرية تظل ثابتة في أي إحداثيات مكانية وزمانية، فإنه وصل إلى مبدأ المتغير المشارك العام الذي ينص على أن «المعادلات الفيزيائية يجب أن تكون متغيرات مشاركة بشكل عام، مهما حدث تغير عشوائي للإحداثيات»، ويشرح «ميتشيو كاكو» جوهر هذا المبدأ كالتالي: «تخيل أنك رميت شبكة صيد على سطح مائدة، تمثل شبكة الصيد نظام الإحداثيات العشوائي، ويمثل سطح المائدة شيئًا يظل ثابتًا مهما تغيَّر وضع شبكة الصيد؛ فمهما عوجنا الشبكة أو جعَّدناها فسيظل وضع المائدة كما هو».

بعدما تسلّح «آينشتين» بهندسة «رايمان» ووجد كتلة المكان المنحني وانحناء المكان كمتغيرات مشاركة، وانطلق في نظريته، توقَّف فجأة؛ لأنه اعتقد أن هذا

الطريق يجعل نظريته تخالف مبدأ «ماخ»؛ لأنها لا تعتمد فقط على المادة والطاقة لجسم ما لتحديد مجال جاذبيته، بل تعتمد على انحناء المكان نفسه (انحناء «ريتشي»)، ولأن «آينشتين» كان يعترف دائمًا بعظمة أفكار «ماخ»، فإنه قرَّر أن يتخلَّى عمَّا بدأ فيه فعلًا ليدخل بذلك فترة تيه لم يصل فيها إلى شيء. كان «آينشتين» يعلم أن أفكاره المتعلقة بالمكان المنحني يرتكز إثباتها على ثلاثة محاور، هي: انحناء ضوء النجوم، والانزياح الأحمر للضوء نتيجة الجاذبية، ولغز حركة عطارد.

بينما كان «آينشتين» في هذا الزخم، كانت الساحة الأوروبية في زخم أكبر؛ فعلى الرغم من أن القارة لم تكد تفرغ من أزمات البلقان المتعاقبة، وقعت حادثة جديدة.. في منتصف عام ١٩١٤م، اغتال طالبٌ صربيٌّ وليَّ عهد إمبراطورية النمسا ـ المجر وزوجته في أثناء زيارتهما للبوسنة والهرسك، وكانت أوروبا منذ بداية هذا القرن واقعة في أسر مجموعة تحالفات ضخمة ـ لتسهيل مساعيها الإمبريالية ـ من شأنها أن تدفع القارة كلها للتحارب إذا وقعت حادثة كهذه.. وبالفعل، بعد حادثة الاغتيال أعلنت النمسا ـ المجر الحرب على صربيا، فأعلنت روسيا الحرب على النمسا ـ المجر. في هذا الوقت كان الفلكي «إرفين فرويندليخ» يستعد للذهاب إلى سيبيريا، شرق روسيا، لدراسة انحناء ضوء النجوم الذي توقعه «آينشتين» خلال الكسوف الشمسي المنتظر في الحادي والعشرين من أغسطس. وصل «فرويندليخ» إلى سيبيريا في أواخر شهر يوليو، وبعدها بأيام أعلنت ألمانيا الحرب على روسيا لمناصرة النمسا ـ المجر، الأمر الذي دفع الروس إلى اعتقال «فرويندليخ» ومن معه.

في هذه الأوقات، كان «آينشتين» يدرس أثر الجاذبية على الضوء، ووصل إلى أن الضوء عندما ينبعث من الشمس فإن الشمس تجذبه وتشدُّه إلى الوراء، وفي حين تظلُّ سرعة الضوء ثابتة تحت هذا التأثير فإن تردد موجاته ينخفض ويكتسب لونًا أحمرَ، ومع علم «آينشتين» بأن الدراسة المعملية لهذه الظاهرة أمر مستحيل آنذاك، فإنه عكف على المحور الأخير من المحاور الثلاثة: لغز عطارد.

لم يكُن نظام «نيوتن» كاملًا ومثاليًّا كما تمنَّاه؛ ففي القرن التاسع عشر، اكتشف العلماء انحرافين في هذا النظام المتين، الأول تم اكتشافه في بداية القرن، وهو خاص بحركة أورانوس، لكنه انتهى بعد اكتشاف كوكب نبتون الذي تطابقت علاقته بأورانوس مع قوانين «نيوتن»؛ أما الانحراف الثاني فقد تم الكشف عنه في منتصف القرن، وهو انحراف في حركة عطارد قُدِّر بـ٤٣.٥ ثانية في القرن، وهذا الانحراف لم يقبل التصالح مع نظام «نيوتن» وظلّ شوكة في حلق الفيزيائيين حتى هذه اللحظة التي صمّم فيها «آينشتين» أن يدرسه، وبالطبع كان تناول «آينشتين» لهذه المشكلة تناولًا مختلفًا؛ فهو الفيزيائي الوحيد تقريبًا الذي يقبل فكرة خطأ «نيوتن»، وبعد أن ظلّت فترة التيه ـ منذ أن ظنّ أن المتغير المشارك العام وانحناء «ريتشي» يخالفان مبدأ «ماخ» ـ ثلاث سنوات، عاد مرة أخرى إلى النقطة نفسها، معتمدًا على المتغير المشارك العام وأفكاره الأولى بعدما أدرك أنه لا يخالف مبدأ «ماخ» وأن تنبؤاته الفيزيائية تظلّ كما هي بعد تغيير الإحداثيات، وبالتالي أصبح انحناء «ريتشي» مجرد شيءٍ رياضيٍّ محدد يصف المجال المغناطيسي حول أحد النجوم وفقًا لمبدأ «ماخ».

بعد محاولات وجهد كبير، استطاع «آينشتين» أن يجد حلا يعيد به عطارد إلى سيطرة العلم من خلال نظريته الجديدة مُقدِّرًا انحرافه بـ٤٢.٩ ثانية لكل قرن (وفقًا لقوانين «آينشتين» فإن المدار البيضاوي لعطارد يدور بنفسه حول الشمس). في هذه اللحظة أصبحت النسبية العامة قوية بالشكل الذي يجعلها تمثل معجزة علمية لا تُقارن، خاصة بأناقتها الفريدة التي وصفها «آينشتين» قائلًا: «يصعب على أي أحد يُحسن فهمها ألَّا يأسره سحرها». وبعدما شعر «آينشتين» بصدق نظريته بعد أن أعطته الطبيعة تأكيدًا ـ متمثِّلًا في حركة عطارد ـ على صدقها، أخرج النسبية العامة للعالم في نوفمبر عام ١٩١٥م، النظرية التي تصف بنية الكون بمعادلة واحدة!

كانت النظرية على قدرٍ من الشمول والتماسك بالشكل الذي يجعلها مؤهَّلة تمامًا للإجابة عن جُل المسائلَ التي شغلت العقول في القرن السابق ولم تلقَ إلَّا إجابات ناقصة أو مؤقتة، أو تعمدت العقول تناسيها بعد اليأس منها، أو ركنت إلى الدين والغيب والماورائيات وقنعت بالغموض، ليس هذا فحسب، بل إن النظرية خلقت تصورات جديدة تعطي بعض الأفكار المتطرفة والغريبة توصيفًا فيزيائيًّا حقيقيًّا لأول مرة.

ذكرنا، سابقًا، الحيرة التي وقع فيها الفيزيائيون للإجابة عن سؤال: هل الكون استاتيكي أم مُتحرّك؟ وأنه بعد قوانين «نيوتن» للجاذبية، رأى البعض أن الكون لا بُدَّ أن يتداعى على نفسه إذا كان محدودًا، وإذا كان غير محدود وثابت ـ وهذا هو ما رد به «نيوتن» على الفكرة الأولى ـ فإن سماء الليل لا بُدَّ أن تكون كسماء النهار. إن هذه الحيرة نفسها أصابت «آينشتين» عندما لاحظ أن معادلاته تُثبت أن الكون مُتحرِّك وغير مُستقر، إما أنه آخذ في التمدد، وإمّا أنه آخذ في الانكماش، لكنّه قضى على حيرته هذه بالحل الذي مثَّل النقطة الأضعف في النظرية؛ إذ أضاف إلى معادلاته «ثابتًا كونيًّا» خلق به اتزانًا زائفًا للكون، بحيث يكون الثابت الكوني مُعادلًا للانكماش الناتج عن الجاذبية بالضبط (على الرغم من أن «آينشتين» لم يكن يعلم بوجود شيء أو مادّة في الكون تعمل عكس الجاذبية، فإن العلماء اكتشفوا بالفعل طاقة في العدم تدفع المجرات بعيدة عن بعضها بشكل مُتسارع مع الزمن وأطلقوا عليها الطاقة المظلمة، وهي تُعادل ٧٠٪ من وزن الكون الكلِّي، ومع ذلك فإن العلماء لا يعرفون ماهيتها). بدأ علماء، غير «آينشتين»، يتناولون هذه المعضلة المتعلقة بحركة الكون من خلال النسبية العامة، ويذهبون إلى نتائج غير ما مال إليه «آينشتين»؛ حيث صرَّح الفيزيائي الهولندي «ويليام دي سيتر» بأن الكون سيظل يتمدَّد حتى إذا خلا من مادة، وقام «أليكزاندر فريدمان» و«جورج لوماتر» بوضع تصور يؤدِّي إلى ثلاث نتائج تتوقَّف على كثافة الكون؛ فإمّا أن تؤدي كثافة الكون إلى انكماشه إذا زادت على قيمة معينة، أو يظلّ الكون يتمدّد إلى ما لا نهاية إذا كانت الكثافة قليلة بحيث تعجز الجاذبية عن وقف هذا التمدُّد، أو أن يكون الكون مستقرًّا تمامًا عند كثافة معينة تمثِّل نقطة الفصل بين الكثافة في الحالتين السابقتين، وبذلك فإن هذا الحل يقودنا إلى أن مصير الكون يتوقف على متوسط كثافته. تعدّدت الاتجاهات التي أخذ العلماء مصير كوننا إليها، إلى أن كشف «إدوين هابل» عن مشاهداته التي تثبت أن الكون آخذ في التمدّد بسرعة خارقة (عندما زار «آينشتين» مرصد جبل ويلسون الذي رصد فيه «هابل» مشاهداته، وبينما كان يتفاخر الفلكيون

بهذا التليسكوب الأضخم في العالم والأقدر على وصف الكون، صادمتهم «إلسا» قائلة: «إن زوجي يفعل هذا على ظهر مظروف خطابات قديم»).

إذا كان الكون يتمدّد بمعدّل معروف رياضيًّا، فإنه يمكن إجراء حساب تقريبي بمنظور عكسي؛ بحيث نصل إلى بداية الكون ونعرف بذلك عمره (توصل العلماء عام ٢٠٠٣م إلى أن عمر الكون ١٣.٧ مليار عام). على هذا الأساس، فإن هذه الحقائق مثَّلت الدعائم الأساسية لنظرية الانفجار العظيم التي يكون مؤدَّاها أن الكون بدأ متناهيًا في الصغر وأخذ في التمدُّد. وهنا نعتب على من يسميها «انفجارًا»، بل هي «انفتاق»؛ لأنها الأنسب علميًّا، ولأن الانفجار لا يولّد حياة.

وصل العلماء أيضًا إلى حقيقة جديدة لطالما حيَّرتهم، مسترشدين بالنسبية العامة؛ ففي عام ١٧٨٣م، كتب «جون ميتشل»، رئيس جامعة ثورنهيل، مقالًا يطرح فيه تساؤلًا مهمًّا جدًّا: هل يمكن أن يكون هناك نجم ضخم كثيف له جاذبية فائقة تمنع الضوء من الإفلات منها؟ بعدها بثلاثة عشر عامًا وفي كتابه «توضيح نظام الكون»، أعاد الرياضي الشهير «بيير سيمون لابلاس» هذا السؤال مرة أخرى، لكنّ العلماء المعاصرين شكّكوا في هذه الفكرة بالشكل الذي جعله يحذفها من الطبعة الثالثة للكتاب!

بعد عام واحد من نشر النسبية العامة، وصلت إلى «آينشتين» أخبار تفيد بأن الفيزيائي «كارل شفارتزشيلد» طبَّق معادلاته على نجم معين ووجد أن الجاذبية حوله فائقة بحيث لا يستطيع الضوء الإفلات منها، وبالتالي يكون النجم غير مرئي. ولمّا كانت فكرة وجود نجوم لها هذه الصفات العجيبة لا تروق للفيزيائيين ولا لـ«آينشتين» نفسه، فإن العلماء، بمن فيهم «آينشتين»، حاولوا إثبات استحالة وصول النجوم إلى هذه الحالة، لكن الأمر أصبح سجالًا عندما نشر «روبرت أوبنهايمر» و«هارتلاند سنايدر» بحثًا يثبتان فيه أنه لا يوجد مانع علمي من انهيار النجوم على نفسها إلى أن تصل للوصف الذي قاله «شفارتزشيلد». كان الفيزيائيون يستغربون هذا النوع من النجوم؛ لأنه محاط بحقائق وتصورات مغايرة وعجيبة؛ فلو أن أحدًا وقع في مجال جاذبية ثقب أسود، لن يفلت منه أبدًا وسيرى ضوءًا يدور في فلكه منذ ملايين السنين، وفي حين سيموت بعدما تنسحق ذرَّاته بسبب قوة الجاذبية، سيراه من يراقبه يدور حول النجم بجسم أكثر استطالة إلى الأبد! لذلك ظلَّ الأمر فرضيات في ظل معادلات النسبية العامة (تم اكتشاف أول ثقب أسود عام ١٩٧١م).

إن تخيُّل الكون برؤية «آينشتين» يُسهِّل كثيرًا تخيُّل وجود الثقوب السوداء؛ فبمجرد وجود نجم ذي كتلة فائقة لا تتناسب مع حجمه بحيث تكون كثافته فائقة على نسيج الكون المرن فإنه سيسبب انحناءً عميقًا جدًّا في هذا النسيج، ولعلّ سهولة تخيُّل النظرية يدفعنا إلى ذكر حقيقة أخرى تنبأت بها النسبية العامة؛ فلو فرضنا حدوث تصادم أو حادثة قوية على هذا النسيج المرن فإن الطبيعي أن تتكوَّن موجات حول مركز الحدث وتنتقل عبر هذا النسيج.. ولأن النسبية العامة جعلت الجاذبية مجرَّد انحناء في نسيج الكون فإن هذه الأمواج أطلق عليها «آينشتين» موجات الجاذبية، وقال إنها تتذبذب بسرعة لا تتعدّى سرعة الضوء بل تساويه (في ١١ فبراير عام ٢٠١٦م تعجبتُ عندما رأيت جُل الصحف العالمية على شبكات التواصل الاجتماعي لديها عناوين تدور حول معنى واحد، هو «آينشتين كان على حق»، ولأنني كنت مهتمًّا بهذا النوع من الأخبار، بحثت في الأمر أكثر إلى أن وجدت

مؤتمرًا صحفيًّا في واشنطن فيه مجموعة من العلماء الممثلين لبعض الهيئات العلمية المرموقة مثل معهد كاليفورنيا للتكنولوجيا ومعهد ماساتشوستس للتكنولوجيا ومؤسسة العلوم الوطنية الأمريكية ومرصد «LIGO».. ليسمع الحضور هذه الكلمات قبل أن يصفقوا بحرارة: «ladies and gentlemen we have detected gravitational waves... we did it»

كان مرصد «LIGO»، وهو مركز لرصد أمواج الجاذبية بالليزر، قد رصد بالفعل موجة تسبب في حدوثها تصادم ثقبين أسودين، أدت إلى تعرُّض كوكبنا الصغير الذي يطفو على نسيج الكون للانضغاط والانبعاج عند مرورها، كان كل ما يتعلق بهذا الخبر مثيرًا للدهشة، سواء الطريقة الرائعة والبسيطة التي يستخدمها المرصد، التي تعتمد على تداخل موجات الليزر، أو ضخامة الحدث نفسه الذي سيضيف للعلماء سبيلًا جديدًا لاستكشاف الكون، وأخيرًا إثبات ما تنبأ به «آينشتين» منذ مائة عام).

هكذا كانت النسبية العامة قادرة على خلق تصورات جديدة للكون من خلال وضع إطار عام قامت عليه أفكار وتنبؤات وسقطت به أفكار أخرى، ولكن كيف استقبل العالم هذه النظرية التي وصفنا قدرًا صغيرًا من إنجازاتها في السطور السابقة؟

وُلِدت النسبية العامة لتجد العالم من حولها يشتعل؛ فقد أصبحت الحرب التي بدأت باغتيال ولي عهد النمسا ـ المجر في أوجها، وأوروبا كلها تقريبًا مشتركة فيها، وتحولت ألمانيا، التي كانت مؤهلة جدًّا للعصبية العرقية والقومية، إلى بلد غريب على «آينشتين»؛ حيث فوجئ بأن قرابة تسعين أستاذًا جامعيًّا يدعون الشعب الألماني إلى مساندة الحرب على أعدائهم بدلًا من أن يكونوا دعاةً للسلام، وفي مقابلهم لم يجد «آينشتين» إلَّا ثلاثة علماء غيره لديهم تطلع حقيقي للسلام وإنهاء الحرب، ولقد كتب «آينشتين»: «لم أكن أصدِّق أن الدول الأوروبية يمكن أن تكون بهذه الحماقة».

بحلول عام ١٩١٦م، وجد «آينشتين» عالمه ينهار وأوروبا تحترق وصديقه القديم «فريدريش إدلر» يُحكَم عليه بالإعدام ثم بالسجن مدى الحياة، وجامعة برلين تُغلق بسبب الفوضى، فوقع «آينشتين» مريضًا، حتى ظن في عام ١٩١٧م أنه يحتضر، لكن الأطباء شخَّصوا حالته بقرحة في المعدة وطالبوه بالراحة التامة، وبعد أن أصبحت «إلسا» ممرضته الخاصة طول فترة مرضه، انتهى بهما المطاف إلى الزواج.

في فرنسا، على ضفاف نهر «واز»، في مدينة كومبيين، وداخل إحدى عربات قطار مستكين، وقّعت ألمانيا على الهدنة التي تبدأ في الساعة الحادية عشرة من اليوم الحادي عشر من الشهر الحادي عشر عام ١٩١٨م، لتغادر الحرب أوروبا تاركةً وراءها انهيارًا اقتصاديًّا وسياسيًّا واجتماعيًّا غير مسبوق، وفي عام ١٩١٩م، كان «آينشتين» ينتظر بحرارة كسوفًا للشمس سيحدث في ٢٩ مايو، ستخضع النظرية لاختباره من خلال بعثة إنجليزية مؤهلة يقودها «آرثر إدنجتون»، سكرتير الجمعية الملكية وقتها. انقسمت البعثة إلى فريقين، الأول في غينيا والثاني في البرازيل، وتم التقاط صور للنجوم ظهرًا.

في سبتمبر من العام نفسه، تلقى «آينشتين» برقية من «لورنتز» يبلغه أن تحليل بيانات البعثة أثبت صحة نظريته. شعر «آينشتين»، ساعتها، بسعادة لم يشعر بها في حياته وكتب خطابًا لأمه يقول: «أمي العزيزة.. تلقيت اليوم أخبارًا سارة؛ فقد أرسل إليَّ هنريك لورنتز يبلغني أن البعثة الإنجليزية قد أثبتت بالفعل انحراف أشعة الضوء بفعل الشمس».

«بعد الدراسة المدققة لنتائج التجارب التي قُدمت إليَّ، فإنني مستعد للجزم بأنها تؤكد نظرية آينشتين، فقد خرجت التجارب بدليل أكيد على أن الضوء ينحرف بالطريقة نفسها التي ينص عليها قانون آينشتين للجاذبية» قال هذه الكلمات عالم الفلك البريطاني السير «فرانك دايسون» في اجتماع فريد ضم الجمعية الملكية والجمعية الفلكية الملكية بلندن في نوفمبر عام ١٩١٩م، ليصبح «آينشتين» أهم عالم فيزياء في العالم، وتبدأ مرحلة جديدة أصبح فيها «آينشتين» نجمًا لامعًا يعرفه الناس كلهم، صغيرهم وكبيرهم كأي لاعب كرة قدم مشهور اليوم ولا يكاد يجهله أحد. في اليوم التالي لهذا الاجتماع، قرأ الناس في صحيفة «تايمز» اللندنية عناوين صارخة مثل «ثورة علمية ـ نظرية جديدة للكون ـ سقوط نظرية نيوتن ـ كشف عظيم ـ الفضاء منحنٍ».

ولمَّا كان الصعيد العالمي مشتعلًا بأخبار الحروب والسياسة ولم يكُن أحد يتوقع أن يظهر كشف بهذا الحجم، فإن الصحف كلها لم يكن لديها متخصصون في فرق عملها لتتمكّن من مواكبة هذا الحدث الجلل، وبالتالي اضطرت إلى إسناد تغطية هذه الأخبار لغير المؤهلين تمامًا؛ فمثلًا: أرسلت «نيويورك تايمز» خبيرًا في لعبة الجولف، وأرسلت «مانشستر جارديان» ناقدًا موسيقيًّا، الأمر الذي دفع «تايمز» اللندنية فيما بعدُ إلى أن تطلب من «آينشتين» نفسه مقالًا يشرح فيه نسبيته الجديدة.

إن النجاح الذي يجلب معه الشهرة يجلب معه بعض المشكلات، ولم يخالف نجاح «آينشتين» هذه القاعدة؛ فقد ظهر ضد النظرية نوع غريب من المعارضة يجعل التشكيك في النظرية هدفًا في حد ذاته؛ ففي البداية شكّكت «نيويورك تايمز» في النظرية، ساخرةً من سبق الصحف الإنجليزية، ثم تكوَّنت جبهة أكاديمية في جامعة كولومبيا تعارض النظرية، ليس هذا فحسب، بل إن هناك اتحادًا أُطلق عليه اتحاد مناهضي النسبية! وكان من أبرز أعضائه: الفيزيائي الحائز نوبل «فيليب لينارد»، الذي كان يُكنُّ عداءً كبيرًا لليهود.

كان «آينشتين» يقابل هذه الشكوك كلها بعقيدة ثابتة، معتبرًا أن أصحابها يملكون عقولًا متوسطة الذكاء، ولمّا كانت الدعوات تمطر عليه من كل مكان في العالم فإنه قرر القيام بجولة عالمية بدأها بالولايات المتحدة وقابل فيها الرئيس الأمريكي «وارن جي هاردينغ»، وبعدها سافر إلى إنجلترا وزار قبر «نيوتن» في ويستمينستر وكلّله بالزهور، ثم ذهب إلى فرنسا وألقى محاضرة في إحدى كلّياتها الكبيرة.

عاد «آينشتين» إلى ألمانيا ليجد اليهود يعانون أشد المعاناة، خاصَّةً المشهورين منهم، وتم تهديده هو نفسه أكثر من مرة، فقرَّر الذهاب في رحلة جديدة إلى الطرف الشرقي من العالم، وفي هذه الأوقات وصلت إليه برقية من السويد تعلمه بفوزه بجائزة نوبل عن أبحاثه في التأثير الكهروضوئي! (عندما ألقى «آينشتين» كلمة بهذه المناسبة، تكلّم عن النسبية).

وعلى الرغم من شهرة «آينشتين» كفيزيائي، أعاد رسم الكون في أذهان الناس، فإنه لم يأسر فقط عقول الناس بعلمه، بل أسر قلوبهم بعد لقائه الشهير الشاعر الهندي العظيم «طاغور»، وبدأ الناس ينظرون إليه على أنه أيقونة فكرية فيما يتعلق بالغيب والدين والفلسفة، وقد كانت كلماته في هذه الاتجاهات لها صدى في قلوب الناس يشهد على جمالها، وكانت كلماته تمزج العلم بالدين بشكل فريد ومتأنّق كالتالي: «إنني لست ملحدًا، إننا كبشر نشبه الطفل الذي دخل مكتبة ضخمة مليئة بكتب مكتوبة بلغات كثيرة، إنه يدرك أن أحدًا كتب هذه الكتب، لكنّه لا يعرف كيف ولا يفهم أيًّا من اللغات المكتوبة بها، إن الطفل في هذه الحالة يعتقد وجود نظام غيبي يحكم ترتيب هذه الكتب، لكنه لا يعلم ماهيته، وفي ظنِّي فإن هذه هي الطريقة التي يرى بها أكثر الناس ذكاء ربهم، فالبشر يرون الكون منظمًا بشكل مذهل ويخضع إلى قوانين محدّدة، لكنّهم لا يفهمون من هذه القوانين إلّا القليل».

أسر «آينشتين» قلوب العالم كشخصية عالمية حكيمة متدينة تدعو إلى السلام.

∞ ∞ ∞ ∞ ∞

الفصل التاسع

التصادم

«بدا الأمر كما لو كان هايزنبيرج يقضي على مبدأ الحتمية، ناعيًا بذلك جُل فلسفة الفيزياء الكلاسيكية التي سبقت الكم وواضعًا نظرياتها في دائرة الخطر».

سلَّمت الحرب العالمية الأولى أوروبا إلى شبح الانهيار على مختلف الأصعدة؛ إذ وصلت الخسائر البشرية فقط إلى خمسة وثلاثين مليون نفس بين قتلٍ وأسرٍ وفقدٍ وجراحات، ويمكنك أن تتخيَّل كيف يمكن أن يكون حال أمةٍ ما إذا كان مُصابًها في مواردها البشرية يصل إلى هذا الحد. بالطبع شملت هذه الأرقام المفجعة الإمبراطورية اليابانية في أقصى الشرق، والولايات المتحدة في أقصى الغرب، وكثيرًا من دول الكومنولث ما بين شرق الأرض وغربها.

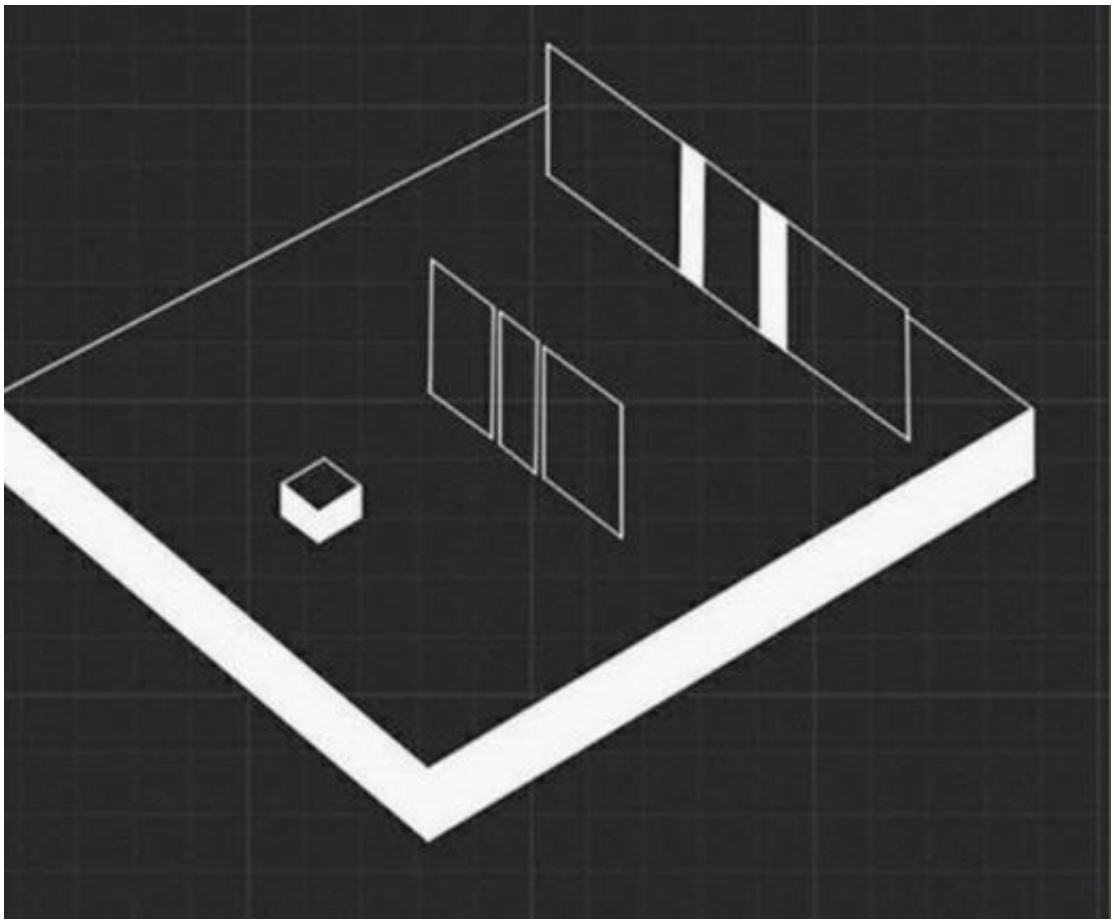
دخل العالم خلف أوروبا بعد الحرب في سلسلة أحداث سريعة سياسيًّا واجتماعيًّا واقتصاديًّا؛ فعلى المستوى السياسي رسَّخت الحرب لهيمنة الحلفاء ودخول الولايات المتحدة الأمريكية طرفًا دائمًا وقوة حاسمة تغيِّر من معادلة أي نزاعات، وكسِرت شوكة ألمانيا بعد أن تم اقتطاع جزء من أراضيها لصالح بولندا، وانفرط عقد الدولة العثمانية.

أما على المستوى الاجتماعي فقد أصاب شعوب معظم الدول المتحاربة، خاصَّةً دول المحور، تشوه غريب وصل إلى نفوسهم، وهذا التشوه يظهر جليًّا في الشعب الألماني، خاصة في فترة خضوعه للحكم النازي. والروايات التي تصف الأجواء الداخلية للبيوت الألمانية قد بيَّنت هذه الانحرافات النفسية والتعصب بشكل مميَّز، أمَّا اقتصاديًّا فقد استسلمت كل السياسات الاقتصادية في دول أوروبا للتخبط والتأرجح بسبب التضخم القوي الذي ضرب أسواقها، وبسبب ثقتها الخاطئة بقدرة نظام الذهب على القضاء على هذا التضخم. تنوعت المآسي الاقتصادية؛ فدولة تحتضر فيها صناعة التصدير، وأخرى تستبدل بعملتها عملة جديدة لتتخطى انهيارها.

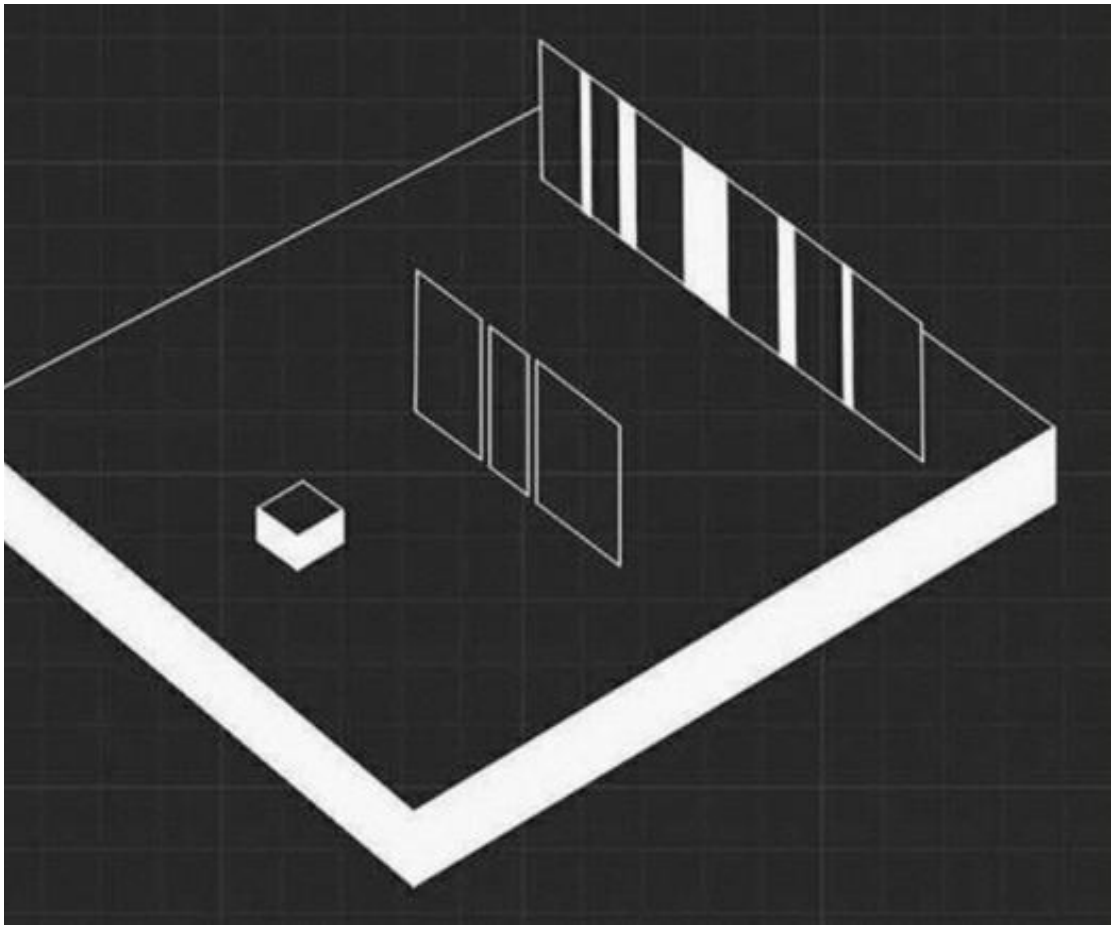
أمَّا على مستوى قصتنا، فإنه من حسن الحظ أن الفيزياء لا تصيبها النزاعات ولا الحروب إلَّا بالقدر الذي تؤثر به على عقول أربابها، ومع ذلك فإن الساحة الفيزيائية في فترة ما بين الحربين شهدت زخمًا وأحداثًا لا تقل عن تلك التي ذكرناها في الأحداث التاريخية السابقة؛ حيث تطورت النظرية التي شقّت طريقها عام ١٩٠٠م تطورًا مدهشًا.

إنَّ جزءًا كبيرًا من تاريخ نظرية الكم وتطور أفكارها يمكن أن يُدرَك من خلال التجربة المشهورة التي تُعرف باسم «تجربة الشق المزدوج». تخيل ضوءًا يسقط على حاجز رقيق به شقان طوليان، وخلف هذا الحاجز لوح فوتوجرافي يسجل الضوء الذي سيصل إليه. التجربة تقوم على أساس إطلاق الضوء، وكلا الشقين مفتوح مرة، وإطلاقه بعد سد أحد الشقين، ثم المقارنة بين ما سجله اللوح الفوتوجرافي في المرتين.

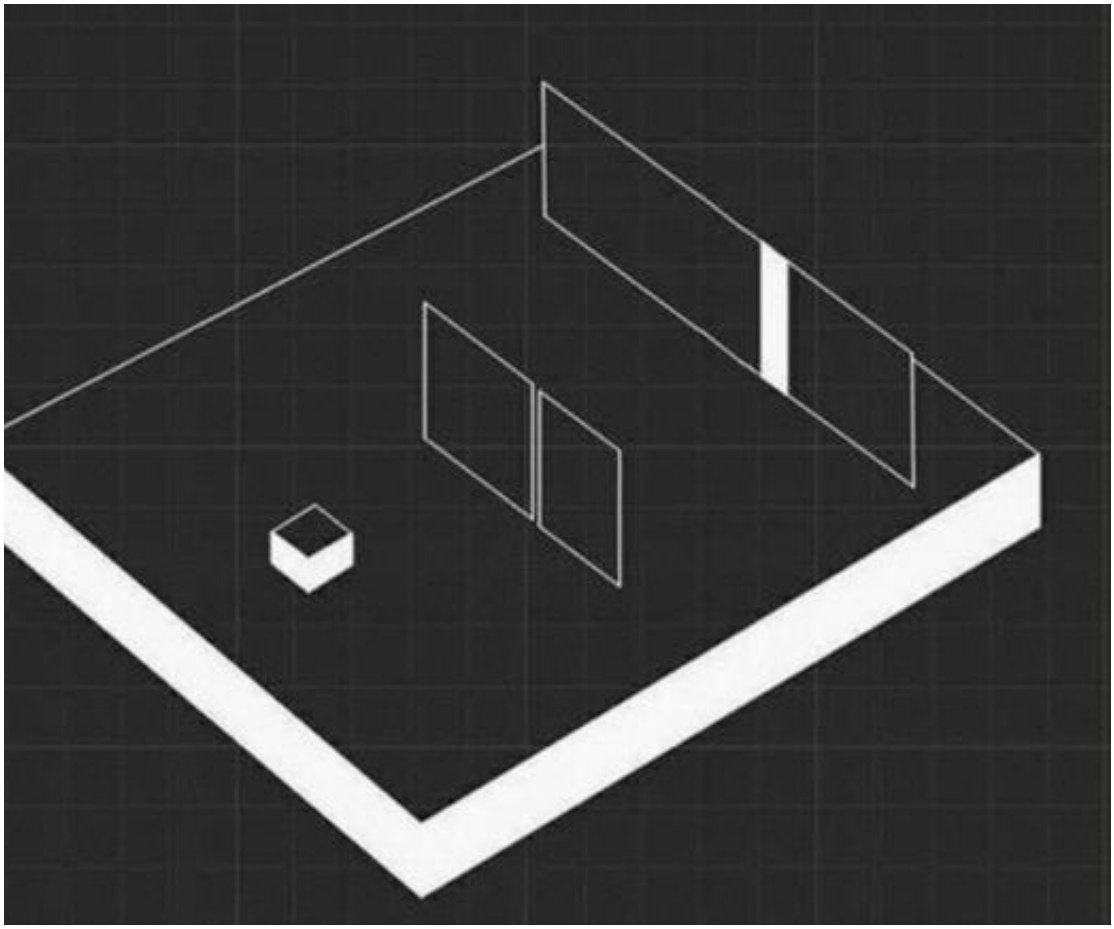
حسب الطبيعي الذي يألفه الناس، فإن الجزء الأول من التجربة سيؤثر على اللوح الفوتوجرافي كما في الشكل رقم «٢»، إلَّا أن هذا لم يحدث أبدًا، وكانت النتيجة التي سجلها اللوح الفوتوجرافي عند ترك الشقين مفتوحين تمامًا كما في الشكل رقم «٣»، أما عند ترك أحد الشقين فقط مفتوحًا فإن اللوح الفوتوجرافي يسجل ما تتوقعه في ذهنك فعلًا كما في الشكل رقم «٤»، فما السر وراء هذه النتائج الغريبة؟



الشكل رقم «٢»

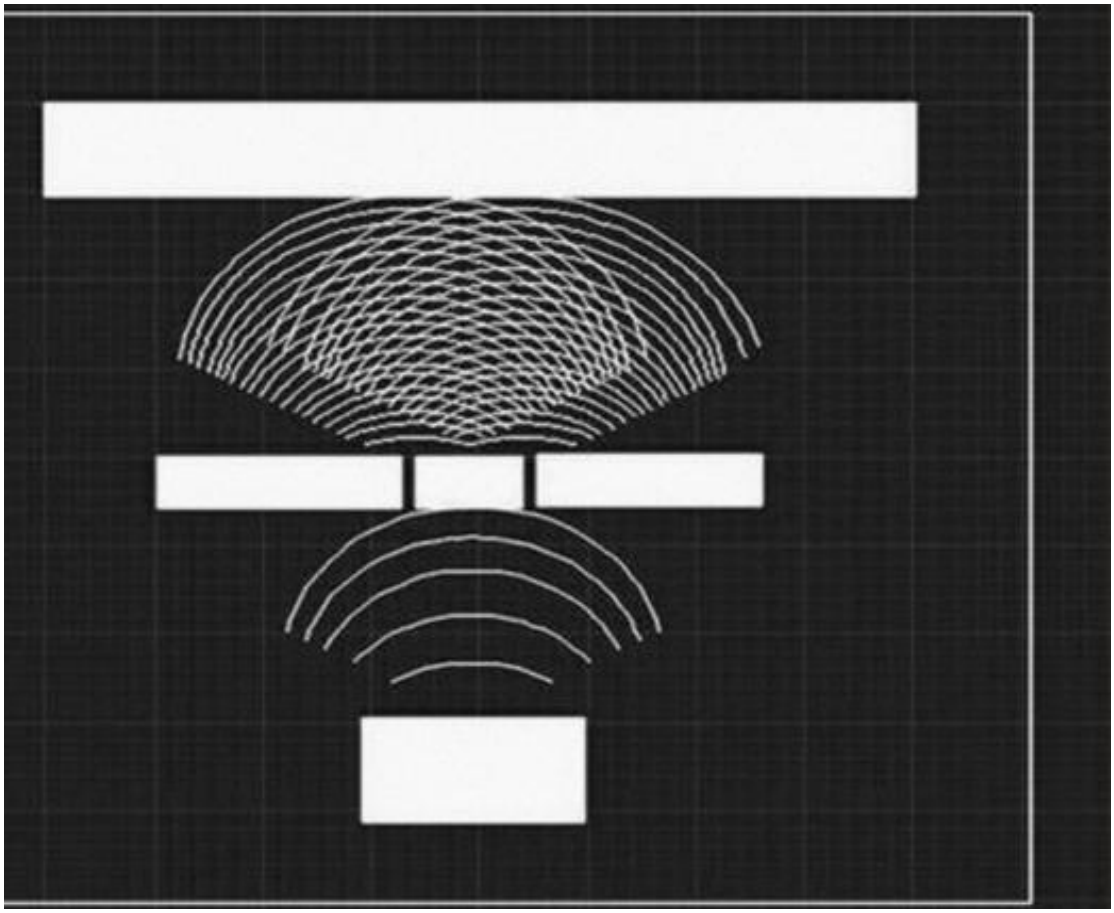


الشكل رقم «٣»



الشكل رقم «٤»

إن الصورة رقم «٣»، التي توقعتها أنت من البداية، لا تتفق مع خبراتك اليومية وحسب، بل إنها تتفق تمامًا مع نظرية «نيوتن» في أن الضوء يتكوَّن من جسيمات دقيقة تسير في خطوط مستقيمة، ويتفق أيضًا مع نظرية التأثير الكهروضوئي لـ«آينشتين» وفكرة الفوتونات، أما الصورة رقم «٤»، التي لم تتوقعها فهي تدل دلالة لا لبس فيها على أن الضوء يتصرَّف كموجة وليس كجسيمات، وإذا تخيّلت الضوء وهو يمر من الشقين كأي موجة ماء فإنك ستُهدَى بسهولة إلى النتيجة الموجودة في الشكل رقم «٣»؛ ذلك بسبب تعرض موجات الضوء للتداخل بعد المرور من الشقين كما في الشكل رقم «٥» وحدوث تداخل هدَّام وتداخل بنَّاء ليصل أثر الضوء في النهاية كمجموعة اضطرابات منفصلة كما في الشكل رقم «٣».



الشكل رقم «٥»

لقد ذكرنا أن «آينشتين» تكلَّم عن تصرُّف الضوء كموجة أحيانًا وكجسيمات أحيانًا، فما الغريب إذًا في هذه التجربة؟

إن محاولات الدمج بين حقيقة الضوء المادية والموجية أدت إلى بعض الأفكار التفسيرية، منها: أن الضوء مثله مثل الماء؛ فالماء يتكون أساسًا من جزيئات H_2O، ومع ذلك فإن هذه الجزيئات عندما تجتمع معًا في موجة ماء تتصرف كموجة ولا تتصرف كجزيئاتٍ لها أساس مادي، وهذا ما يحدث عند اجتماع عدد غزير من الفوتونات في تدفُّق لشعاع ضوء، فإنه يتصرف كموجة على الرغم من حقيقته المادية، أي أننا لو استطعنا أن نطلق الضوء على هيئة فوتونات منفصلة فإنه سيتصرف تصرفًا ماديًّا، وإذا أطلقنا شعاعًا يتكون من حزمة من الفوتونات سيتصرف تصرفًا موجيًّا.

وقبل أن تشعر أن هذه الفلسفة البسيطة قد أزالت المشكلة من أساسها، ما رأيك أن نعيد التجربة مرة أخرى ونطلق الضوء فوتونًا تلو الآخر مع ترك الشقين مفتوحين، لنرى فعلًا هل يتصرف ساعتها الضوء كجسيمات أم لا؟

عندما أعاد العلماء التجربة وأطلقوا الفوتونات بشكل منفصل ومتتالٍ في اتجاه أحد الشقين مع ترك الآخر مفتوحًا، فإن اللوح الفوتوجرافي سجَّل الشكل رقم «٣» مرة أخرى! وعند إطلاقها بالطريقة نفسها مع سد أحد الشقين فإن النتيجة كوَّنت الشكل رقم «٤».

أي أن الضوء تصرّف كموجة عند ترك الشقين مفتوحين مع أنه تم إطلاقه فوتونَا فوتونًا!

أي أن الفوتونات التي انطلقت منفردة قد اتَّفقت فيما بينها على نسق التداخل دون أن تنطلق معًا من مصدر الضوء!

وبصورة أوضح وأكثر إزعاجًا، فإن هذا يعني أن الفوتونات التي لم تنطلق معًا كانت قادرة على أن يلاشي بعضُها بعضًا. هذا يعني أنه عند ترك الشقين مفتوحين فإنك تجبر بعض الفوتونات على عدم المرور على الرغم من طريقها الممهَّد، كأن الفوتون قبل أن يمر من أحد الشقين يلقي نظرة على الشق الآخر، فإن كان مغلقًا مر، وإن كان مفتوحا فإنه قد يمر وقد لا يمر!

إليك هذا المثال الذي يوضِّح غرابة هذه النتيجة وخطورتها على فهم الواقع: تخيَّل لو أن معك مسدسًا وأمامك حاجزًا فيه شقان مفتوحان، وخلف هذا الحاجز الهدف الذي تريد إصابته، لو جعلنا أحد الشقين مفتوحًا والآخر مغلقًا وأنت أطلقت من الشق المفتوح وأصبت الهدف بكل طلقاتك، فإنك بعد انتهائك ستجد طلقاتك كلها على الهدف فعلًا عند فحصك له، أما إذا تركنا كلا الشقين مفتوحًا وأطلقت بالطريقة نفسها من أحدهما، ثم ذهبت لتفقُّد الهدف فإنك ستجد أن هناك طلقات لم تصبه، ولم تصب المحيط حوله حتى! لتكتشف في النهاية أن هناك طلقات قد أطلقتها بالفعل في اتجاه الهدف لكنَّها لم تمر أصلًا من الشق! وهذا بالضبط ما حدث مع الفوتونات.

أصابت هذه الحقيقة الجديدة العلماء بالذهول؛ لماذا تتصرف جسيمات مفردة هذا التصرف العجيب؟ أيعقل أن يكون الفوتون نفسه جسيمًا وموجة؟ وحتى لو كان يتصرف كموجة إذا اتحد مع ملايين غيره في شعاع ضوء، فكيف يتصرَّف على نمط الموجة نفسه وهو منفرد؟ صحيح أن العلماء منذ بداية نظرية الكم كانوا يشعرون أنها ستفتح عليهم أبواب العالم المجهري الدفين بما فيه من غرابة واستعدّوا لذلك، لكن الأمر بدا أصعب من استعدادهم، وبدايات الطريق أوحت لهم بأنهم قد لا يتمكَّنون أبدًا من إدراك هذا العالم الجديد وفهمه على المستوى الذي اعتادوه فيما مضى.

إن كل ما في العالم المحيط بنا هو في الأساس جسيمات دقيقة، وإذا كانت كل الجسيمات تتصرف هذا التصرف الموجي العجيب، فإن كل ما تراه حولك يصبح في الأصل موجات. هذا بالضبط ما دار في عقل الفيزيائي الفرنسي الشاب «لويس دي برويل» الذي ربط بين علاقة الكتلة والطاقة، وعلاقة الطاقة بالتردد، مستنتجًا علاقة جديدة بين الكتلة والتردد؛ فأي كتلة لا بُدَّ لها من حقيقة موجية. ثبتت هذه الفكرة عندما أثبتت التجارب أن الإلكترون يتصرَّف تمامًا كما يتصرف الفوتون في تجربة الشق المزدوج.. وفجأة، تحول العالم المادي إلى خواء!

إذا كان كل ما نعرفه عن المادة كشيء جامد وثابت أصبح خطأً محضًا! فلماذا لا نرى هذه الحقيقة الجديدة واضحة حولنا؟

أجاب «دي برويل» عن هذا التساؤل وأثلج الصدور قليلًا بأن وضع علاقة رياضية ربط من خلالها بين الطول الموجي وثابت «بلانك»، بحيث يساوي الطول الموجي ثابت «بلانك» مقسومًا على عزم الجسم المادي، ولمّا كان ثابت «بلانك» صغيرًا جدًّا جدًّا، فإن ناتج هذه العملية الرياضية سيكون غاية في الصغر إذا طبَّقناها على

كل شيء في عالمنا المحسوس؛ كأن «دي برويل» يقول إن السبب في رؤيتنا للمادة كشيء جامد هو أن طولها الموجي صغير جدًّا جدًّا، أما العالم المجهري فإنه يتناسب مع هذا الطول الموجي ويُظهر لنا خصائصه الموجية بوضوح؛ لذلك رأينا التصرف الموجي جليًّا للإلكترونات والفوتونات.

إن الأمر أشبه بأن الإنسان منذ القدم وهو يعيش في واقع كذاب بين ثابت «بلانك» وسرعة الضوء، وكلتا القيمتين تحجب عنه طبائع جديدة كليًّا عن المادة والمكان والزمان؛ وكلما تطورنا في علومنا وفهمنا فإننا نضيِّق المربع الذي نعيش فيه ونثبت أنه حالة شاذة فرضتها علينا حواسُّنا.

بعد أن أصبحت الجسيمات الدقيقة موجات، كان على الفيزيائيين أن يبحثوا عن إجابة عن السؤال المعتاد: إذا كان الإلكترون موجة، فما الذي يتموَّج بالضبط؟ كان الفيزيائي النمساوي «إيرفنج شرودنجر» قد أتبع أعمال «دي برويل» بوضع معادلات تشرح آلية عمل موجة الإلكترون، وهذه المعادلات هي التي تنتج لنا توزيع الإلكترونات حول النواة بالشكل الذي نراه في كتب العلوم في المرحلة الإعدادية. لكن معادلات «شرودنجر» لم تقدِّم أي تصور فيزيائي يجيب عن هذا التساؤل المطروح على الرغم من نجاحها الساحق في وصف ذرة الهيدروجين. وفي الوقت الذي قدّمت فيه الإجابة عن كثير من الأسئلة التي دفعت علم الكيمياء دفعة قوية للأمام، فإن محاولة الخروج منها بصورة فيزيائية رشيدة أدت إلى نتيجة عجيبة؛ إذ إن موجات «شرودنجر» كانت تشبه في سلوكها موجات البحر التي تظل تتوسع وتتفرق حتى تتلاشى، وبالتالي فإن سلوك الإلكترونات في الفضاء الحر يؤدي إلى تلاشي الكون بأكمله! وبدلًا من الإجابة عن السؤال المطروح عن طبيعة الموجة، أصبح لدينا كون يتلاشى تمامًا كموجات البحر!

أتى الشرح المناسب لهذه التساؤلات من الفيزيائي الألماني بولندي المولد «ماكس بورن»، وقد نقلت تفسيراته الجديدة نظرية الكم إلى مستوى جديد من الغرابة، ومثّلت نقطة تحول كبير في فهم الكون وفي تفنيد الفيزياء الكلاسيكية. في عام ١٩٢٦م، صرّح «بورن» بأن معادلات «شرودنجر» لا تصف موجة الإلكترون نفسه، بل تصف احتمالية وجود الإلكترون في مكان ما؛ ليعود بنا مرة أخرى إلى أن المادة تتكوَّن في الأصل من جسيمات لا موجات، وما ظننّاه موجات ما هو إلَّا إشارات إلى النقاط التي يُحتمل أن توجد فيها الجسيمات!

أتدري ما معنى أن تكون موجات «شرودنجر» ليست إلَّا احتمالات لأماكن وجود الإلكترون؟

هذا يعني أننا لا نستطيع أن نتنبَّأ بمكان الإلكترون في لحظةٍ ما إذا كنَّا على علم بمكانه وسرعته! وإذا طبقنا هذه القواعد على العالم الكبير فإن هذا يعني أننا يستحيل علينا تحديد مكان القمر في وقتٍ ما بدقة، إن كل ما يمكننا فعله هو التوصُّل إلى احتمالية وجود القمر في مكانٍ ما! وكل الفيزياء الكلاسيكية، بنظرياتها وأنظمتها المحكمة، باتت الآن في موضع اتهام بالتزييف والنقص؛ لأنها تتعارض مع مفهوم الاحتمالات العجيب.

إن الإلكترون لن يتلاشى في الفضاء الحر وفقًا لمعادلات «شرودنجر»، بل إن احتمالية وجوده تقل في كل نقطة كلَّما ازدادت المساحة الكونية التي نريد أن نحدد

موقعه فيها.. وهكذا. والآثار التي سجّلها اللوح الفوتوجرافي في تجربة الشق المزدوج لم تكُن آثار تداخل لموجات، بل كانت آثارًا لاحتمالية وجود الجسيم تتراوح بين الانعدام والضعف والقوة.

أدخل «بورن» الفيزيائيين في منعطف خطير لن ترجع الفيزياء منه أبدًا؛ وأعادهم إلى المربع صفر في طريقهم للتنبؤ بآلية عمل الكون بدقة كبيرة؛ لأن الكون نفسه لا يعمل بآلية كالتي آمنت بها الفيزياء الكلاسيكية؛ فنظرية الكم بعد تفسيرات «بورن» لمعادلات «شرودنجر» تنص على أن الكون يتطور تبعًا لقواعد رياضية دقيقة، لكن هذه القواعد لا تمكِّنك من التأكُّد من حدوث شيء معين في المستقبل، بل إنها تحدد فقط احتمالية حدوث شيء معين في المستقبل.

قبل أن يفيق الفيزيائيون من هذه الصدمة، عاجلهم الفيزيائي الشاب «فيرنر هايزنبيرج» بضربة أخرى عمَّقت الصدع الذي سبّبه «بورن»؛ فعندما كان «هايزنبيرج» يفكر في سبب مشكلة التفسيرات الجديدة التي جعلت الفيزيائي يبدو كالمُقامر الذي لا يعتمد سوى على صدفة الاحتمالات، وصل إلى فلسفة جديدة كسر بها كل قنوات الاتصال بين نظرية الكم ورؤيتها للكون وباقي الفيزياء الكلاسيكية، وخرج بقاعدة جديدة عُرفت باسم «مبدأ عدم اليقين». عندما فكّر «هايزنبيرج» في السبب الذي يمكن أن يجعله مُجبرًا على تقبُّل منطق الاحتمالات السخيف، سأل نفسه: لِمَ لا أستطيع أن أحدد موقع الإلكترون بدقة؟ إذا أردنا أن نحدد موقع أي إلكترون بدقة، لا نحتاج إلى أكثر من أن نراه، وحتى نراه يجب أن نسلِّط عليه شعاع ضوء، وهنا وجد «هايزنبيرج» المشكلة. إذا سلَّطنا ضوءًا على الإلكترون فإنه سيصطدم بالفوتونات، وبالتالي يحدث تغيُّر في سلوكه، أي أن الأداة التي استخدمناها هي نفسها التي ستضلِّلنا؛ لأننا سنصدم الإلكترون ونغيِّر سرعته بهدف تحديد موقعه؛ وهكذا وضع «هايزنبيرج» يده على مبدأ عدم اليقين الذي يقضي باستحالة تحديد موقع الإلكترون وكمية حركته بدقة في الوقت ذاته.

بدا الأمر كما لو كان «هايزنبيرج» يقضي على «مبدأ الحتمية»، ناعيًا بذلك جُل فلسفة الفيزياء الكلاسيكية التي سبقت الكم، وواضعًا نظرياتها في دائرة الخطر.

إن مبدأ الحتمية هو المبدأ الذي ينص على أن لنا القدرة المطلقة على أن نعرف المستقبل إذا عرفنا كل شيء عن الحاضر، وهو ركن أصيل من أركان الفيزياء الكلاسيكية منذ «نيوتن» إلى «آينشتين»، لكن بعد ظهور مبدأ عدم اليقين الجديد فإن الكون المنظم الذي يسهل التنبؤ بحركات مفرداته بدقة قد ينهار من أصوله، فأين الفيزيائيون الذين قامت فلسفتهم في فهم الكون على أساس أنه آلة ضخمة بدأت في العمل بانسجام منذ القدم، وإذا عرفنا أسسها وقواعد عملها تنبأنا بكل أحوالها المستقبلية بمنتهى الدقة؟ وأين صاحب النسبية؟

في البداية، لم يكُن الأمرُ سهلًا أبدًا على الفيزيائيين كلهم، سواء أكانوا من أعلام الكم أم لا؛ فقد بدت الحقيقة في منتهى السخافة. في ديسمبر عام ١٩٢٦م، كتب «آينشتين»: «إن لميكانيكا الكم منا أشد الاحترام، لكنَّ هناك صوتًا يتردد بداخلي لا يزال يلحُّ عليَّ قائلًا: إن هذه ليست هي الحقيقة. ومع أن هذه النظرية أضافت كثيرًا للعلم، فإنها لم تقرِّبنا من معرفة طريقة الرب في تصريف أمور الكون، وإنني من جهتي لست مقتنعًا بأنها تقوم على إلقاء النرد أو شيء من هذا القبيل».

يقول «ميتشيو كاكو»، في كتابه «كون آينشتين»: «وحتى شرودنجر نفسه استاء كثيرًا من هذه الفكرة، حتى إنه قال ذات مرّة إنه لو صح أن معادلاته لا تقدِّم سوى الاحتمالات فإنه نادم على صياغتها، واتفق معه آينشتين عندما قال إنه لو علم أن ثورة فيزياء الكم التي كان هو من المساهمين فيها ستُدخل مفهوم الصدفة إلى الفيزياء لفضَّل أن يتركها ويعمل إسكافيًّا أو موظَّفًا بدار للقمار»، وحتى «هايزنبيرج» يقول في كتابه «الفيزياء والفلسفة»، مُعلّقا على الاحتمالات التي زادها بنفسه عمقًا: «ما زلت أتذكر مناقشاتي مع بور لساعات طويلة من الليل، وانتهت تقريبًا باليأس، في نهاية المناقشة ذهبت بمفردي أتنزَّه في حديقة مجاورة، وقد حدَّثت نفسي بهذا السؤال مرارًا وتكرارًا: هل يمكن أن تكون الطبيعة بهذا القدر من السخافة التي تبدو لنا في التجارب الذرِّيَّة؟». ولقد افتتح «جون جريبين» بابه الأول في كتاب «البحث عن قطة شرودنجر» بعبارة مشهورة لـ«بور» قال فيها: «أي شخص لا يصاب بصدمة من نظرية الكم فإنه لم يفهمها».

هكذا كان استقبال الفيزيائيين لتطورات نظرية الكم المرعبة، ولأول مرة يجلس العلماء في مجالس العامَّة؛ فلقد كان الطبيعي في نظريات الفيزياء السابقة كلها أن يفهمها الفيزيائيون ويستعجب منها العوام وينكروها، أما في حالة ميكانيكا الكم، فإن من يفهمها هو الذي يستنكرها ويشعر بخطرها وغرابتها، فهل مضى زمنٌ كانت النظرية فيه تأسر عقول من يفهمها بجمالها واتساقها وترابطها ونتائجها المنطقية المريحة؟

حتى تدرك حدة التناقض بين نظرية الكم والفيزياء السابقة لها كلها، تخيَّل أننا نريد أن نتنبأ مثلًا بوقت خسوف القمر، كانت الفيزياء قبل الكم تقول إنه علينا أن نقوم بقياس موضع القمر وسرعته ثم نضع إطارًا رياضيًّا مبنيًّا على هذا القياس الذي يبين إحداثيات حركة القمر وكميتها، ثم نستخدم معادلات الحركة المستنبطة ونقوم بصنع تنبؤ دقيق بوقت خسوف القمر، أما إذا استبدلنا بالقمر إلكترونًا فإنني سأترك «هايزنبيرج» يشرح لك أقصى ما نستطيع الوصول إليه: «إذا كان هناك إلكترون يتحرك فإننا يمكننا أن نحدِّد عبر الملاحظة موضعه الأولي وسرعته، إلَّا أن هذا التحديد لن يكون دقيقًا؛ فهو على أقل تقدير يشتمل على أخطاء ناتجة عن مبدأ اللايقين، وربما اشتمل على أخطاء أكبر ناجمة عن صعوبة التجربة، وهذه الأخطاء هي التي تُجيز لنا استخدام دالة احتمالية تمثل الموقف التجريبي مشتملة على الأخطاء الممكنة، وهذه الأخطاء لا تمثّل خاصية للإلكترون، بل هي نقص في معرفتنا بالإلكترون ذاته، وبالتالي يتم التعبير عن هذا النقص بدالة احتمالية.. وهكذا، فإننا عند تحديد دالة احتمال من خلال الملاحظة يمكننا حساب دالة احتمال مستقبلية، ومن ثَمَّ يمكننا أن نحدد احتمالية العثور على الإلكترون عند نقطة محدّدة»، فقط احتمالية!

ليس بالأمر المقلق أن تشعر أن كلام «هايزنبيرج» غريب وطريقة شرحه صعبة الفهم؛ فكل وصف دقيق يخص آلية عمل الكون من منظور كمِّيٍّ يكون غريبًا، ولكن حتى لا يضيع المثال الماضي سُدًى، فإنه يُلخَّص في أن نظرية الكم تقول إن كل الفيزياء التي اعتمدت على مبدأ الحتمية تجاهلت أخذ خطأ الملاحظة في الاعتبار ولم تعبِّر عنه رياضيًّا كما يفعل الكم بدالة الاحتمالات، وهذا ما دفع «هايزنبيرج»

إلى أن يقول: «إن ما تفتقر إليه الفيزياء الكلاسيكية هو اللايقين الضروري الذي هو نتيجة لعلاقات لا يقينية».

عند هذه اللحظة، أصبحت الطريقة التي يعمل بها الكون تتمثَّل في ثلاثة نظم، النظام الأول هو أقربها لواقعنا وخبراتنا اليومية، وهو نظام «نيوتن» الذي وضع دستوره في «المبادئ»، وقد أسقط «آينشتين» أُسس هذا النظام، الفيزيائية والفلسفية، ولم يُبقِ منه إلَّا إطاره الرياضي المحكم الذي يناسب كل الحركات التي لا تقترب من سرعة الضوء. والنظام الثاني هو نظام تفصل بيننا وبينه سرعة الضوء الفائقة، وهو نظام بُني أساسًا على أنقاض نظام «نيوتن». أما النظام الثالث فهو النظام الذي تنصاع له الطبيعة على المستوى المجهري الدقيق الذي يفصل بيننا وبينه ثابت «بلانك»، وهو يبيِّن أن هذا العالم الصغير تحكمه علاقات غاية في الغرابة.

هكذا يكون لدى العلماء النسبية التي تقوم على مبدأ الحتمية كامتداد للفيزياء الكلاسيكية وإيمانها في القدرة على التنبؤ بكل ما سيكون بدقة كبيرة إذا وضعنا إطارًا لطريقة عمل الكون، ولديهم أيضًا نظرية الكم التي تعتمد على مبدأ عدم اليقين وتقضي بأننا يمكن أن نضع إطارًا لطريقة عمل الكون تحكمه معادلات الاحتمالات، ومنه يمكننا أن نتنبأ باحتمال حدوث شيءٍ ما في المستقبل. وعادت الفيزياء للانقسام مرة أخرى إلى نظامين متضادّين، لكن هذه المرة الاختلاف متطور بتطور شقيه؛ حيث يدور الاختلاف حول آلية عمل الكون نفسها وليس فقط حول طريقة التعبير عنها.. وانقسم الفيزيائيون إلى فريقين: الفريق الأول يتزعمه «آينشتين»، وهو يمثل الامتداد الطبيعي والطموح للفيزياء الكلاسيكية، وشعاره «إن اللـه لا يلعب النرد». والفريق الثاني يتزعمه «بور»، وهو يمثل تفسيرات الكم العجيبة التي تسمى أكاديميًّا «تفسيرات كوبنهاجن»، والتي تُعدُّ ثورة على الفيزياء الكلاسيكية، وشعاره «لا تُملِ تعاليمك على الرب».

في حين كان الفريق الثاني يتمادى أكثر في تطوير نظرية الكم وينتقل بها من نجاح إلى نجاح، ظلَّ الفريق الأول الذي انضمّ له «شرودنجر» و«دي برويل» يشكك في فلسفتها، مؤكِّدًا أن هناك شيئًا ما ينقص هذه النظرية، وهو السبب في نتائجها الغريبة.

دارت المناوشات الأولى في هذه المعركة المرتقبة حول مبدأ اللايقين الذي وضعه «هايزنبيرج»؛ حيث أكد الفريق الأول أنه يمكننا دائمًا القول إن للإلكترون موقعًا وسرعة محدَّدين بمنتهى الدقَّة وإن التقييد الذي وضعه «هايزنبيرج» على قدرتنا في هذه المهمَّة ليس صحيحًا ولا منطقيًّا. في الوقت نفسه، وقبل أن يردَّ الفريق الثاني، كانت التجارب بلا استثناء تؤيِّد رؤية نظرية الكم الجديدة وفقًا لمبدأ اللايقين وتدحض اتهامات الفريق الأول كلها. فالحقيقة تخبرنا أنك إذا أمسكت إلكترونًا ووضعته في صندوق ثم بدأت في الضغط على جدرانه لتحدِّد موقع الإلكترون بدقَّة أكثر، فإنك ستُفاجأ بأن الإلكترون تصيبه نوبة ذعر غريبة ويصبح أكثر هيجانًا داخل الصندوق ويتحرَّك بسرعة مصطدمًا بجدرانه، وسيزداد الإلكترون جنونًا في حركته كلَّما تقلَّص حجم الصندوق أكثر، وبالتالي يصعب جدًّا تحديد موقعه وسرعته. أظهرت التجارب هذه الحقيقة الغريبة التي توحي بأن الطبيعة لا تسمح لمكوناتها أن تُحاصَر، ولو أن ثابت «بلانك» كان كبيرًا، فإن الأشياء العادية في

حياتنا اليومية كانت ستخضع للحقيقة المربكة نفسها، أي أنك إذا وضعت قطعة ثلج في كأس فإنها ستتحرك تمامًا كهذا الإلكترون المذعور.

هذه هي قواعد عالم الكم، قواعد قادرة على أن تحوِّل كوننا إلى وعاء يحوي كمية غير معقولة من الحركات العشوائية غير المتوقعة!

بينما كان كل فريق يجهِّز أسلحته للانتصار لمذهبه، عاجلهم ناقوس المعركة يدوِّي من بروكسل، واستعدت نخبة الفيزيائيين للذهاب إلى مؤتمر سولفاي الذي أتى في موعده تمامًا ليتيح للفريقين حرية المبارزة أمام معشر الفيزيائيين. ضمَّ المؤتمرُ أعظمَ علماء الفيزياء في القرن الماضي، وأمام هذه الكوكبة بدأ «آينشتين» في الهجوم.

ظلَّ «آينشتين» يطعن في تفسير كوبنهاجن بشدة و«بور» يحاول الدفاع على الرغم من عنف الأول، إلى أن تجلَّت في ذهن «آينشتين» تجربة علم أنها ستصيب مبدأ عدم اليقين في مقتل. تخيَّل لو أن لدينا صندوقًا به إشعاع، وهذا الصندوق به فتحة صغيرة جدًّا بحجم الفوتون، نتحكَّم نحن في فتحها وغلقها، ويمكننا أن نفتحها بحيث ينطلق فوتون واحد منها.. عند هذه اللحظة، نحن نعلم بدقة وقت خروج الفوتون، وإذا قمنا بوزن الصندوق بعد ذلك سنجد أن وزن الصندوق قد قلَّ بقيمة الفوتون، ومن خلال مبدأ التكافؤ بين الكتلة والطاقة نستطيع أن نحدِّد بدقَّة كمية الطاقة التي يحتوي عليها الصندوق، وبالتالي كمية الطاقة الخاصة بالفوتون.. وهكذا نكون قد حدَّدنا بدقة موقع الإلكترون وكمية حركته.

ضرب «آينشتين» هذه التجربة في قلب «بور»، ملتقطًا أنفاسه وكأنها آخر رصاصة في خزانته وقد أصابت غريمه؛ ليسكت «بور» ناظرًا في أعين الحضور في حيرة ولجاجة، وهو الفيزيائي الذي لا يملك ما يملكه «آينشتين» من مهارة في الإلقاء والشرح، فلم يجد بُدًّا غير الصمت الذي ظهر على أنه استسلام، وسأدع أحد الحضور يحكي لك بنفسه ما حدث بعد ذلك. يقول الفيزيائي «بول إيرنفست»: «كانت هذه ضربة قاضية لبور الذي استغلق عليه الكلام ولم يجد ما يرد به على آينشتين، فظلَّ تعيسًا طول الأمسية وأخذ يحاول إقناع جميع الحضور، كلٌّ على حدة، بأن ما يقوله آينشتين لا يمكن أن يكون صحيحًا؛ لأنه لو صح لكانت هذه نهاية الفيزياء. لن أنسى ما حييت مشهد هذين الخصمين وهما يغادران نادي الجامعة؛ فآينشتين يتبختر في خيلاء وعلى ثغره ابتسامة ساخرة، وبور يمشي بجانبه متعثِّرًا وهو في قمة الإحباط».

مثَّل هذا اليوم انتصارًا مدوًّيا لـ«آينشتين» وفريقه، لكن هذا الانتصار لم يدُم طويلًا، ولم يكُن سوى جولة سرقها «آينشتين» بغير وجه حق. في اليوم التالي، وبعدما أفاق «بور» من ضربة الأمس القوية، استطاع أن يصل إلى خلل أصيل في مثال «آينشتين»، وهذا الخلل ينبع من نسبية «آينشتين» نفسه!

رأى «بور» أنه إذا نقص وزن الصندوق بعد خروج الفوتون، فإنه سيرتفع ارتفاعًا طفيفًا بسبب انخفاض أثر الجاذبية على الصندوق، وانخفاض أثر الجاذبية على الصندوق سيؤدي إلى تسريع الزمن وفقًا للنسبية العامة، وهكذا يصبح لدينا عدم يقين في تحديد الموقع وفي تحديد وقت خروج الفوتون، وعدم يقين في تحديد وزن

الصندوق، وبالتالي عدم يقين في تحديد الطاقة وكمية الحركة؛ وهكذا يخيِّم اللايقين على التجربة كلها.

حوَّل «بور» هزيمته الكاذبة إلى انتصار عظيم ردَّ إلى فريقه تفوقَه مرة أخرى على الفريق الأول الذي عاد إلى المربع صفر مرة أخرى وأخذ يحاول تفنيد تفسير كوبنهاجن من جديد، ولقد وصف الفيزيائي «جون ويلر» سجال هذه الفترة قائلًا إنه أعظم جدال علمي في تاريخ العلم بأسره. وانخفضت حدّة المعركة قليلًا؛ حيث انشغل أصحاب «الكم» بتطويرها وإثبات تفسيراتها تجريبيًّا، وانشغل الفريق الأول بإيجاد ضربة جديدة لمبدأ عدم اليقين، وفجأة كسر هذا الهدوء أحد أعلام الفريق الأول وحاول أن يبيِّن غرابة منطق عدم اليقين ومخالفته كل القواعد من خلال مثالٍ أصبح فيما بعد أحد أشهر الأمثلة العلمية في التاريخ: «قطة شرودنجر».

كان «شرودنجر» من زعماء الفريق الأول، وكان يشعر بألم مضاعف؛ لأن اسمه مرتبط بهذا التطور الذي قاد نظرية الكم إلى الاحتمالات وعدم اليقين؛ ففي النهاية هذه التفسيرات الجديدة كلها نتجت أصلًا عن معادلاته، ولقد كتب ذات مرة عن مبدأ عدم اليقين: «إنني أكرهه، وإنني آسف لأن اسمي ارتبط به بشكل أو بآخر».

تخيَّل «شرودنجر» صندوقًا مغلقًا بداخله قطة ومعها زجاجة تحتوي على غاز سام، وبجوار الزجاجة مطرقة متصلة بعداد «جايجر» المتصل بكمية من اليورانيوم المشع، وهذه العملية مرتبة بحيث إذا اضمحل اليورانيوم يتأثَّر عداد «جايجر» محركًا المطرقة التي ستكسر الزجاجة ليتحرر الغاز السام وتموت القطة.. ولمَّا كانت عملية اضمحلال اليورانيوم هي عملية كمِّية تخضع لعالم الكم الاحتمالي بقواعده الجديدة، لذا فإنّه يُحتمل أن يضمحل اليورانيوم بنسبة ٥٠٪ بعد مدَّة معينة، فهذا يعني، نظريًّا، أن ذرّة اليورانيوم بعد هذه المدّة توجد في احتمالين معًا، فهي في حالة الاضمحلال وفي حالتها العادية معًا في الوقت ذاته؛ وهنا تظهر المشكلة؛ إذ يعني ذلك بالضرورة أن القطة هي الأخرى توجد في حالة الحياة وفي حالة الموت معًا! فهل القطة حية أم ميتة؟

هكذا أراد «شرودنجر» أن يعصر عقول الفيزيائيين، مبينًا أن نظرية الكم تخالف الحقيقة المألوفة بدرجة لا تحتمل التوافق أبدًا، لكن العجيب أن نظرية الكم أجابت عن مسألة القطة إجابة زادتها غرابة وبُعدًا عن المألوف ووسَّعت الفجوة بينها وبين الفيزياء الكلاسيكية وعمَّقت آلام «شرودنجر». ففي وجهة نظر الكم، توجد داخل الصندوق موجات احتمالية تمثل القطة وهي حية، وموجات احتمالية تمثل القطة وهي ميتة في الوقت ذاته، وعندما نفتح الصندوق لنرى القطة بأنفسنا، فإن عملية القياس هذه تستبعد الوظائف الموجية غير الضرورية وتبقى على الوظيفة الموجية الوحيدة الضرورية، ونحدد حال القطة، أي أن عملية الملاحظة نفسها هي التي حدَّدت حالة القطة من خلال اختصار الوظائف الموجية في وظيفة واحدة!

وإذا كان نظام الكم هو النظام الحاكم للكون، فإن هذا يعني أن القمر الذي تستمتع بمشاهدته في السماء ليلًا، يصبح في كل رقعة في سمائك بمجرد أن تحرِّك عينيك عنه، ولا يثبت في مكانه إلَّا عندما تنظر إليه!

هكذا عمد «شرودنجر» إلى طعن تفسيرات الكم المزعجة فزادها إزعاجًا من دون أن يقدِّم ما يسقطها، خاصَّةً أن وراء هذا الكلام الفلسفي تجاربَ تؤيِّد «الكم» وتقوِّيها

يومًا بعد يوم، الأمر الذي جعل محاولات تفنيد تفسيرات الكم الفلسفية بفلسفة أخرى مجرد تأكيد لغرابتها. ازداد موقف الفريق الأول صعوبة وأصبحت تفسيرات الكم كابوسًا مرعبًا إذا كانت هي فعلًا الحاكمة لنظام الكون. يقول «ميتشيو كاكو»: «هزَّ هذا اللغز آينشتين حتى الأعماق، فقد أخذ يسأل نفسه أولًا: إذا كنا نوجد قبل عملية القياس كجزء من الكون، فإننا إذًا لا نستطيع أن نقطع يقينًا: هل نحن أحياء أم أموات؟ وهل كانت الديناصورات حية؟ وهل فنيت الأرض من مليارات السنين؟ ففي ظل هذه النظرية يغدو كل شيء ممكنًا ما دامت عملية القياس لم تُجرَ بعدُ. ثانيًا: تعني هذه النظرية أن عملية الملاحظة هي التي توجِد الواقع، ومن هنا نجد لدينا حلًّا جيدًا للسؤال الفلسفي القديم: هل تسقط الشجرة إن لم يلحظها أحد؟ إذا أجاب أحد مُعتنقي مذهب نيوتن عن هذا السؤال لقال إن سقوط الشجرة ليس مرتبطًا بملاحظتها، لكن أحد أتباع مدرسة كوبنهاجن قد يردُّ عليه قائلًا: إن الشجرة توجد في جميع الحالات الممكنة: ساقطة، منتصبة، صغيرة، هرمة، محترقة، متعفنة... إلخ، إلى أن تتم عملية القياس عليها، وعندها فقط سوف تبرز فجأة إلى الوجود، وبهذا تكون نظرية الكم قد أجابت إجابة غير متوقعة على الإطلاق عن هذا السؤال بأن قالت: إن ملاحظة الشجرة هي ما تحدد حالتها إذا كانت ساقطة أم لا».

إلى حدٍّ كبيرٍ، خيَّم الاستسلام على «آينشتين» وزملائه، لا سيَّما أن التجارب كلها ضدهم، والمعامل تصرخ في وجوههم وتؤكد غرابة «الكم»؛ فالتجارب ليست لديها مشكلة إذا كان الكون فعلًا تحكمه هذه العشوائية الكمّية والغرابة وكذلك أرباب مدرسة كوبنهاجن، وبدأ لواء الفريق الأول يختفي أمام هذا التيار التجريبي، حتى قال «آينشتين»: «لقد بتُّ الآن مقتنعًا بأن هذه النظرية شيء من الحقيقة». لكن «آينشتين» لا يستسلم بذلك للإيمان بأن آلية عمل الكون تخضع للاحتمالات وعدم اليقين، بل هو مستسلم فقط لنجاح النظرية وتطورها، وهو مع ذلك يعاني حربًا في داخله عنوانها «هل يوجد القمر فقط لأن فأرًا ينظر إليه؟». أيُعقل أن يكون الكون يعمل بهذه الطريقة؟ «لقد بذلت في نظرية الكم جهدًا ذهنيًّا يفوق الجهد الذي بذلته في النسبية العامة مئات المرات»؛ هكذا يصف «آينشتين» معاناته وهو في ذلك ينوب عن غيره من علماء فريقه أيضًا.

بينما كان الكساد الكبير يجتاح أوروبا، كانت عقول «آينشتين» وزملائه تُستنزَف تحت وطأة نظرية الكم، والانقسام يزداد حدة، والجوائز تنهال على نجاحات نظرية الكم وكل من يشتغل بها، وأصبحت تتطوَّر بشكل يومي، حتى قال «آينشتين» نفسه: «إن ميكانيكا الكم هي أكثر النظريات نجاحًا في عصرنا هذا».

في منتصف الثلاثينات، وبمساعدة «بوريس بودولوسكي» و«ناثان روزن»، وصل «آينشتين»، بعد تفكير عميق، إلى حجَّة جديدة قد تضع حدًّا لتفسيرات كوبنهاجن، وشرح هذه الحجة في التجربة التي باتت تُعرف باسم تجربة «ERR». تقوم التجربة على افتراض أن هناك ذرَّةً ما أطلقت إلكترونين ذهب كلٌّ منهما في اتجاه مضاد للآخر، وكان كل منهما يدور في اتجاه ضد الآخر، فلو كان الأول يدور في اتجاه عقارب الساعة، فإن الآخر يدور عكسها. بعد انطلاق الإلكترونين وتباعُد المسافات بينهما، افترض «آينشتين» أننا استطعنا التوصُّل إلى تحديد اتجاه دوران أحدهما، وقال: إننا في لحظتها نكون قد حددنا اتجاه دوران الإلكترون الثاني الذي قد يكون في الطرف الآخر من الكون! وبالتالي فإن تفسيرات الكم تُخبرنا أننا من خلال

عملية ملاحظة الإلكترون الأول اختصرنا وظائفه الموجية الخاصة بدورانه في الاتجاهين إلى وظيفة واحدة ضرورية حدَّدت لنا بالفعل اتجاهًا واحدًا للدوران، وبالتالي فإننا بالضرورة قد حددنا الوظائف الموجية للإلكترون الثاني في اتجاه دوران معين عكس اتجاه دوران الأول، أي أن عملية قياس في طرف الكون قد حدَّدت بشكل فوري شيئًا آخر يحدث في الطرف الأقصى لنا من الكون! فهل الكون متصل هذا الاتصال الغريب الذي يتعارض تمامًا مع ركن النسبية الخاصة الذي يقضي بأنّه لا يمكن أن تتعدَّى سرعة أي مؤثر سرعة الضوء، هل نعود قرنين من الزمان ونقول إن هناك قوى كونية لها تأثير فوري؟

أثارت هذه التجربةُ المعركةَ مرة أخرى بعد أن ظنَّ الناس أن نيرانها قد خمدت، خاصَّةً أن هذه التجربة لم يفصلها وقت طويل عن مسألة القطة. عندما نُشرت التجربة فرح بها فريق «آينشتين» كله، حتى كتب له «شرودنجر»: «لقد سعدتُ كثيرًا عندما علمتُ أنَّك، في ذلك البحث، وجَّهت ضربة قوية لميكانيكا الكم».

على النقيض تمامًا، كان «بور» يستعدُّ للردِّ على هذه الحجة الجديدة والدفاع عن تعاليم كوبنهاجن، والحقيقة أن «بور» اضطر، خلال مرافعته، إلى أن يصدم فريق «آينشتين» أكثر ويؤكد أن نظرية الكم فعلًا ترى الكون كيانًا متصلًا بهذه الكيفية العجيبة التي ربطت بين أطراف الكون في لحظةٍ ما، الأمر الذي زاد النظرية جنونًا وسط ذهول من أصحاب «ERR»، ظل «آينشتين» يعارض فكرة الارتباط العجيبة هذه ويستبدل بها أن الإلكترونين كانا متضادين من البداية، وبالتالي فإننا إذا حددنا اتجاه دوران الأول نعرف في اللحظة نفسها اتجاه دوران الإلكترون الآخر. تمامًا كمثل أمٍّ دخلت غرفة ولدها الذي سافر لتوِّه فوجدت قفازه الأيمن على الأرض، فهي تعلم لحظتها بالضرورة أن ابنها أخذ اليُسرى فقط.

وعلى الرغم من أن هذا المثال الأخير قد يزيل التعارض قليلًا، لكنّ الأمر أشبه بالتزوير بعض الشيء؛ لأن إمعان النظر قليلًا في مثال «آينشتين» يبيِّن أنه كان يعني بالتحديد أثر عملية القياس للإلكترون الأول على تحديد اتجاه دوران الإلكترون الثاني، وظلَّ «بور» ومعسكر الكميين متمسكين بمعادلاتهم التي تقضي بأن الإلكترون الثاني كان يدور في الاتجاهين في الوقت ذاته، والذي جعله يدور في اتجاه واحد هو عملية القياس التي جرت على الإلكترون الأول. على كلٍّ، فإن هذه المناقشات تركت متاهات ودلالات فلسفية عميقة استمرّت تدور في أذهان العلماء وقلَّ من يدرك مؤدَّاها.. وعلى كلٍّ، فإن هذا الجدال الطويل حُسم في الستينات لمصلحة ميكانيكا الكم!

وكالعادة، ازدادت غرابة بسبب حجج المعارضين، ولم تسقط ولم يهتز كيانها أبدًا بسبب نجاحها المعملي الذي لا نظير له في تاريخ الفيزياء، وكأن نظرية الكم تشبه بطل الفيلم الذي يغمره أعداؤه بوابل من الرصاص لكنَّه مع ذلك يخرج من بينهم حيًّا ويكمل مسيرته، وهكذا تحققت مقولة «آينشتين» الشهيرة التي قالها منذ عقدين تقريبًا: «كلَّما زادت نظرية الكم نجاحًا، ازدادت لا منطقية». وأصبحت فيزياء العالم المجهري تختلف تمامًا عن فيزياء الكون الفسيح بنسيجه وأجرامه، وكلٌّ من العالمين يخضع لقوانين مختلفة تمامًا ومتعارضة مع بعضها، فكيف يمكن لقوانين الكون أن تتعارض مع قوانين بنية مواده؟ إنه التعارض الكبير بين نسيج الكون ومادته، وهذا التعارض جعل العلماء يستخدمون النسبية في كل ما يخص فيزياء

الكون الكبير، ويستخدمون الكم في كل ما يخص فيزياء العالم المجهري الصغير، واختلاف نطاق الاستخدام بهذه الطريقة جعل بعض العلماء ينامون قريري العين بضميرٍ صافٍ، في حين جعل بعضهم لا ينام لعلمه أن الكون بهذه الطريقة يخضع لإطارين من القوانين والمفاهيم يناقض أحدهما الآخر، ثم عمَّ هذا الأرقُ جُلَّ الفيزيائيين عندما درسوا أُطُرًا جديدة تحتاج إلى تطبيق النظريتين معًا، مثل النقاط المركزية في الثقوب السوداء، وأحوال الكون لحظة الانفجار العظيم؛ فعالم الثقوب السوداء والانفجار العظيم عالم به كتلة ضخمة جدًّا جدًّا في حجم صغيرٍ جدًّا جدًّا، وكلاهما يمثل نقطة تربط بين عالم الكم الصغير وعالم النسبية الكبير. على هذا الأساس، بدأ «آينشتين» يتجه إلى اتجاه جديد هو احتواء نظرية الكم في نظرية النسبية للوصول إلى طريقة عمل واحدة منسجمة للكون، ليواجه بذلك ألغازًا سبق أن واجهها منذ عشرين سنة تقريبًا.

كان «آينشتين»، بعد أن انتهى من النسبية العامة وقبل أن تبدأ معركة الكم هذه، يطمع في أن يضع نظرية جديدة أعمّ، تجمع بين النسبية العامة ونظرية «ماكسويل» في الكهرومغناطيسية.. وفي الحقيقة، لم يكن «آينشتين» هو أول من يصيبه هذا الطمع؛ فقد سبقه في ذلك «فاراداي»، لكنَّ أفكاره كانت مجرد كتابة على شاطئ نسختها أمواج الزمان، وسبق «آينشتين» أيضًا في هذا المسعى «رايمان»، الذي كان مؤمنًا بأنه من الممكن اختزال الكهرباء والجاذبية في صيغ هندسية خالصة.

في مطلع العشرينات، قدَّم رياضي غير معروف يُدعى «ثيودور كالوزا» بحثًا اقترح فيه إضافة بُعد خامس إلى أبعاد الزمكان الأربعة، موضحًا بذلك أن معادلات «ماكسويل» يمكن أن تكون مجرد موجات تتحرك في البعد الخامس، ثم أضاف الرياضي «أوسكار كلاين» تفسيرًا لنظرية «كالوزا» مفاده أن هذا البعد الخامس غير قابل للملاحظة؛ لأنه صغير جدًّا ويرتبط بنظرية الكم. ظلَّت هذه المحاولات تلهم «آينشتين» أحيانًا ببعض الأفكار التي يُعجَب بها، وأحيانًا أخرى تقدِّم أفكارا يرفضها من أساسها، المهم أنه لم يهتدِ وقتئذٍ إلى الطريقة التي يمكن أن يضع بها نظريته الجديدة التي أرادها، وختم هذه المحاولات الفيزيائي «فولفانج باولي» بقوله: «إن ما فرَّقه الرب لا يجمعه إنسان» (كانت أبحاث «كالوزا ـ كلاين» غاية في الجرأة والخوض في غير المألوف، وسنعود لذكرها مرة أخرى في سطور مقبلة).

وبعد اشتعال معركة الكم، وعندما توجه «آينشتين» أخيرًا إلى الاستسلام وقرَّر أن يحاول دمج نظرية الكم الجامحة في نظرية النسبية العامة، فإنه وجد نفسه في المربع نفسه مرة أخرى، لكن وضعه أصعب بكثير من ذي قبل. إن الغريم الأول لـ«آينشتين» هذه المرة هو مبدأ عدم اليقين، ولأنه يئس من القضاء عليه فإنه أصبح يهدف إلى تهذيبه فقط، من خلال دراسة جديدة تبدو فيها الجسيمات الكمِّيَّة نتائج طبيعية للنسبية، وبالتالي الهرب بعالم الكم من شبحَي الصدفة والاحتمالات.. فهل هذه المهمة ممكنة في ظل وجود كابوس عدم اليقين؟

إذا طبَّقنا مبدأ عدم اليقين على اضطرابات موجات في مجالٍ ما، فإنه سيعني خضوع سعة الموجة والسرعة التي تتغيَّر بها إلى العلاقة نفسها التي خضع لها الإلكترون بخصوص موقعه وسرعته، أي أننا كلما حدَّدنا السعة بصورةٍ أكثر دقة أصبح علمُنا بالسرعة التي تتغيَّر بها أقل دقَّة.. وهكذا. وإذا قلنا إن منطقةً ما خاليةٌ

في الفضاء فهذا يعني أنه لا توجد موجات تعبر من خلالها، وإن لكل المجالات فيها قيمة مساوية للصفر، أي أن سعة كل الموجات التي تعبر هذه المنطقة مساوية للصفر بالضبط، وإذا عرفنا بالضبط قيمة السعة فإنه وفقًا لمبدأ عدم اليقين يكون معدَّل تغير السعة غير محدد، ويمكن أن يكون له أي قيمة، وإذا كانت السعة تتغيَّر فعلًا فهذا يعني أنها في أي لحظةٍ لن تكون مساوية للصفر، (حتى لو كان المجال في المتوسط مساويًا للصفر فإن هذا بسبب وجود سعة موجبة في بعض الأماكن وسالبة في أماكن أخرى، الأمر الذي يجعل محصلة الطاقة أيضًا في المتوسط لا تتغيَّر)، ويعني مبدأ عدم اليقين أن طاقة هذا المجال ستتأرجح صعودًا وهبوطًا، ويزداد هذا التأرجح كلما اختبرنا مساحة أصغر في زمن أقل.

يقودنا مبدأ عدم اليقين إلى حقيقة أن هناك عمليات مضطربة وعشوائية تُستبدل فيها الطاقات بصورة متأرجحة وغريبة، ولما كانت الطاقة هي عُملة قابلة للتحويل بنص معادلة «آينشتين» الشهيرة التي ربطتها بالكتلة، فإن تأرجح الطاقة يعني أنه في لحظة ما قد تخرج جسيمات إلى الوجود، حتى لو كان هذا المكان فارغًا! ووفقًا لهذا التأرجح، فإن هذه الجسيمات تعود بسرعة مرة أخرى إلى طاقة، وهكذا.

باختصار شديد، فإن عالم هندسة الزمكان يبدو أملسَ كالرخام؛ لأننا ننظر إليه من بُعد، أما إذا تفحَّصناه أكثر فأكثر فإنه يظهر بصورة عشوائية تتمثل في نشوء جسيمات ثم تلاشيها، ثم نشوء ثم تلاشٍ، ثم نشوء ثم تلاشٍ، لتعطي لنا في النهاية سطح قطعة الخشب الخشن.

رأى «آينشتين» أن عمليةَ دمج نظرية الكم في النسبية لن تتم إلَّا من خلال دمج عالم هندسة الزمكان بنسيجه الأملس، الذي شبَّهه بالرخام، مع عالم المادة الفوضوي العشوائي الذي شبَّهه بالخشب، واضعًا يده على أصل المشكلة، وهو أن هذا الخشب الخشن هو الذي يمثِّل بنية الرخام؛ بمعنى أن عالم المادة هو الذي يحدِّد مقدار انحناء الزمكان، وبالتالي فإن الهدف هو دمج هذا الخشب في الرخام الأملس من خلال التعبير عنه بالرخام الأملس والخروج بنظرية كلية.

بينما كان عقل «آينشتين» يشهد هذا الصراع، كان العالم يشهد صراعًا آخر، ليضيِّع على «آينشتين» وغيره فرصة الوصول إلى نظرية جديدة مثل هذه. بعدما وصل النازيون للحكم أقنع «هتلر» الجمهور الألماني، باستغلال جمعية المحاربين القدامى، بأن ألمانيا لا بُدَّ أن تحارب لتوحِّد عرقها وتسترد ما أُخذ منها في أعقاب الحرب الأولى ببنود معاهدة فرساي المُجحِفة، وبدأت ألمانيا الهجوم على بولندا فعلًا واشتعلت الحرب في أوروبا عام ١٩٣٩م لتُعيد أوروبا حماقاتها ولكن بشكل أكثر حيوانية هذه المرة. المهم أن صعود الحزب النازي قد عطَّل تطور الفيزياء في ألمانيا التي كانت تمثِّل نصف الفيزياء تقريبًا بعلمائها؛ حيث توجَّه الحزب الصاعد إلى مُحاربة كل مَن له علاقة بأي دماء يهودية، فطلبوا «آينشتين» للإعدام، الأمر الذي أدَّى إلى هروبه من ألمانيا، واعتدوا على «شرودنجر» بالضرب على الرغم من أنه لم يكُن يهوديًّا، وخلال الحرب نفسها وبعد احتلال الدنمارك، أخذوا يبحثون عن «بور» الذي يحمِل دماء يهودية! فكان تمكُّن الحزب النازي وبالًا على حركة الفيزياء في أوروبا كلِّها وفي ألمانيا بصفة خاصة.

بعد انتهاء الحرب عام ١٩٤٥م، عاد «آينشتين» إلى مُحاولاته التي باءت كلها بالفشل؛ فقد كانت كل الأفكار التي يمكن أن تُعين «آينشتين» على استكمال طريقه

غير معروفة بعدَ ولم تكتشف. وبدأ الوسط العلمي يشعر أن «آينشتين» منعزل عن التطور الذي تشهده فيزياء الكم ويعايش حالة نكوص غريبة إلى الماضي؛ وقد قال «آينشتين»: «لا بُدَّ أنني أبدو كالنعامة أدفن رأسي في النسبية حتى لا أواجه شرور الكم». ظلَّ «آينشتين» على هذه الحالة إلى أن تدهورت حالته الصحية وشعر أنه على وشك المغادرة فكتب: «إن إطالة الحياة بطرق صناعية أمرٌ مملٌّ، إنني قد أديت دوري في هذه الحياة، وآن أوان الرحيل، وخيرٌ لي أن أرحل بهدوء». توفي «آينشتين» في أبريل عام ١٩٥٥م بانفجار مخِّي!

عندما كان «آينشتين» منشغلًا بفكرة التوحيد، كانت نظرية الكم تتطوَّر كعادتها وتزداد جموحًا، وكان الفيزيائيون يحاولون السيطرة على تطوراتها السريعة من خلال وضع صيغة رياضية جديدة تكون أكثر ملاءمةً لها، وخلال الأربعينات وفي ظل تكاثف الأبحاث، توصَّل الفيزيائيون إلى أن معادلة «شرودنجر» تفقد قدرًا كبيرًا من كفاءتها كلَّما تعمَّقنا أكثر في عالم الكم، وكان السبب في ذلك هو أن «شرودنجر» تجاهل النسبية الخاصة تمامًا في معادلته (في الحقيقة لم يتعمَّد «شرودنجر» في البداية تجاهل النسبية الخاصة، لكنَّه أُجبَر على ذلك بسبب غرابة نتائج دمجها في معادلته).

إن الضمان الوحيد لقابلية تحوُّل المادة إلى طاقة، والعكس، هو النسبية الخاصة، وهذا بالضبط ما احتاج إليه الفيزيائيون حتى يسيطروا على غرابة الكم التي تبيِّن أن الطاقة لا بُدَّ أن تتَّخذ أشكالًا مختلفة. من هذه النقطة، توجَّه حشدٌ من الفيزيائيين إلى دمج النسبية الخاصة في نظرية الكم، وهم بذلك استهدفوا هدف «آينشتين» نفسه ولكن بشكل مرحلي ومن طريق معاكس.

توصَّل الفيزيائيون بالفعل إلى «النظرية الكمِّيَّة للكهربية الديناميكية»، التي تقوم على أساس دمج النسبية الخاصة بالكهرومغناطيسية «الماكسويلية» مع الاحتمالات وعدم اليقين. وحققت هذه النظرية نجاحًا مذهلًا وتنبؤات غاية في الدقة، حتى شعر الفيزيائيون أنها أدق ما توصلوا إليه منذ بداية علم الفيزياء. هكذا بدا الطريق إلى آلية عمل واحدة للكون أسهل بقليل من ذي قبل، وقد انطلق العلماء في توحيد القوى النووية القوية والضعيفة في نظرية الكم، ونجحوا في وضع نظرية مجال كمِّيَّة للقوى النووية القوية والضعيفة، ولم يبقَ أمامهم من القوى الكونية إلَّا الجاذبية التي ما زالت تعزف منفردة بعيدًا عن هذه الأوركسترا. إن آخر نظرية للجاذبية هي النسبية العامة، أي أن العلماء عليهم أن يحاولوا التوفيق بينها وبين نظرية الكم المتطورة حتى يدمجوا الجاذبية في إطار واحد مع باقي القوى. فهل ينجح الفيزيائيون في وضع مجال كمِّيٍّ لقوى الجاذبية؟

∞ ∞ ∞ ∞ ∞

الفصل العاشر

معاهدة السلام الكبرى

(نظرية الأوتار)

«وهكذا أصبحت نظرية الأوتار ثورة في فكرتها وبنائها وتصوُّراتها وتوحيدها لفيزياء القرن العشرين تحت لوائها، وكذلك ثورة في غرابتها؛ فها هي تبني كونًا جديدًا ذا عشرة أبعاد».

تخيَّل لو أن لديك معادلة واحدة يحتكم إليها الكون في تصرفاته كلها!

هناك علم عجيب يعتمد على قاعدة متينة من الرياضيات اسمه علم التشفير، هذا العلم له مهمة واحدة، هي الإجابة عن السؤال التالي: كيف أرسل رسالة إلى شخص ما ثم يعترضها شخصٌ آخر ويحاول أن يحصل على محتواها فلا يستطيع حتى لو قرأ الرسالة كلها؟ ولعبة التشفير هذه تزدهر في أوقات الحروب، وطبعًا في ظل التطور التكنولوجي الذي باعد بين المتراسلين.

لمدة طويلة جدًّا، ظن البشر أنهم وحدهم هم مَن يستخدمون علم التشفير، ولكن في كل لحظة وفي كل عصر من العصور، وقبل أن نبتدع هذا العلم المظلم، كان علم التشفير يُمارَس حولنا في كل مكان، بل كان يمارَس علينا! إننا نظرنا إلى السماء منذ زمن طويل، ورأينا تصرفات الكون بكل مفرداته، لكنَّنا لم نفهمه فهمًا كاملًا، وكل يوم نبيت ونصبح وأمامنا هذا النص الكوني المشفَّر، فتتبَّعنا حركاته وتقصَّينا إشاراته وقطعنا طريقًا طويلًا محقِّقين نجاحًا لا بأس به في محاولة فهمه؛ فقد شهدت الفيزياء، منذ «ماكسويل» وإلى النصف الثاني من القرن العشرين، تطورًا كبيرًا في تحقيق هذا الفهم والوصول إلى مفتاح فك الشفرة.. ولكن مهلًا، إذا كان الكون نفسه وتصرفاته هو النص المشفَّر، فماذا يكون مفتاح فك الشفرة؟

إن المفتاح هو المعادلة التي تصف كل شيء!

إن الفيزياء قد أثبتت أن الكون يحتكم في كل تصرفاته إلى أربع قوى تم اكتشافها في ثلاثة قرون مختلفة: الجاذبية التي تم اكتشافها في القرن السابع عشر، والكهرومغناطيسية التي تم اكتشافها في القرن التاسع عشر، والقوى النووية القوية والقوى النووية الضعيفة اللتان تم اكتشافهما في القرن العشرين. فأمَّا الجاذبية فقد فشل أول من لفت الأنظار إليها في توصيفها توصيفًا صحيحًا، ونجح في ذلك صاحب النسبية، وأما الكهرومغناطيسية فقد وضع لها «ماكسويل» إطارًا رياضيًّا محكمًا، وأما القوتان النوويتان فقد أحرز الفيزيائيون في فهمهما نجاحًا ساحقًا في القرن العشرين، وأصبح لدينا أربع قوى ولدينا معادلات تصف لنا كيفية عملها؛ فهل كان هذا كافيًا حتى نصل إلى مفتاح فك الشفرة؟ بالطبع لا.. إن السبيل الوحيد إلى هذا المفتاح هو توحيد هذه القوى تحت مظلة رياضية واحدة في نظرية واحدة، عندها فقط نكون قد حصلنا على مفتاح فك الشفرة.

انتهينا في سردنا التاريخي إلى أن الفيزيائيين طوَّروا نظرية واحدة شملت الكهرومغناطيسية والقوتين النوويتين، أي أنهم نجحوا في لمِّ شمل فيزياء «ماكسويل» ونسبية «آينشتين» الخاصة وفيزياء الكم معًا.. فأين كانت الجاذبية؟ إن الجاذبية هي أقدم القوى الأربعة في معرفتنا، وعلى الرغم من ذلك تكاد تكون أغربها علينا حتى الآن! وزادت غرابتها عندما أعلنت انشقاقها عن القوى الأربعة ورفضها الانسجام معها في نظرية واحدة تضمَّنها أي بحث من آلاف الأبحاث التي أفنى فيها الفيزيائيون أعمارهم. إننا لا نعرف الجاذبية إلَّا من خلال نظرية النسبية العامة، وعلى هذا الأساس فإن طريق الفيزيائيين يوجب عليهم التوفيق بين النسبية العامة ونظرية الكم، الأمر الذي فشل فيه كثيرٌ من الفيزيائيين. إن الأمر يبدو كما لو كان الفيزيائيون، بل الإنسانية، عليها أن تسعى جاهدة إلى إحداث معاهدة سلام أخيرة توافق عليها دولة النسبية العامة ودولة ميكانيكا الكم، وإلّا فإن الوصول إلى مفتاح فك الشفرة يظل حلمًا.

أطلق الفيزيائي الأمريكي «جون ويلر» مصطلح الرغوة الكموميّة على الشكل المجهري لنسيج الزمكان، ولعل هذا المصطلح البليغ يعطيك صورة ذهنية واضحة لعشوائية لا تتناسب إطلاقًا مع فضاءٍ ذي شكل هندسي مهذب تعكسه لنا النسبية العامة. لكن هذا المصطلح المُحبط يمدُّك بشكل فيزيائي لمشكلة التوحيد وعقد المصالحة، فلدينا نسيج فضائي هادئ ينحني للكتل مفتعلًا ما نعرفه بالجاذبية، لكن هذا النسيج نفسه إذا فحصنا جزءًا صغيرًا منه على المستوى المجهري فإنه يفقد سمة الهدوء هذه تحت وطأة نظرية الكم ومبدأ عدم اليقين، لدينا شيء واحد وحقيقتان مختلفتان تمامًا عنه، واحدة تظهر من بعيد والأخرى تظهر إذا كبَّرنا الصورة أكثر وأكثر.. إن المهمة تبدو صعبة جدًّا.

إن مفتاح فك الشفرة كان ينفث به الكون في عقول بعض الناس ولكن بصورة خفية لا يعلمها أحد، حتى من يتصل بهم هذا الإلهام الكوني، ووفقًا لسردنا ـ واعتبارنا أن نظرية هذا الفصل هي بطلة هذا الجزء من الكتاب ـ فإليك مثالًا على هذا الوحي الكوني. شهد القرن الثامن عشر النصف الثاني من حياة «أنطونيو إستراديفاري»، الذي يُعد أشهر صانع للآلات الوترية في التاريخ، كما شهد حياة الرياضي السويسري المشهور «ليونارد يولر». فكأن هذا القرن كان يحمل في طيّاته نسيمًا يخص نظرية يؤمن معظم الفيزيائيين اليوم بأنها هي مفتاح فك الشفرة. فمن أوتار الآلات التي كان يبدع «إستراديفاري» في صنعها، حملت السنون فكرة مُغلفة من إيطاليا وأهدتها إلى قلم رياضي غزير الإنتاج في سويسرا، وكان الأمر كله طي الكتمان. وطوى الزمان هذا القرن والذي يليه، وظلت الفكرة مجرد إلهام عابر رقيق لا يشعر به أحد، وتزيده السنون عبقًا.

في عام ١٩٧٠م، كان المشتغلون بفيزياء الجسيمات يمرُّون بدهشة عظيمة من معادلة رياضية صاغها «يولر» تصف خواص الجسيمات بطريقة فعَّالة جدًّا، وكان الأمر يحتاج إلى تفسير فيزيائي، وكمحاولة لإيجاد هذا التفسير قدَّم عددٌ من الفيزيائيين تصورًا غريبًا جدًّا على عقول أقرانهم؛ إذ قالوا: إن الجسيمات الأولية لو كانت أوتارًا متذبذبة أحادية البعد، فإن تداخلاتها النووية توصف بمنتهى الدقة بمعادلة «يولر»!

وكما هي العادة، لم يتحمل هذا التصور الوليد طوفان العلماء الذين يؤمنون بـ«الجسيم النقطة» ونجاحاته في شرح القوى النووية.

في عام ١٩٨٤م، عادت الصورة الوترية للجسيم مرة أخرى تطفو على السطح، ولكن بشكل أكثر تطورًا وإقناعًا؛ حيث قدّم الفيزيائيان «مايكل غرين» و«جون شوارتز» بحثًا جديدًا يتوِّج عقدًا كاملًا من السعي الحثيث في نظرية جديدة أطلقا عليها «نظرية الأوتار الفائقة».

هناك جدول مليء بالأسماء الغريبة لمجموعة كبيرة من الجسيمات الدقيقة، يمثِّل هذا الجدول - الذي يسمَّى النموذج القياسي - ذروة المعرفة بأساس بنية الكون والجسيمات الدقيقة، ويعتبر تتويجًا لائقًا لكثيرٍ من مجهودات القرن الماضي. ومع هذه الحداثة كلها أبقى الفيزيائيون في هذا المَسلك على شيءٍ قديم جدًّا وموروثٍ! فمنذ الحضارات القديمة والبشرية تعلم أن هذا العالم لا بُدَّ له من بنيَة أساسية، وهذه اللبنات الأساسية نصل إليها من خلال تقسيم كل دقيق نصل إليه إلى ما هو أدق منه، وهكذا حتى نصل إلى ما لا يمكن تقسيمه، أي نصل إلى جسيمات ليس لها تركيب؛ فهي أساس كل شيء. وتطورت هذه الفكرة على مدى آلاف السنين إلى أن وصلت إلى الذرَّة التي نعرفها الآن (على الرغم من أن الذرة بمصطلحها هذا تعدُّ موروثًا إغريقيًّا)، ووصلنا إلى إلكترونات وبروتونات ونيوترونات وكوركات.. ففي وقتٍ ما من القرن العشرين، كان الفيزيائيون يكشفون عن جسيم جديد كل عام تقريبًا، مجتذبين بذلك الجوائز العلمية القيِّمة كلها.

وطول مدة بناء هذا الصرح الذي تحدثنا عنه لتوِّنا، آمن الفيزيائيون بأن الجسيمات الأولية التي لا تركيب لها هي جسيمات نقطية، بمعنى أنها جسيمات أولية ليس لها أي امتداد مكاني، أما نظرية الأوتار فإنها تقوم على هدم هذه الفكرة، وتستبدل بالجسيم النقطة فتائل وترية مشدودة للغاية لها امتداد مكاني وتهتز بأنساق لا نهائية. ولمَّا كانت هذه الأوتار هي الجسيمات الأولية فإنها هي التي تتكوَّن منها الجسيمات الدقيقة المعروفة في النموذج القياسي، ونسق اهتزاز الأوتار هو الذي يحدد خواص الجسيمة المتكونة منها؛ فببساطة، وما دمنا نتكلم عن تذبذب، فلكل وتر من هذه الأوتار سعة وطول موجي، وبالطبع إذا زادت السعة وقلَّ الطول الموجي زادت الطاقة، والعكس.. ولما كانت الطاقة والكتلة وجهين لعملة واحدة سكَّها «آينشتين»، فإن اهتزاز الوتر يحدد كتلة الجسيم، بل إن الأمر في هذه النظرية يأخذنا إلى أبعد من ذلك؛ حيث إن الكتلة تعتبر محدِّدًا للجاذبية، وبالتالي فإن خواص الجسيم المتعلقة بالجاذبية يمكن أن تنشأ أيضًا عن نسق اهتزاز الوتر المكوِّن لهذا الجسيم!

وبهذه البداية البسيطة تكون النظرية الجديدة قد جعلت الفيزيائيين يطمعون لأول مرة في الوصول إلى تفسير لخواص الجسيمات الدقيقة بعد أن استسلموا لفكرة أنها مفروضة عليهم كما هي، فإن الأمر الآن بدا أسهل بكثير من ذي قبل، فإذا سألت فيزيائيًّا نظريًّا متخصصًا في نظرية الأوتار عن سبب اختلاف خواص جسيمين دقيقين عن بعضهما فإنه سيجيبك وكأنه «أنطونيو إستراديفاري» قائلًا: لأن وتر كل منهما يعزف بلحن مختلف! وهو يقصد بذلك أن اختلاف طريقة اهتزاز الوتر هو الذي يحدد الخواص. ولعلَّ هذه البساطة هي التي جعلت بعض الفيزيائيين المتحمسين يتخيَّلون أنهم بين يدي نظرية كل شيء، فقط تخيل أنهم إن استطاعوا أن يحسبوا بدقةٍ هذه الأنساق الاهتزازية فإنهم يفسرون خواص لَبِنات الكون كله!

ويبقى الجزء الأهم: ما دور هذه النظرية التي تطرب لها الآذان في المصالحة الكبرى التي ينشدها الجميع بين النسبية العامة وميكانيكا الكم؟ هل تنجح نظرية الأوتار في جمع الجاذبية مع باقي القوى؟

أرأيت بساطة النظرية في السطور القليلة الفائتة؟ إن الطريقة التي توفِّق بها نظرية الأوتار بين النسبية العامة والكمِّ أبسط من كل ما قرأته لتوِّك! حتى إن الفيزيائيين كانوا يشعرون أن هذا التوفيق مجرد خدعة أو تحايل بشكل ما.

ولمّا كانت نظرية الأوتار تنص على أن البنية الأولية لهذا الكون هي أوتار لها امتداد مكاني، وكانت الرغوة الكمية تحدث عند مقاييس مجهرية غاية في الدقَّة، فنحن بصدد السؤال التالي: ماذا لو كانت الأوتار من الكبر بحيث لا تتأثَّر بتموُّجات عنيفة تحدث في مقاييس أصغر منها؟

تخيَّل أن سطح مكتبك الذي يبدو أملسَ يتكوَّن من مادة محبَّبة بحبيبات دقيقة، يمكنك أن تستشعرها إذا مرَّرت سن قلمك على سطح المكتب، وبالتالي سواء أنظرت إلى المكتب أم لم تنظر فإنك من خلال سن القلم يمكن أن تقرَّ بأن المادة التي تكوِّنه هي مجرد حبيبات دقيقة متلاصقة. والآن تخيَّل أنك تريد أن تختبر مادة سطح المكتب، لكن هذه المرة بالمسطرة، ضع إصبعك على المسطرة ثم امسح بها سطح المكتب كله مسحًا، فإنك لن تقرَّ أبدًا بأن سطح المكتب مكوَّن من مادة محبَّبة، بل قد تظن أنه من رخام أو ربما من زجاج؛ لأن المسطرة أكبر من أن تتأثر بحبيبات دقيقة مثل هذه.

هذا بالضبط هو المنطق نفسه الذي تُصلح به النظرية الجديدة أعظم شقاق في فيزياء القرن العشرين، إن الوتر أكبر من أن يُظهر لنا الرغوة الكمية المزعومة!

بمعنى أكثر جرأة: إنه لا وجود للرغوة الكمية التي جعلت النسبية العامة فاشلة على المستوى المجهري لنسيج الزمكان، وهذا اللبس كان نتيجة إيمان الفيزيائيين بالجسيمات الأولية النقطية التي لا امتداد لها، وكل التعارض يزول بمجرد الاستبدال بهذا الإيمان الخاطئ، الإيمان بأن الجسيمات الأولية لها امتداد مكاني، وبالتالي هناك حدود للدقة التي يمكن أن نختبر بها الكون.

إن الأمر أشبه بطفلٍ قام من فراشه مسرعًا إلى غرفة والديه، وأخبرَ أباه مفزوعًا أن هناك كائنًا فضائيًّا غريبًا تحت الفراش يخيفه، فقام الأب وذهب مع طفله إلى غرفته وجلس معه على الفراش وبعد أن طمأنه وفعل ما يفعله الأب مع طفله المفزوع، تكلَّم معه بقليل من العقل وأقنعه بأنه لا يوجد أحدٌ تحت الفراش وأنه بنى هذا التخيُّل وصدَّقه، ثم أخيرًا جعله ينظر بنفسه تحت الفراش ليتأكَّد من أنه لا شيء تحت الفراش سوى ألعابه، فغطَّ الطفل بعدها في النعاس وهو في غاية الطمأنينة!

هل يُعقل أن يكون التعارض الذي أرَّق الفيزيائيين لسنوات طويلة مجرد ناتج لفكرة غير صحيحة آمنوا بها؟ سنتعرض لهذا السؤال بشكل غير مباشر في الفصل المقبل.

على كل الأحوال، فإن نظرية الأوتار كانت بالفعل بسيطة جدًّا في إجاباتها كلها، وكانت تعرض للفيزيائيين جسيمات أولية وترية تقبل التعبير عنها في إطار ميكانيكا الكم، وبما أن النظرية قد بيَّنت أن هناك نسق اهتزاز يعطي خواص الجسيم الذي يحمل قوى الجاذبية (الجرافيتون)، فإن الفيزيائيين باتوا يشعرون أنهم على أعتاب نظرية كم للجاذبية. والحصول على الجرافيتون من صميم نظرية الأوتار يُعدُّ

إنجازًا حقيقيًّا، وقد قال الفيزيائي «إدوارد ويتن» مرة: «إن واحدة من أعظم الحقائق على الإطلاق هي أن الجاذبية تنبع من نظرية الأوتار».

وسط هذه البشائر والتفسيرات الرائعة كلها، هناك ما عكَّر صفو هذه الأجواء الهادئة التي أحاطت بسمعة النظرية الجديدة وجعل المشتغلين بها يمرون بحالة نكوص مفاجئة وغير متوقعة؛ فمن دون سابق إنذار أدَّت الحسابات إلى احتمالات سالبة! تمامًا كما كانت الحسابات في محاولات دمج النسبية العامة في الكم تؤدي إلى احتمالات لا نهائية! وحتى تفهم خيبة الأمل هذه جيدًا، تذكَّر أن الفيزياء بعد الكم تجاوزت مبدأ الحتمية وأصبح الفيزيائيون منذ يومها يتنبَّؤون باحتمالية حدوث شيءٍ ما فقط، وأنت تعلم بالطبع أن أي احتمال لا بُدَّ أن يقع بين الصفر والواحد الصحيح، ولا معنى أبدًا لأن أقول لك إن احتمال حدوث كذا هو ما لا نهاية أو سالب! وبالتالي إذا كانت مخرجات حساباتك هي احتمالات لا نهائية أو سالبة، فهذا يعني أن هناك خطأ فيما تفعل.

كانت الصدمة الحقيقية هي أن الفيزيائيين تذكّروا بسرعة كل المحاولات الفاشلة السابقة التي حاولت التوفيق بين النسبية العامة وعالم الكم؛ وبالتالي فقد تكون هذه النظرية الجديدة التي بدت رائعة في أولها مجرد محاولة جديدة فاشلة، وقد تكون نظرية الأوتار مجرد وهم، وعلى الفيزيائيين أن يفيقوا منه مهما طال زمانه.

لكن هذه المرة، بقليل من الإصرار وكثير من المجازفة، تجاوز الفيزيائيون هذه المحنة.

بعد بحث حثيث، تبيَّن أن الاحتمالات السالبة هذه ما هي إلَّا نتيجة لعدم اتفاق الواقع مع النظرية! فالفيزيائيون فرضوا على النظرية شروطًا لا تقبلها، فكان ردها هو هذه النتائج العجيبة؛ فإمَّا أن يتنازل الفيزيائيون عن واقعهم وإمَّا أن يقبلوا هذه النتائج ويتنازلوا عن النظرية برمَّتها. لكن مهلًا، ما الذي ترفضه النظرية من واقعنا؟

إن حسابات النظرية لا تستقيم إلَّا بأوتار تهتز في تسعة أبعاد فضائية مستقلة، عندها فقط تتنازل عن نتائجها السالبة!

هذا هو الثمن الذي كان على الفيزيائيين قبوله للاستمرار في النظرية، أجل.. عليهم أن يضيفوا إلى الأبعاد الثلاثة التي يعيشون فيها ستة أبعاد أخرى، وتكون النتيجة عالمًا جديدًا يتألَّف من تسعة أبعاد مكانية وبعد زماني، عالم يتألَّف من عشرة أبعاد!

وعلى الرغم من أن هذه الفكرة جديدة وغريبة، فإنها كانت صدًى واضحًا لمحاولة قديمة حدثت في الربع الأول من القرن ذاته، فكأنّ النظرية تستغيث بأفكار «كالوزا».

وقد ذكرنا في فصل سابق أن «كالوزا» كان له أبحاث مميزة على نسبية «آينشتين» العامة، ولكن بإضافة بُعد خامس للكون، وكان قد وجد أن معادلات هذا البعد الجديد تتطابق مع معادلات «ماكسويل»، فاقترح أن الكهرومغناطيسية يمكن أن تكون تموُّجات في هذا البعد الجديد المتناهي في الصغر. وعلى الرغم من أن أبحاثه كانت مثيرة ورائعة، وأدت إلى مراسلات بينه وبين «آينشتين»، فإن الاتجاه العام في الفيزياء كان منشغلًا عن هذه الأفكار وعن «آينشتين» نفسه بنظرية ميكانيكا الكم. وبعد نصف قرن تقريبًا وجد الفيزيائيون أنفسهم إزاء أفكار «كالوزا» مرة أخرى، ولكن لا خيار أمامهم، فقبلوها وخضعوا للنظرية الجديدة (لا بُدَّ أن تعلم أن شرط

وجود هذه الأبعاد الجديدة هو أن تكون أصغر من أصغر الأطوال التي نستطيع اختبارها).

وهكذا أصبحت نظرية الأوتار، في مطلع العقد الأخير من القرن الماضي، ثورة في فكرتها وبنائها وتصوراتها وتوحيدها لفيزياء القرن العشرين تحت لوائها، وكذلك ثورة في غرابتها، فها هي تبني كونًا جديدًا ذا عشرة أبعاد!

بالطبع أثارت هذه الأبعاد الجديدة الفيزيائيين وأرادوا أن يعرفوا أشكالها وطبيعتها، وهو أمر غاية في الصعوبة، لكنَّه مهم، وإليك هذا السبب المقنع، ذكرنا أن نسق اهتزاز الأوتار هو الذي يحدد خواص الجسيمات الدقيقة؛ فإذا كان البعد المكاني الذي تهتز فيه هذه الأوتار من الصغر بمكانٍ بحيث يؤثر في نسق الاهتزاز، فهذا يعني أن الشكل الهندسي للأبعاد الجديدة يؤثر في خواص الجسيمات الدقيقة التي يتكوَّن منها كل شيء، أي أن هذا الكون مترامي الأطراف قد يكون خاضعًا بشكل سري لأبعاد متناهية الصغر!

إحدى أهم النقاط التي عدَّلتها نظرية الأوتار في رؤيتنا للفضاء هي إمكانية تمزق نسيجه. إن «آينشتين» كان قد نفى إمكانية وقوع هذا التمزُّق على الرغم من أن النسبية تدل على أن هذا النسيج ينحني ويتموَّج ويتمطَّط، لكن النظرية الجديدة تُثبت ما نفاه صاحب النسبية. وفكرة الأوتار التي لها امتداد مكاني تسمح بوجود مثل هذه التمزقات العنيفة من دون حدوث كوارث كونية، والسبب في ذلك هو أن هذه الأوتار تحوي هذه التمزقات وتضمِّدها، تمامًا كلاصق طبي تضعه فوق جرحك.

في منتصف التسعينات، وبينما كانت الشيشان في أوج حربها مع عدوِّها الروسي الضخم، خالقةً بذلك ثورة كبيرة انتهت باستقلالها، كانت نظرية الأوتار تمرُّ بثورتها الخاصة، وانتهى مخاضها إلى ما يُعرف بالنظرية «m»، التي قدَّمت حلولًا لمشكلة كادت تقضي على نظرية الأوتار، فقبل هذا الوقت وخلال العمل الشاق لمنظِّري الأوتار على مدى بضعة أعوام، قادهم مسارهم إلى مفترق طرقٍ يتفرَّع إلى خمسة اتجاهات؛ إذ فوجئ الفيزيائيون بأن نظريتهم التي تهدف إلى التوحيد تتحوَّل بشكل عجيب إلى خمس نظريات!

كان الموقف مُخزيًا.. إن نظرية الأوتار هي نظرية مبدأ، أي أنها تصف لغة الكون على المستوى الأساسي، وليست نظرية استدلالية تهدف إلى وصف ظاهرة بعينها؛ لذلك فلا بُدَّ أن تكون بلا نظير حتى تكون صحيحة؛ فالسبب الرئيسي للسعي وراءها هو تعارض نظرية الكم ونظرية النسبية على الرغم من أن كلًّا منهما نظرية مبدأ، فكيف تتحول هي نفسها إلى خمس نظريات؟ إن الأمر يدعو إلى السخرية! بالإضافة إلى أن الأمر كان صعبًا ومُحبِطًا؛ حيث حوصر الفيزيائيون بخمس صور لنظرية الأوتار، لكلٍّ منها معادلاتها الخاصة، ولكل معادلات حلولٌ كثيرة، وكل حل يؤدي إلى عالم خاص به!

إن معادلات النظرية بلغت من التعقيد حدًّا يجعل معرفة صيغتها بدقة أمرًا مستحيلًا، وبالتالي كان منظِّروها يستخدمون صيغًا تقريبية لهذه المعادلات، إلى أن سادهم شعور بأن إمكانية توحيد النظريات الخمس في أصل واحد تكمن في الاستغناء عن هذه الصيغ التقريبية المستخدمة، ولا بُدَّ من محاولة الوصول إلى صيغ دقيقة للمعادلات، عندها فقط قد تظهر النظرية بثوب واحد.. هذا هو ما أدَّى إلى نشوب

ثورة الأوتار الفائقة، التي اعتمدت على طبيعة التقريب المستخدم للمعادلات واستخدام كل التقنيات المتاحة والأكثر ذكاءً للوصول إلى أعلى مستوى من مستويات الدقَّة في التعبير عن معادلات النظرية. وقد أدَّى هذا إلى عودة النظريات إلى نظرية واحدة متماسكة لها ست أذرع لا تنفك عنها، وهذا ما أطلق عليه «إدوارد ويتن» النظرية «m»، لكن هذا التقدُّم كان له ثمنه؛ حيث أضافت النظرية «m» بُعدًا مكانيًّا جديدًا إلى أبعاد الأوتار التسعة، لتصبح النظرية تصف لنا كونًا ذا أحد عشر بُعدًا: عشرة أبعاد مكانية، وبُعد زماني وحيد، واقتنع أصحاب النظرية أن سبب إغفالهم هذا البعد الحادي عشر، هو استخدامهم حسابات تقريبية. ليس هذا فحسب، بل إن النظرية «m» أضافت إلى الأوتار المتذبذبة أغشية ثنائية البعد وبقعًا ثلاثية الأبعاد كلَبِنات أساسية للكون.. هكذا توَّج الفيزيائيون نظرية الأوتار بالنظرية «m» وأصبحت محط إعجاب وانجذاب معظم الباحثين في السنوات العشرين الأخيرة، وتوقّع «براين غرين»، في كونه الأنيق، أنها ستكون الشغل الشاغل للفيزيائيين طول هذا القرن الحالي.

حظِيت نظرية الأوتار وتطوراتها بدعم إعلامي، وإن شئت قُل بدعم جماهيري لم تحظَ به نظرية فيزيائية في التاريخ، بالطبع ساعدت على ذلك شبكات الاتصال ومواقع التواصل وارتفاع معدَّلات الوعي بالعلوم لدى معظم الشعوب، بالإضافة إلى توجُّه أرباب النظرية أنفسهم إلى العوام من خلال الكتابة أو البرامج والأفلام الوثائقية الشائقة، ووسط هذا الزخم، ازدادت ثقة الناس وأهل النظرية على حدٍّ سواء في النظرية وكأنَّها فعلًا الحل الأخير، وكأنَّها لا منافس لها على الإطلاق.

أنا على ثقة بالغة بأن جمال هذه النظرية قد لا يكون له منافس إطلاقًا، أما النظرية كحل فيزيائي يسعى إلى التوحيد وهل هي فعلًا لا منافس لها، أو هل هي فعلًا بهذا النجاح، فلا أعتقد أن الأمر يُحسم بهذه البساطة.

نجح الفيزيائي «لي سمولن» في أن يوغر صدري تجاه نظرية الأوتار نجاحًا فائقًا؛ فللرجل كتابٌ بعنوان «مشكلة الفيزياء.. نهضة نظرية الأوتار وانحدار العلم وما بعد ذلك»، ولا يخفي على قارئ أن كلماته تغلي غضبًا. أخرجني «سمولن» من زمرة المعجبين المُهللين وجعلني أتحلَّى بقدر غير يسير من الموضوعية، حتى إني أصبحت مولعًا بنقد النظرية!

هاجم «سمولن» نظرية الأوتار بشدة في مقدِّمة الكتاب، واتهمها اتهامات كثيرة يمكن أن نلخِّص منها النقاط التالية:

أولًا: لا تقدِّم النظرية أي تنبؤات جديدة يمكن اختبارها بالتجارب الحالية أو حتى بالتجارب التي يمكن فهمها، والتنبؤات القليلة الماهرة التي قدّمتها تمت صياغتها من قِبَل نظريات أخرى أكثر قبولًا.

ثانيًا: بسبب تعدُّد أشكال النظرية، فإنه من الصعب أن تكون نتائج التجارب صريحة، إما بالدحض وإما بالإثبات؛ لأن نتائج التجربة في الغالب ستتوافق مع أحد الأشكال المتعددة للنظرية.

ثالثًا: أنّ النظرية في معظمها مجرد تخمينات!

رابعًا: ليس لدينا سوى مجموعة كبيرة من الحسابات التقريبية، بالإضافة إلى التخمينات التي تشير إلى احتمالية وجود نظرية!

أخيرًا: أنّ النظرية تفتقد إلى جوهر، مثل باقي النظريات التي طوَّرت فهمنا للكون.

زيَّن «سمولن» هذه الاتهامات بوصفٍ ختم به الفيزيائي الحائز نوبل «جيرارد تهوفت» نظرية الأوتار قائلًا: «بالفعل، لست مستعدًّا حتى لتسمية نظرية الأوتار نظرية، ولكن بالأحرى هي نموذج، وربما ليست كذلك، إنها مجرد حس باطني، على أي حال يجب أن تأتي النظرية بتعليمات حول كيفية التعامل معها للتعريف بالأشياء التي نرغب في وصفها، وأن تكون قادرة على صياغة قواعد لحساب خواص هذه الجسيمات، وعلى كيفية تقديم تنبؤات عنها.. تخيّل أني أعطيتك كرسيًّا بينما أوضحت لك أن سيقانه لا تزال مفقودة وأن هناك مقعدًا به ظهر ومساند للأذرع ربما يتم توفيره قريبًا، مهما كان ما قدمته إليك، هل يمكن أن تسميه كرسيًّا؟».

إنَّ معظم النظريات على مر التاريخ قد تعرَّضت لكثيرٍ من النقد، المبرَّر وغير المبرَّر، لكنّنا نسلط الضوء على نقد هذه النظرية تحديدًا لسببين، أولهما: أنها نظرية معاصرة ما زال بابها مفتوحًا وأحبارها لم تجف وسطورها لم تنتهِ، ومعظم روَّادها يعيشون بين أظهرنا. وثانيهما: أنها تزعم أنها النظرية الأخيرة، وبالتالي فلا بُدَّ أن تدفع ثمنًا باهظًا لهذا الزعم. فقد تكون نظرية الأوتار وسيلةً سهلةً للشهرة بين معشر الفيزيائيين، ووسيلةً للترقي في المناصب والدرجات الأكاديمية والحصول على المنح كما يدَّعي «سمولن»، لكن لا يمكن أبدًا إغفال أولئك الشجعان الذين اجتهدوا فيها وقبلوا تحدِّيها مذ كانت وليدة وسط تيار ضخم من غير المصدِّقين. فلا ينبغي أن نغفل تعب الأقلية الشجاعة، إذا أصبح تلاميذهم أكثرية متشدِّقة.

∞ ∞ ∞ ∞ ∞

الفصل الحادي عشر

علم الخيـال

«إن نيوتن أعطى شرعية علمية لخبراتنا اليومية، وبالتالي جعلنا أكثر قدرة على الانطلاق في شتَّى مجالات الحياة، أما حقيقة الكون وسِرّه فإن نيوتن قد زاد ابتعادنا عنه بأن زيَّن الستار الذي بيننا وبينه».

هل نستطيع أن نفهم هذا الكون؟

هل يمكن أن نصل في يومٍ ما إلى نظرية أخيرة ووحيدة يحتكم إليها الكون في تصرفاته كلها؟

هل سأل أسلافُنا القدماء أنفسَهم هذا السؤال بأي صيغة في وقت بعيد في الماضي؟

لا نعرف، رأينا من آثارهم بعضًا من تطلُّعاتهم إلى سمائهم بأشكال مختلفة، لكنَّ هذا السؤال الذي سألناه لم نرَ له أثرًا. إنَّ ما نعرفه حق المعرفة عن ماضينا السحيق هو أن جنسنا جاء إلى هذه الحياة واستوطن هذا الكوكب في وقت متأخر جدًّا، سَبَقَنَا إليه كلُّ شيء تقريبًا، حتى إن بعض السابقين عاشوا حياتهم الطويلة وانقرضوا وعفى عليهم الزمان قبل حضورنا المكرم.

تمكَّن أسلافُنا من الأرض وثبَّتوا أقدامهم فيها، وأكلوا من خشاشها، وسكنوا كهوفها، واستظلُّوا بشجرها، وسنوات بعد سنوات، وتطور بعد تطور، بدأ الإنسان يهذب حياته ويصنع لنفسه حضارة تُبقي أثره، ولمّا استشعر الأمان في أرضه وبنى وشيَّد، ألحّ عليه عقله في كثير من المسائل، منها ما هو ضروري، ومنها ما يرضي كبرياءه فقط، وقد لا ينفعه إلّا بعد ألف سنة. لقد بدأت الطبيعة تنادي على الإنسان وتستثيره وتدفعه دفعًا إلى محاولة فهمها: شمسٌ تشرق وتغرب، وأرضٌ ممهدة منبسطة لا تدري أكانت مسطحة ولا وصول لنهايتها، أم أنّها كروية فليس لها نهاية، وقمرٌ يتبع الأرض، وخمسة كواكب تزيد الموقف صعوبة، فمن يدور حول من؟ ولماذا تطلُّ علينا الشمس مرة وهي سوداء لا تضيء؟ ولماذا يجاريها القمر أحيانًا فيظهر مظلمًا وليس بيننا وبينه حاجز؟ إن الأمر يبدو أحيانًا منظمًا، ويبدو أحيانًا عشوائيًّا ومُربكًا.

على أثر ذلك كله، بدأت الحضارات القديمة تخوض في دنيا السماء خوضًا، وبتتبُّع حاذر ودقيق، رصدوا التحركات ووضعوا قالبًا شديد الدِّقة لها، لكن هذا التتبع ورسم الخرائط لم يعطيا إياهم أي تفسير وظلُّوا في حاجة إلى أن يعلموا ما السر وراء هذه التصرفات. ولمَّا كانت الطبيعة تُصرُّ إصرارًا عجيبًا على أن يبقى هذا السرُّ سرًّا، لم يجد الإنسان بُدًّا من الغرق في الأساطير والخيال والتفسيرات الهوائية التي لا تمتُّ للحقيقة بأي صلة.

حضارة إثيوبية، وحضارة فرعونية، وحضارة مايانية، وحضارة إغريقية، كلٌّ قد أحاط نفسه بأساطيره الخاصة وملأها بأبطالٍ تناسب دينه ومعتقده، لكنهم أرسوا قواعد فلكية مهمة لولاها لما بنوا نصف حضاراتهم؛ فالأرض كروية وهناك في تلك

السماء نجوم ثابتة، وخمسة كواكب سيَّارة لا تتوقف، وبقيت الحقيقة الفيزيائية سرًّا. وكل سؤال يبدأ بـ«لماذا؟» لا تجيب عنه سوى الأساطير.

والآن، ونحن بيننا وبين تلك الحضارات آلاف السنين، هل ابتعدنا عن الأساطير وقادنا العلم الحديث نحو الواقعية؟ هل حققنا إنجازًا نفاخرهم به إذا التقينا؟ هل تطورنا عن الخَطَّاط الذي خطّ خطوط «نازكا» والمعماري الذي شيَّد هرم «خوفو» والعمّال الذين رفعوا أحجار «ستونهينج»؟ إن كان السؤال يقصد الإنجاز، فالإجابة نعم، لقد حققنا إنجازًا ضخمًا نفاخر به أسلافنا. أما إن كان السؤال عن الهروب من الخيال إلى الواقعية، فالإجابة تحتاج إلى شرحٍ طويل، وهو ما نتكلم فيه إلى آخر هذا الفصل.

∞ ∞ ∞ ∞ ∞

أتعرف «هوميروس»، صاحب الإلياذة؟

إنه شاعرٌ يوناني قديم، لا نقف له على سيرة واضحة المعالم، لا هو ولا حقيقة إلياذته، لكني أستعير منه شهرته لنبدأ قصة هذا الفصل؛ فهناك، في المكان نفسه الذي عاش فيه «هوميروس»، وبين جنبات المدينة نفسها التي تطلّ على ساحل البحر المتوسط، تأسّست مدرسة فلسفية تفكّرت في الهندسة والأحياء والرياضيات والفلك. كان من أعلام هذه المدرسة، في القرن السادس قبل الميلاد، فيلسوف يُدعى «أناكسيماندر». وضع هذا الفيلسوف أوّل تصورٍ للكون ذكرناه في كتابنا هذا. فهل كان تصوره خطوة بشرية في اتجاه الأسطورية والخيال، أم في اتجاه الواقعية؟

إن نموذج «أناكسيماندر» هو الذي افترض أن الأرض مسطَّحة وأنَّها هي المركز، وهاتان الفكرتان غاية في البداهة، والبداهة لا يمكن أن تقربك من الخيال أبدًا، بل تعتمد على إدراكك الحسِّي الأوَّلي، وبالتالي فالشمس والكواكب تدور حولنا، والأرض تمتد تحت أقدامنا ولا تبدو أنَّها كروية.

نحن لا نقيِّم طريقة الاستدلال في ذاتها. هذا الفصل من الكتاب يدرس المسافة بيننا وبين الخيال في كل خطوة أخذناها لفهم كوننا، وهكذا تكون خطوة «أناكسيماندر» خطوة بديهية في اتجاه الواقعية، وإن كانت واقعية مزيفة.

رُسِّخت فكرة مركزية الأرض ونُسخت فكرة تسطيحها بعقل «أرسطو» في القرن الرابع قبل الميلاد، بأدلَّة ذكية وبسيطة خلقت نموذجًا جديدًا لا تغيره القرون ولا تتعدَّاه العقول. وتمَّ تدعيم هذا النموذج الأرسطي مرتين: الأولى على يد «بطليموس» الذي صنع منه نظامًا متكاملًا حدَّد أفلاكه ومداراته، والثانية على يد الكنيسة التي أُعجبت ببناء الإغريق اللّامع. وعلى الرغم من تباعُد تلك الخطوات عن بعضها فإنها تُعتبر خطوة واحدة مثلت محاولة جدِّية ناجحة للبشرية في هروبها من الأساطير والخيال إلى الواقعية (مع أن تأييد الكنيسة كان مبنيًّا أساسًا على هذا الذي تفر منه البشرية).

∞ ∞ ∞ ∞ ∞

أسفرت مجهودات الفلكيين المتتابعين في مرصد «مراغة» عن نموذج «ابن الشاطر»، وهو نموذج رائع عَكَسَ منظومة «بطليموس» بالكلِّيَّة. وفي الحقيقة إن ما فعله «ابن الشاطر» أدخل تغييرًا لازمًا على كيفية استخدام الإدراك الحسي، صحيح أن إدراكك الحسي هو محبسك الذي كان لا يمكن الخلاص منه أبدًا ـ خاصَّةً في هذه

الفترات القديمة من التاريخ ـ لكن «ابن الشاطر» جعل هذا المحبس أكثر مرونة واتساعًا. وهذه المرونة أصبحت فيما بعدُ أحد أهم مستلزمات مَن يبحث في هذا الضرب مِن العلوم. والطريقة التي استقبل بها الأوروبيون هذه المنظومة الجديدة، التي أوقفت الشمس وحركت الأرض، تبيِّن بوضوح أهمية هذه المرونة.

في منتصف القرن السادس عشر، انقلبت أوروبا كلها على الشرعية العلمية بسبب أخبار تتكلَّم عن قسٍّ بولندي يزعم أن الشمس هي مركز العالم، والأرض والكواكب تدور حولها. ولأن الكنيسة وعوام الناس كانوا لا يتحلَّون بالمرونة المناسبة لتصديق هذه المزاعم الجديدة فإن كتاب «كوبرنيكوس» صُنِّف على أنه مجرد هرطقة لا بُدَّ أن تُمنع وتُصدَّ، حتى لا تنتشر!

بعد نصف قرن تقريبًا، توصل «كيبلر» رياضيًّا إلى أن كل كوكب يدور حول الشمس في مدارٍ إهليجيٍّ، داعمًا بذلك نظام «كوبرنيكوس» الجديد الذي تحاربه الكنيسة. والسؤالُ المهم الآن: هل كانت هذه أول مرة تُستخدم فيها الرياضيات لفهم الكون؟ بالطبع لا، فقد استخدم «بطليموس» الرياضيات لحساب كل شيء بخصوص الحركات وأفلاك التدوير التي ضمَّنها في نظامه. فهل كانت الرياضيات تثبت صحة منظومة مركزية الأرض، وبعد ذلك أصبحت الرياضيات تثبت صحة مركزية الشمس؟ إن الإجابة عن هذا التساؤل المهم تحتاج من السائل إلى أن يفهم دور الرياضيات أولًا.

إن الرياضيات لم تنشأ باعتبارها علمًا مستقلًّا له هيمنة على علوم أخرى، كما هو ظنُّ معظم الناس اليوم؛ فعلى العكس تمامًا، وُلدت الرياضيات من رحم علوم أخرى بغرض ترتيبها والتمكن منها. ولعلك تندهش إذا علمت أن الرياضيات قديمًا كانت نظامًا للحساب والموسيقى والهندسة والفلك. والتدقيق في تاريخ الرياضيات يبيِّن أنها دائمًا تأتي في المقام الثاني، لا في المقام الأول؛ فهي دائمًا محاولة لإثبات أو تنظيم شيء ما، وبالتالي فإن الرياضيين المتمكنين من أدواتهم يؤمنون بأنه بالرياضيات يمكن أن تُثبت أي شيء. وستتبلور هذه الإجابة أكثر عندما نتكلم عن فيزياء «نيوتن» الذي كان رياضيًّا فذًّا.

في مطلع العقد الثاني من القرن السابع عشر، تركَّزت كل الحرب التي كانت ضدَّ «كوبرنيكوس» ضدَّ رجلٍ آخر مثَّل النسخة الأجدد والأقوى لنظام مركزية الشمس. ففي عام ١٦١٠م، انتشر كتاب صغير تحت عنوان «رسول النجوم» يزعم صاحبه أنَّه يؤيد نموذج «كوبرنيكوس»، لا لأن الرياضيات تثبته، ولكن لأنه رأى بأمِّ عينيه أن الكواكب تدور حول الشمس وأن هناك كواكبَ أخرى غير الأرض لها أقمار تدور حولها. هكذا أصبح الأمر الذي كان يتطلَّب مرونة في الإدراك، يُرى بمنتهى الوضوح ولا يتطلب أي مرونة. كان «جاليليو» طفرة حقيقية في تاريخ معرفة الإنسان بكونه الفسيح؛ فبمجرد صناعة التليسكوب أصبح نموذج «بطليموس» مجرَّد خرافة مهما حظي بدعم من الكنيسة أو غيرها. وأثبتت خطوة «جاليليو» هذه أن مرونة الفكر الذي اعتمد علَى الإدراك الحسِّي تعوِّض غياب التكنولوجيا، وتسبق الآلات بسنين طويلة، وربما بقرون.

حتى هذه الفترة من التاريخ، فإن معرفتنا عن طبيعة الكون كانت تتقدَّم بالملاحظة وقليل من المرونة الفكرية لما دوَّنته الحواس خلال الملاحظة، ثم الاستعانة بالرياضيات التي لم تكُن متطورة بما يكفي. أضاف «جاليليو»، إلى هذه الأدوات

البسيطة، التكنولوجيا أو الاختراعات. وهذه الأدوات كلها تمثل خطوات في اتجاه الواقعية وليس الخيال أو الأسطورية. إلَّا أننا حتى هذه الحقبة لم نحقِّق أيَّ تقدُّم عن أسلافنا أرباب الحضارات القديمة! بل كنَّا فقط نحاول أن نصل إلى بعض ما وصلوا إليه؛ فأصحاب الحضارات القديمة، كالمصرية والإثيوبية وحتى الإغريقية - في فترة ما - كانوا مقتنعين تمامًا بمركزية الشمس؛ هذا لأنهم ببساطة كانوا يمتلكون الأدوات نفسها التي ذكرناها لتوِّنا، إلَّا أنَّهم ربما تفوَّقوا علينا في الآلات والتكنولوجيا، وبناياتهم خير دليل على ذلك. فمتى بدأنا في تحقيق تفوُّق حقيقي على تلك الحضارات؟ الإجابة هي: منذ صدور كتاب «المبادئ».

∞ ∞ ∞ ∞ ∞

مات «جاليليو» بعد أن عقد صلحًا بين العوام بادي الرأي وبين أصحاب الفكر المرن، لكنَّه في الوقت نفسه وضع قاعدة مهمة جدًّا تبيِّن أن هذا الصلح هو صلح مؤقت لا يدوم طويلًا؛ لأن التطور في فهم الكون سيحتاج دائمًا إلى رؤى ثاقبة تتعدَّى الإدراك الحسِّي للعوام، وبالتالي يسود الشقاق مرة أخرى إلى أن تأتي التكنولوجيا بصلح جديد، لكن التكنولوجيا تأتي دائمًا متأخرة، وقد لا تأتي أبدًا.

عندما أصبح «نيوتن» أستاذًا لكرسي الرياضيات في كامبريدج، بدأ يفكِّر في أن فهمنا للطبيعة يمكن أن يصل إلى مستوى مطلق من اليقين إذا أسسناه على المبادئ الرياضية، وقد غيَّرت طريقة تفكير هذا الإنجليزي المُحنَّك مجرى التاريخ تمامًا. في هذه الفترة كان دوران الكواكب حول الشمس أمرًا محسومًا، لكنَّ الكيفيَّة كانت مبهَمة إلى حدٍّ بعيد، ولا توجد قوانين رياضية لهذه الكيفيَّة إلَّا قوانين «كيبلر» تقريبًا. قبل أن يبدأ «نيوتن» في كتابة التاريخ بقلب هذه العشوائية الكونية إلى نظام، عاجله مذنَّب الشتاء المشهور، وكأنّه يستثيره ويتحدَّاه.

في عام ١٦٨٧م، صدر كتاب «المبادئ» الذي يحتوي على تفاصيل آليَّة عمل كل جسم له كتلة في هذا الكون، ووقع كل شيء في أسر ميكانيكا «نيوتن».

حقق «نيوتن» إنجازًا بشريًّا ليس له مثيل سابق ولا لاحق؛ فلأول مرة كان الإنسان قادرًا على أن يتنبَّأ بمصائر الأجسام المتحركة كلها، وبعدما كانت حركات الكواكب غير مفهومة ومربكة للفلكيِّين، أصبحت حركات بسيطة جدًّا وخاضعة بدقَّة للدستور «النيوتني» الجديد. وقد مثَّل «نيوتن» أول خطوة حقيقية نفاخر بها حضارات أسلافنا القدماء وجعلنا نحقق إنجازًا نشعر أن جنسنا لم يصل إلى مثله أبدًا؛ فالحياة بعد «نيوتن» ليست كالحياة قبله؛ فقد خلقت قوانين الميكانيكا عالمًا جديدًا بالكلِّية وقادتنا إلى البناء والآلات والصواريخ.. وكانت خطوة البشرية المتمثلة في «نيوتن» هي خطوة في اتجاه الواقعية دون أي شائبة من خيال. إن «نيوتن» قد قنَّن الواقع وجعله مفهومًا، لكن هل هذه هي الواقعية التي ينشدها العلم؟ هل حقّق «نيوتن» تقدُّمًا حقيقيًّا في فهمنا الفيزيائي للكون؟ حتى نجيب عن هذين التساؤلين علينا أولًا أن نتغاضى عن العالم الثوري الجديد الذي أعطانا «نيوتن» مفتاحه لنقلب حياتنا ومعايشنا من حال إلى حال ومن تخلُّف إلى تقدُّم. علينا أن نناقش هذه الأسئلة من منظور واحد فقط، وهو ما يُعنى به الكتاب، وبالتالي نعبِّر عن السؤال الأخير تعبيرًا جديدًا كالتالي: هل كشف لنا «نيوتن» عن تصور فيزيائي لم نكن نعرفه يساعدنا في فهم الكون؟ إن أوَّل ما يخطر في بالك الآن: الجاذبية، لكن «نيوتن» لم يقُل لنا أي تصور حقيقي للجاذبية. في الواقع لم ينقل لنا «نيوتن» أي تصور حقيقي

عن أي شيء، لم يفسِّر لنا حتى ماهية القوة التي جعلت الكواكب خاضعة لمنظومته الجبَّارة. أخطأ «نيوتن» في معظم التصورات الفيزيائية التي وصلت إلينا عنه! الانتقال الفوري للقوى كان وهمًا، ومثله المكان المطلق والزمان المطلق والأثير العجيب. كان نظام «نيوتن» إعجازًا رياضيًّا وكارثة فيزيائية!

إن «نيوتن» فعل ما فعله «بطليموس»؛ حيث استخدم الرياضيات ليزيِّن لنا واقعًا مزيَّفًا بينه وبين الحقيقة مسافات. إنَّ «نيوتن» أعطى شرعية علمية لخبراتنا التي نكوِّنها من حياتنا اليومية، وبالتالي جعلنا أكثر قدرة على الانطلاق في شتَّى مجالات حياتنا. أما حقيقة الكون وسرُّه، فإن «نيوتن» قد زاد ابتعادنا عنهما بأن زيَّن الستار الذي بيننا وبينهما. إنّ الواقعية التي ذهب إليها «نيوتن» ليست الواقعية التي تستهدفها الفيزياء؛ لأنها واقعية تقود إلى واقع غير حقيقي.

إنّ «نيوتن» العظيم، الذي كرَّمناه في الفصل الرابع، سنتهمه هنا بتهمة التضليل!

اعتبر «نيوتن» أن المكان والزمان مطلقان، وجعل الفضاء ثابتًا ومعيارًا تُنسب إليه الحركات، ووجد الأثير لنفسه مقعدًا مميزًا في وسط مفردات الكون؛ لأنّه هو الحلُّ الأنسب الذي يمثِّل حشوًا لهذا الفضاء ويجعل له حقيقة «نيوتنية»، وأكبر دليل على أن هذه التصوُّرات كانت تطويعًا للحقيقة بما يناسب الرياضيات هو: أنَّك لو نزعت لباس الإطلاق عن المكان، تصبح بعضُ قوانين «نيوتن» من دون معنى!

طوَّع «نيوتن» التصورات الفيزيائية لما يوافق الرياضيات، وهنا مربط الفرس؛ حيث أتت الرياضيات في المقام الأول، ثم أتت التصورات الفيزيائية بالشكل الذي يتماشى معها في المقام الثاني.

إن الفيزياء يجب أن تعطي لنا تصورًا وتفسيرًا، وإلَّا فهي ليست فيزياء. وإذا قرأت التاريخ كله ستجد أن الفيزياء لم تحقِّق تطورًا كبيرًا إلَّا إذا كان الفيزيائي قد بدأ نظريته بتصور معين كان يؤرِّقه ليالٍ طويلة، أما أن تبني بناءً رياضيًّا عملاقًا على أسس كان يجب أن تطعن في صحتها أولًا، فإنك لن تصل إلى حقيقة جديدة، بل ستدعم الحقائق المعروفة، التي ربما تكون زيفًا محضًا رأيته من محبسك في حواسّك.

إنّ الفيزيائي الحقّ يستند في البداية إلى قدرته على التصوُّر، إلى قدرته على الاختلاق، إلى ثقته بإدراك غيب لا يراه، وليس من قبيل الصدفة أن تجد معظم الفيزيائيين الذين حقَّقوا نقلات في فهمنا للكون، كانوا أشخاصًا يؤمنون بالغيب، خاصَّةً في وقت شحَّت فيه التكنولوجيا.

∞ ∞ ∞ ∞ ∞

وضع «نيوتن» يدًا للعلم على مصطلح الجاذبية كقوَّة مؤثرة في الكون. وفي النصف الأول من القرن التاسع عشر بدأ القدر يعطي إشارات خفيَّة عن اكتشاف قوَّة أخرى جديدة لها كلمة في أروقة كوننا. إن إبرة بوصلة كانت على مقربة من سلك في إحدى التجارب في الدنمارك فتحت طريقًا مباشرًا نحو اكتشاف الكهرومغناطيسية في بريطانيا. ومن الجيِّد أن يأتي حديثنا عن «فاراداي» بعد ميكانيكا «نيوتن» مباشرةً، حتى يتضح أكثر لماذا اتُّهم هذا الفصل «نيوتن» بالتضليل، فإن ما فعله «نيوتن» وما فعله «فاراداي» يُعدُّ طباقًا، والطباق يوضِّح المعنى ويُبرزه.

عندما سمع العلماء بتجربة البوصلة، كانت كامبريدج تدرِّس لطلابها أن الكهرباء هي أشبه ما يكون بسائل يمر في السلك تمامًا كالماء في الخرطوم، وكان العالم كلُّه لا يربط بين الكهرباء والمغناطيسية، ومع ذلك فإن «فاراداي» الشاب وضع تصورًا بديعًا لقوى لولبية حول السلك تولَّدت بمرور التيار وتفاعلت مع خطوط القوى المغناطيسية التي تتحكم في الإبرة فحركتها. إنّ هذا الرجل فيزيائي فريد، حتى لو لم تعترف به الدوائر الأكاديمية، فإن الذي يشطح بعقله هذا القدر ويسبح عكس أسطول من العلماء والمسلَّمات، ويبدأ في السعي جاهدًا إلى إثبات تصوُّرٍ جديد تمامًا، يكون هو الفيزيائي بعينه، وهنا تحديدًا أنا أتمرَّد، بموجب هذا الفصل الذي قدّمت له بأنه لن يلتزم بأي قيود، وأزعم أن خطوة «فاراداي» هذه هي ما نطلبه من أي فيزيائي، لا نريد سوى الكشف عن الحقيقة، لا نريد سوى التقليل من حجم الأسرار التي تداريها الحُجُب. فحتى إن كانت هناك ضوابط أخرى مهمة على العلماء الانصياع لها وإلَّا صاروا مجرد متأمِّلين حالمين، عليهم أن يبدؤوا بخطوة «فاراداي». ولا غريب في أن نشعر أن منظِّري الفيزياء في العقود الأخيرة يحتاجون إلى عقلية «فاراداي»، وأن يتحرروا قليلًا من أسرِ الرياضيات. إنّ «فاراداي» لم يكن يعلم شيئًا من المعادلات، لكنّه كان يملك خيالًا فيزيائيًّا ثاقبًا! ولكن مهلًا، ما بالنا الآن نمدح الخيال بعد أن كنَّا نحاول الابتعاد عنه في اتجاه الواقعية؟! إنّ ما نمدحه هنا هو قدرة فذَّة على التصور وتفسير الظواهر، قدرة تضاهي الخيال، إلّا أنها ليست خيالًا يروي قصصًا وأساطير، بل خيالٌ ضروري يحوِّل أغوار الكون إلى عيون تنضح بما فيها، خيال هو بعينه الواقعية؛ فالآن أنت تنظر إلى فكرة كامبريدج عن الكهرباء التي ذكرناها لتوِّنا على أنَّها مجرد خيال ساذج! إن القرن التاسع عشر أرسى قاعدة مهمة مفادها أن التعمُّق أكثر في فهم الكون يبيِّن لنا أن قدرة الفيزيائي على التخيُّل صفة لازمة حتى ينجح في رسالته، وهذا الخيال يحلُّ بديلًا للمرونة في الإدراك الحسِّي، وهذه القاعدة ستظهر بوضوح في سردنا التالي.

انتقل «ماكسويل»، بتركة «فاراداي»، نقلة تاريخية، ولعلَّ السبب في النجاح المدوِّي لفيزياء «ماكسويل» هو أنه مثَّل الرياضيات عندما تكون خطوة مناسبة خادمة للفيزياء؛ لذلك كان من الطبيعي أن يجد «ماكسويل» نفسه رسولًا من الكون يقدِّم للبشرية معادلاته المضيئة.

∞ ∞ ∞ ∞ ∞

انتهى القرن التاسع عشر والصَّراع بين نظامَي «ماكسويل» و«نيوتن» في أوجه، والحقيقة أن كلا النظامين مختلف حتى في طريقة البناء، وكان العلماء يخشون من الاقتراب من هذه الحقيقة الواضحة. وكانوا جميعًا في انتظار أحدٍ يمتلك الجرأة المناسبة والإمكانات المناسبة.

في النصف الثاني من القرن التاسع عشر، ابتدع «رايمان» هندسة جديدة لا إقليدية تعمل على الأسطح المنحنية، فاتحًا بذلك بابًا عظيمًا للخيال في الرياضيات نفسها.. ولأن الخطوة كانت سابقة لأوانها بحوالي مائة عام، فإنه ولأول مرة في التاريخ، انتظر خيالُ الرياضي خيالًا فيزيائيًّا يضاهيه!

في مطلع القرن العشرين، كان «آينشتين» في شبابه وأوْج خياله، غارقًا في تصوُّرات يخلقها له عقله وكأنَّ الكون يلفت نظره إلى صدعٍ كبيرٍ لا يتحمَّله أي

نظام، ولا سبيل إلى إصلاح هذا الصدع إلا عن طريق خيالٍ حرٍّ بعيدٍ عن القيود وأغلال التقديس لفيزياء الماضي.

كان «آينشتين» معجبًا بـ«ماخ» كثيرًا، وكان هذا الأخير ثائرًا ضد فكرة الأثير التي كانت تصارع من أجل البقاء، معتمدةً على خوف العلماء من إسقاط نظام «نيوتن». لكن محكمة «ميكلسون» - «مورلي» كانت قد أصدرت حكمها بالفعل، وحكم قاضيها لنظام «ماكسويل» وثبات سرعة الضوء، وبطلان دعوى الأثير في المطالبة بوجوده بالشكل «النيوتني». ووسط المحاولات الخائبة من العلماء في هيئة الدفاع والطعن على الحكم ورفع القضية إلى مستوى أعلى في التدرج القضائي، لعب الفيزيائي العبقري «لورنتز» دورًا رائعًا في تسكين الآلام وتخفيف حدة الأوضاع وتداعيات تجربة «ميكلسون»، وانتصر للأثير انتصارًا يريح أغلب الأطراف بشكلٍ مؤقَّت. وفيما يخص مبحثنا هذا، فإن «لورنتز» الحكيم قد استخدم في نظريته عن الانكماش خيالًا مزيَّفًا مذهلًا وتوَّجَها برياضيات أكثر إذهالًا، كانت هي نفسها وقودًا للثورة التي يحاول إخماد شرارها. إنَّ تحويلات «لورنتز» هي نفسها التي استخدمها «آينشتين» في بناء النسبية الخاصة. وهكذا نعود إلى النقطة الأصل في هذا الفصل والكتاب كلِّه. إن مربط الفرس ليس الرياضيات، بل التصوّر الصحيح. والتصوّر هو نتاج محض للخيال. أما الرياضيات فكما تدعم تصورًا صحيحًا، يمكنها أن تدعم تصوُّرًا خاطئًا. إن الأرض لا تنضغط بتأثير الأثير عليها خلال دورانها، إنَّ طبيعة المكان هي التي تتغيَّر من منظور الضوء!

في عام ١٩٠٥م، تم نشر بحث بعنوان «الكتروديناميكا الأجسام المتحركة»، وكان «آينشتين» يعالج في هذا البحثِ المشكلةَ الكبرى التي كانت تهدِّد بناء الفيزياء، ويحاول أن يرمِّم هذا البناء الآيل للسقوط. وبالتالي أسقط فيزياء «نيوتن» بالكلية واستبدل بها النسبية الخاصة. والحقيقة أن ما أحدثته هذه النظرية لم يكُن سهلًا أو حتى مقبولًا، بل كانت ثورة بكل ما تعنيه كلمة ثورة. ثورة أسقطت نظامًا عريقًا ذا شرعية مزيفة، وثورة في أثر خيال الفيزيائي على تقدُّم الفيزياء، وهذا هو موضوعنا.

إنّ الفيزياء كلَّها في كِفَّة؛ وفيزياء القرن العشرين في كِفَّة أخرى، بل في ميزان جديد. وهذا الاختلاف الكبير يكمن في تدخُّل الخيال في الفيزياء وعودة البشرية لما كانت تفرُّ منه، ولكن بصورة أكثر أناقة! وقد كانت البداية عند ذلك الشاب الألماني.

قَبِلَ «آينشتين» مبدأ ثبات سرعة الضوء، وقَبِلَ معه مبدأ النسبية، وافتتح بحثه باقتراض صحَّة هذين المبدأين المتضادَّين! ومن يفهم النسبية الخاصة جيدًا يتبين أنها ما هي إلَّا قبول هذين المبدأين والتخلِّي عمَّا يعرقل صحَّتهما والخضوع لما يدعم ذلك.

وحتى يوفِّق «آينشتين» بين مبدأيه كان عليه إسقاط فيزياء «نيوتن»، لكنَّ سقوط فيزياء «نيوتن» يعني سقوط الواقع الذي نختبره يوميًّا في حياتنا، فكيف ذلك؟ أجابت النظرية الجديدة بأنَّ فيزياء «نيوتن» لا تصدق عندما تتعامل مع عالَم به سرعات قريبة من سرعة الضوء، وهذا يعني أنها تصف لنا نظامًا ليس حقيقيًّا. وكونها تصدق عندما تتعامل مع يوميَّاتنا وسرعاتها البطيئة فقط، فهذا يعني أن العالم الذي ندركه ونظنُّ أنه هو الحقيقة ليس حقيقة، بل إن واقعنا مجرَّد حالة شاذة عن الحقيقة. والنظرية التي تعبِّر عن الحقيقة عليها أن تصدق في التعامل مع

سرعاتنا البطيئة ومع السرعات التي تقارب سرعة الضوء. وهذه النظرية تصف العالم الحقيقي الذي لا نراه من محبس حواسِّنا!

هل من السهل أن نحوِّل واقعنا إلى كذبة سخيفة، ونقبل بحقيقة جديدة بيننا وبينها سرعة الضوء؟ وحتى لو فعلنا، فما العواقب التي نحن في انتظارها؟

كان هذا التحوُّل صعبًا على العلماء، وظلُّوا في صدمةٍ لفترة ليست بقصيرة، وبعضهم احتاج إلى وقتٍ حتَّى يفهم النظرية أصلًا! أما عواقب النظرية فقد كانت كثيرة، وكلها لا يعقلها إلَّا خيالٌ شاطح. وقبل أن نسرد بعض النتائج الخيالية للنظرية، علينا أن نسأل: كيف يأخذنا العلم إلى حقائق خياليَّة؟ من المفترض أنَّنا نفرُّ من الخيال والأساطير التي ملأت تصوُّرات أسلافنا القدماء، وبالتالي علينا أن نصل إلى واقع سهل الفهم، حتى إن كنا نتعامل مع مفردات لا نراها ونبني نظريات تصف لنا عالمًا لا نراه، فإن هذا لا يعني أن نؤمن في النهاية بواقع لا يشبه واقعنا في شيء؛ لأن هذا هو الخيال بعينه.

إن الفيزياء، خاصَّةً في القرن العشرين، كانت كلَّما صدمت الناس بخيالها، تقرع الآذان بهذا السؤال: ماذا لو كان هذا الخيال هو الحقيقة؟

ولأنَّنا نعجز عن الإجابة، فالأفضل لنا أن نكمل ماهية الحقيقة التي تشير إليها النسبية الخاصة. أسقط «آينشتين» فكرة المكان المطلق، واعتبر أن مسرح الأحداث «النيوتني» مجرد وهم، وقال إن المسرح الحقيقي يتفاعل مع الأحداث؛ فهو نسبي وليس مطلقًا؛ فمثلًا: إذا كان الممثل في أقصى يمين المسرح ويتحرك باتجاه بطلة المسرحية الواقفة في أقصى يسار المسرح، فعند «نيوتن» سيصل هذا الممثل إلى بطلته في زمن يتوقف على معدَّل مشيته، أما عند «آينشتين» فقد يتحرَّك المسرح نفسه تحت قدمي هذا الممثل في اتجاه معاكس يجعله وكأنَّه يمشي في مكانه ولا يصل إلى البطلة أبدًا؛ لأنَّ خشبة المسرح مصمَّمة بحيث لا يصل هذا الممثل إلى البطلة أبدًا؛ فهي تتصرف وفقًا لذلك. هذا بالضبط ما تعنيه فلسفة المكان النسبي، فهكذا يتصرف المكان إذا كانت السرعات مقتربة من سرعة الضوء.

الفضاء من حولنا ديناميكي ويتفاعل مع الأحداث ويشترك في إخراج الصورة النهائية التي نراها، ونحن فهمنا المكان من حولنا على أنه مجرد وعاء بسبب تحركاتنا البطيئة، ولو أن أحدَنا قُدِّر له أن يتحرك بسرعة تقارب سرعة الضوء لرأى للمكان صفاتٍ غير المعهودة. لم تكتفِ النسبية بذلك حتى ربطت الزمان بالمكان في هيكل واحد، ليصبح عالمنا عالمًا رباعيَّ الأبعاد يتكون من ثلاثة أبعاد مكانية وبُعدٍ زمانيٍّ. إن فهم الزمان بهذه النظرة الجديدة يحوِّل واقعك إلى وهمٍ محض؛ فإنَّك لو زادت حركتك في الزمان تقل في المكان، والعكس!

إنَّ هذا الكلام يتعدَّى خيال الأساطير القديمة، فكيف يكون حقيقة؟

في سبعينات القرن الماضي، تم التأكُّد من هذه الحقيقة المريبة، كما ذكرنا في الفصل السابع، وجعلتنا النسبية نواجه حقيقة عجيبة. إذا كان إدراكنا للزمن يتوقف على الحركة فهذا يعني أن مصطلح «الآنية» في هذا الكون الواسع قد أصبح بلا معنى، وأصبح الأمر يتطلَّب تفصيلًا أكبر. إذا أردت أن تدَّعي أن مجوعة أحداث كونية قد وقعت في الوقت نفسه، عليك أولًا التأكُّد من حركة كل إطار من الإطارات التي

وقعت فيها تلك الحوادث، فإن كانت هذه الأطر متحركة، فلا حقيقة لتزامن الوقوع؛ لأن الزمن يجري عليها بمعدلات مختلفة.

إن كائنًا يعيش في مكان بعيد جدًّا عن كوكبك، قد يكون له حاضر يوازي ماضيك السحيق، وبالتالي يكون لك حاضر يوازي مستقبله البعيد؛ فأنت لو قلت «الآن» فأنت تعني حاضرك ومستقبله، وذاك لو قال «الآن» فهو يعني حاضره وماضيك. وهذا يعني أن الفواصل التي وضعناها بين الماضي والحاضر والمستقبل باعتبار أن الماضي قد ذهب وأنَّ المستقبل لم يأتِ بعدُ وأن بينهما الحاضر، كلها فواصل وهمية، والماضي والمستقبل لهما وجود حقيقي تمامًا كالحاضر، فأنت تمارس حاضرك وغيرك يراك تمارس ماضيك وغيره يراك تمارس مستقبلك.

هذه إحدى أغرب الحقائق التي قد تتفكَّر فيها في حياتك المعرفية على الإطلاق، فقط تخيَّلْ أن تلك الحادثة التي تعرَّضت لها منذ سنوات لم تذهب بعيدًا كما تظن، إنّها موجودة وحقيقية تمامًا كحقيقة أنَّك تقرأ هذا الكتاب الآن. فهل أنت فعلًا من يقرأ الكتاب الآن، أم أنت من في هذه الحادثة الآن، أم أنّك هذا العجوز الذي يحتضر الآن؟ وهل النصوص الدينية المختلفة التي تتكلم عن المستقبل بصيغة الماضي لها علاقة بهذا الفهم الجديد؟

إذا كان الماضي والمستقبل لهما حقيقة حاضرك، فإن الزمن لا يمر عليك، بل أنت الذي تمر عليه! فهل أنت مجرد مجموعة من الصور المُرتَّبة الكثيرة جدًّا التي يعطي المرورُ عليها بشكل منساب مشاهدَ كاملة؟ لقد حوّل «آينشتين» عالمنا المألوف إلى عالم غاية في الغرابة، لكنه صادق ويعطي تنبؤات صحيحة، فهل يكون هذا الخيال الذي صاغه «آينشتين» حقيقة وواقعًا لأنه يعطي تنبؤات صحيحة؟ نعم، ويبدو أننا بحاجة إلى إعادة تعريف الخيال والواقع بطريقة جديدة، وعلينا أن نمرِّن عقولنا على قدرات إدراكية جديدة.

∞ ∞ ∞ ∞ ∞

في العقد الثاني من القرن العشرين، شرع «آينشتين» في بناء نظرية جديدة أعمّ من الأولى تخضع لها الجاذبية والحركات غير المنتظمة، وبعقلية فذّة تلاحمت أفكاره عن كتلة القصور وكتلة الوزن والحركات المعجّلة وعلاقتها بالمكان، لينسج لنا أكمل صورة وصلت إليها الفيزياء إلى الآن، وربما تكون صورة الكون التي تخرجها لنا النسبية العامة أحد أجمل إنجازات العلوم منذ بدايتها.. إنَّ الفضاءَ نسيجٌ تؤدِّي الكتلُ إلى انحنائه.

استخدم «آينشتين» كنز «رايمان» لبناء هذه الصورة الجديدة، ثم اختبر نظريته بكل الطرق المتاحة التي ذكرناها في الفصل الثامن، ومع أن طريقة بناء النظرية لم تكُن تحوي لنا العجائب كأختها السابقة، فإن نتائجها لم تخلُ من الخيال.

في منتصف عشرينات القرن الماضي وبعد نشر النسبية العامة بقرابة عام، استرشد بمعادلاتها الفيزيائي «كارل شفارتزشيلد»، محاولًا إقناع العالم أن هناك نجمًا غير مرئي وله صفات عجيبة جدًّا، وعلى الرغم من أن الثقوب السوداء وُلدت أصلًا من رحم النسبية العامة فإن فريقًا كبيرًا من العلماء، منهم «آينشتين» نفسه، كانوا ينكرونها لشدَّة غرابتها! ولكن في النهاية، وبعد أن أصبحت الثقوب السوداء حقيقةً مسلمًا بها، غاص العلماء في عجائبها التي لا تنتهي إلى يومنا هذا.

إن من أبسط عجائب هذه النجوم المنهارة: أنها تعتبر أحد أفضل الطرق للسفر إلى المستقبل؛ إذ أثبت «آينشتين» في النسبية العامة أن الجاذبية لها تأثير عكسي على الزمن، ولمَّا كانت الثقوب السوداء ذات جاذبية تفوق جاذبية الشمس بمليارات المرات، فإن مرورك بالقرب منها لدقائق قد يجعل أهل الأرض يسبقونك بسنين!

ظلَّت معظم حقائق الثقوب السوداء مستترة عن العلماء منذ أن عرفوها وإلى الآن، وجُلُّ الحقائق التي يكشف الفيزيائيون عنها سِترها تجعلهم يتمنون لو أنهم لم يفعلوا. فالثقوب السوداء أحد أعجب الأشياء التي عرفتها البشرية، والتعمُّق في عالمها يؤدي إلى نتائج غير معقولة، فلا تعجب عندما أقول لك إن بعض العلماء يشيرون إلى أن أي شيء يوجد داخل الثقب الأسود يمكننا أن نحصل على بياناته وصفاته من على سطح الثقب الأسود نفسه، أي أن أي شيء مادي حقيقي ثلاثي الأبعاد يسقط داخل الثقب الأسود، نجده في صورة ثنائية الأبعاد مطبوعة على سطح الثقب الأسود، وإذا كانت هذه هي حقيقة عمل الكون، فإننا نحن وعالمنا وكوكبنا ومجموعتنا الشمسية قد نكون مجرد إسقاط ثلاثي الأبعاد لحقيقة ثنائية الأبعاد موجودة على سطحٍ محيطٍ بنا!

خرقت فيزياء «آينشتين» فكرة الواقعية، وأثبتت أن الحقائق قد تكون أربى من الخيال والأساطير، وأعطت الضوء الأخضر لطرق جديدة لقبول الحقائق ورفْض الواقع. وعلى الرغم من أن كثيرًا من الناس يظنون أن «آينشتين» يمثل ذروة ما وصلت إليه الفيزياء من عجائب، فإن هذا هو معتقَد مَن لا يعرف شيئًا عن فيزياء الكم؛ ففي النصف الأول من القرن الماضي تطورت هذه النظرية ألمانية المنشأ، وكانت لها غرائبها الخاصة إذا أسقطناها على الواقع.

∞ ∞ ∞ ∞ ∞

في مطلع القرن الماضي، كان فيزيائيو الكم يجتهدون للترقِّي بنظريتهم أكثر فأكثر، والقراءة في تاريخ النظرية تُشعرك أنها كانت واجبًا قوميًّا أوروبيًّا، فعلى الرغم من أنّها كانت ألمانية الصنع في معظمها، فإنها كانت تخطف ألباب العلماء غير مباليةٍ بحدود دولهم المنهكة من وطأة الحرب. اختلفت نظرية ميكانيكا الكم عن غيرها؛ لأنها كانت كلَّما تطورت أكثر زاد صدق تنبؤاتها، وفي الوقت نفسه زادت غرابتها بالشكل الذي يُعجز العلماء أنفسهم.

إن الفيزياء الكلاسيكية كانت تهدف إلى التنبؤ بتصرفات الكون بمنتهى الدقة، واعتمدت في ذلك على مبدأ الحتمية القديم، لكن في منتصف عشرينات القرن الماضي عندما فسَّر «بور» معادلات «شرودنجر» على أنها تصف احتمالية وجود الإلكترون في مكانٍ ما، وجد الفيزيائيون أنفسهم في مرمى نيران الصدفة والاحتمالات وقد انكشف عنهم غطاء الحتمية. وعلى الرغم من هذا القدر الهائل من الخيال الذي تسرَّب إلى الفيزياء شيئًا فشيئًا، فإن القضاء على مبدأ الحتمية جعل هذا التسرُّب يتحوَّل إلى سيلٍ من الخيال يصب مباشرةً في قلب علم الفيزياء. صدِّقني، إن الأمر يتعدَّى فكرة التنبؤ باحتمالية معينة فقط.

ازدادت النظرية إرباكًا للعلماء عندما صاغ «هايزنبيرج» مبدأ عدم اليقين بعدما تبيَّن استحالة قياس موقع الإلكترون وكميَّة حركته في اللحظة ذاتها، وفي حين كان كثيرٌ من العلماء، وعلى رأسهم «آينشتين»، يُشككون في نتائج النظرية وإسقاطها

على تصرفات العالم الكبير، اتهم «هايزنبيرج» الفيزياء الكلاسيكية بتجاهلها قدرًا ضروريًّا من اللّايقين، الذي يجعل التعبير الأمثل عن المستقبل يعتمد على حساب دالة احتمال مستقبلية. وبلغت فيزياء الكم ذروة تطرفها عندما ضرب «شرودنجر» التجربة الذهنية المشهورة باسم «قطة شرودنجر»؛ حيث قبلها روَّاد النظرية ولم ينكروها حتى أصبحت هذه التجربة مثلًا مشهورًا تشرح فيه «الكم» غرابتها، ولا يعلم الغالبية العُظمى أن «شرودنجر» ضرب هذه التجربة محاولًا أن يبيِّن عوار النظرية وتناقضها مع الواقع.

لدينا صندوق مُغلق بداخله قطة تتوقَّف حياتها على عملية كمِّيَّة احتمالية حدوثها ٥٠٪، وبالتالي فإننا ننظر إلى الصندوق ونحن عالقون بين احتمالين لا ثالث لهما: فإمَّا أن تكون القطة ميتة وإمَّا أن تكون حيَّة، ووفقًا لقواعد ميكانيكا الكم فإن القطَّة توجد في الحالتين معًا في كل لحظة! فداخل الصندوق موجات احتمالية تمثل القطة ميتة، وموجات احتمالية تمثل القطة حية، وعملية القياس المتمثلة في فتح الصندوق هي التي تستبعد الوظائف الموجية لإحدى الحالتين وتبقي الأخرى، فنرى القطة إما حيَّة وإمَّا ميِّتة. هذا يعني أنَّك لم تكُن مجرد مُشاهد عادي لا حول لك، بل إن الحقيقة التي اكتشفتها في النهاية تعتمد في الأصل على نظرتك!

وقبل أن تستعجب وتسأل: هل هذه هي الحقيقة؟ اسأل نفسك أولًا: هل هذا الكلام يترك معنى لكلمة الحقيقة أصلًا؟ فما معنى الحقيقة إذا كانت تتغيَّر بتغيُّب ناظريك عنها؟! دُرجنا منذ صغرنا على أن الحقيقة تكون ثابتة لا نؤثِّر فيها، سواء أغبنا عنها أم حضرناها، دُرجنا منذ صغرنا على أن القمر الذي في السماء ثابت في مكانه، سواء أنظرنا إليه أم حال بيننا وبينه ألف حائل، دُرجنا منذ صغرنا على أن المنزل المقابل لمنزلنا موجودٌ سواء ألمحته من الشباك أم كان الشباك مغلقًا، لكنّ ميكانيكا الكم تنفي هذا كله وتغيِّر معنى الحقيقة، وإن شئت قل تسلب من الحقيقة معناها؛ فالشيء الذي ستجري عليه عملية القياس موجود في كل الاحتمالات التي يمكن أن يوجد فيها حتى لحظة القياس.

إنَّه أنت من يجبر الطبيعة على الظهور بحقيقة معينة!

إنَّ الشجرة، التي في حديقة بيتك، ليست على الحال الذي رأيته منذ ساعات، بل إنها كبيرة بائدة وصغيرة ناشئة وفتيَّة مثمرة وقوية قائمة وضعيفة ساقطة.. ما دمت تقرأ هذا الكتاب وتتجاهلها الآن!

إذا كانت حقيقة الشجرة تتحدَّد بعملية قياس أنت تُجريها، وإذا كانت نظرتك تحدِّد واقعًا ما، فهل أنا وأنت وعالمنا ومجموعتنا الشمسية نعيش واقعًا ناتجًا عن عملية قياسٍ ما؟

إذا كانت عملية القياس نفسها تُجبر الطبيعة على اختيار لباس واحد تظهر به، فأين تذهب باقي الاحتمالات؟

قد يقول القائل: إن لحظة القياس هي نفسها لحظة انقسام الكون إلى أكوان متوازية يكون عددها بنفس عدد الاحتمالات الممكنة، وبالتالي يتحقق كل احتمال في عالمه الخاص! إنَّها فكرة غريبة لكنَّها مشروعة جدًّا في ظل نظرية تقرُّ بأن عملية القياس هي التي تحدد الواقع.

ذكرنا في الفصل التاسع مسألة الترابُط العجيب بين جسيمين مهما كانت المسافة بينهما، التي تدلّ عليها معادلات الكم، لكنّ ما لم نذكره هو أن بعض التجريبيين المتخصصين نجحوا في استغلال هذه العلاقة لنقل الجسيمات من مكان إلى مكان دون عبور المسافة بينهما في عملية انتقال كمِّي فورية! فبعد إرسال أحد الجسيمين المرتبطين وليكن إلى المكان المنشود، ومن خلال عملية نقل معلومات بين جسيم ثالث نريده أن يلتحق بالمكان المنشود والجسيم المترابط الذي ما زال في المعمل، يتم نسخ هذا الجسيم الثالث على الجسيم البعيد ليحلَّ محلَّه! والمهم الآن أنه لو تمكن العلماء من هذه فهل يتمكَّنون من نقل الإنسان نفسه من مكان إلى مكان بالطريقة نفسها؟ ففي النهاية، ما الإنسان إلَّا جزيئات! ومن سيكون يا تُرى الشخص الحقيقي: المنسوخ أم الجديد؟ وهل ينتقل بجميع معلوماته وماهيته؟ وما مصير الجسم الذي يتعرَّض لعملية النسخ؟

لن ألفت نظرك بعد الآن إلى أن هذا الفصل يقارن علاقة الفيزياء بالخيال.

∞ ∞ ∞ ∞ ∞

أسدل القرنُ الماضي ستارَه وثمَّة نظرية جديدة تعايِش أوج قوتها وشهرتها وحفاوة المجتمع العلمي بها. انتهى القرن العشرون وقد أُلفت فيها الكتب وأُنتجت الأفلام الوثائقية ولمعت جماعة معينة من الفيزيائيين. إنها نظرية الأوتار التي بدأ القرن الحالي أيامه ولا شيء في العلوم الطبيعية أشهر منها؛ فبالنسبة لأربابها من الفيزيائيين فإن النظرية تعتبر مرشحة بقوة لأن تصبح نظرية كل شيء، النظرية التي تمثل مفتاح فك شفرة الكون.. أما بالنسبة لعوام الناس والمتابعين فالنظرية إحدى أجمل قصص الخيال العلمي التي سمعوها على الإطلاق؛ فهي ليست من تأليف روائي شهير كباقي القصص، لكنَّها من تأليف فيزيائيين متخصصين!

إذا كنا في هذا الفصل نناقش النظريات بحريَّة غير علميَّة ونختبر حدودها الفاصلة بينها وبين الخيال، فإنِّي أؤكد لك أن هذه النظرية قد اخترقت هذه الحدود وهدمتها من دون أسباب علمية مقنعة على الإطلاق، فلا تنبؤات ولا تجارب، فقط رياضيات جميلة لتزيين النظرية. فنحن الآن نتكلَّم عن فلسفةٍ ما، يُحتمل أن تكون نظرية حقيقية، ونتكلم عن إجابات مُحتملة، لكثيرٍ من المسائل المهمة؛ لذلك فالأمر مختلف قليلًا في هذا الجزء عن باقي الفصل، فعلى عكس الخيال الشاطح الذي نتج عن نظرية الكم التي تُعتبر أنجح نظرية فيزيائية، فإنك ستشعر في هذا الجزء أننا نناقش خيالًا نتج عن خيالٍ، لا عن نظرية فيزيائية ناجحة!

تم بناء نظرية الأوتار على فكرة استبدال أوتار متذبذبة كلبنات أساسية لهذا الكون بالجسيمات النقطية، وهذه الأوتار رفضت أن تتعاون مع أصحاب النظرية المجتهدين إلَّا من خلال الإقرار بأنها تتذبذب في تسعة أبعاد مكانية، عندها فقط بدأت النظرية تخطو للأمام. على هذا الأساس وبنظرة أكثر راديكالية فإن النظرية تبدو وكأنّها وليد غير شرعي لخيالٍ ورياضيات. ثم أتت النظرية «m» التي يمكنك أن تعتبرها مرحلة في نظرية الأوتار، وأضافت بُعدًا مكانيًّا جديدًا، ليصبح لدينا عشرة أبعاد مكانية وبعد زماني. إن فكرة الأبعاد المتعددة ليست فكرة غريبة على الفيزيائيين، وقد ذكرنا ذلك في فصول سابقة، لكن الغريب هنا هو الاستسلام لهذا العدد من الأبعاد واستكمال بناء النظرية عليه.

على كل الأحوال، إذا كانت معادلات منظري الأوتار تقضي بهذه الأبعاد الإضافية السبعة، فإنه من حقك أن تؤمن بوجود أكوان موازية غير كونك هذا.. ولا تخف، فالنظرية كلها هي ركنك! إذا كان الإنسان مخلوقًا لا يدرك سوى ثلاثة أبعاد مكانية، فإنَّك يستحيل أن تدرك هذه الأبعاد الجديدة على الرغم من وجودها، بل يكاد يكون من المستحيل أن تتخيلها حتى في ذهنك؛ وإن شئت فجرِّب الآن أن تتخيل بُعدًا رابعًا غير الطول والعرض والارتفاع يتعامد عليها.

أترى هذه الكلمات التي تقرؤها الآن؟ إنها منطبقة على الصفحة ذات البُعدين؛ فهي كذلك ذات بُعدين فقط، فهي لا يمكن أن تتحرك إلى أعلى باتجاهِ عينيك تاركة الصفحة. تخيل أن هذه الكلمات هي كائنات وأن هذه الصفحة هي كونها، فإنها لن تدرك غيره أبدًا ولن تشعر بغيره، إنها لا تدرك إلَّا ما هو منطبق على الصفحة ثنائية البعد، فحتى لو أطبقت عليها صفحة أخرى مليئة بالكلمات (الكائنات) فأهل كلتا الصفحتين لن يشعر أحدهما بالآخر، وهذا هو ما تؤمن به نظرية الأوتار، أكوان متوازية نحن عالقون في أحدها لا ندرك سِوَى ثلاثة أبعاد.

إن المثير حقًّا في هذه الأفكار الأخيرة أن النظرية قد وجدت تفسيرًا أنيقًا، لتبرير ضعف قوى الجاذبية بالنسبة لغيرها من القوى. في البداية لا بُدَّ أن ألفت نظرك إلى ضعف قوى الجاذبية الذي حيَّر العلماء. صحيح أن الجاذبية هي المسؤولة عن بقائك على هذا الكوكب، وهي أيضًا المسؤولة عن بقاء الكوكب في مداره، إلَّا أنها أضعف من باقي القوى بشكل مُثير للانتباه؛ فمثلًا: القوى الكهرومغناطيسية أقوى منها بملايين المرات، إن الجاذبية أضعف بكثير من أن تتغلَّب على الكهرومغناطيسية والروابط بين ذرات المواد المكونة للقشرة الأرضية وطبقات الأرض وتجذبك إلى مركز الأرض، ولو كانت الجاذبية أقوى من باقي القوى الكونيّة الثلاثة، لكان كل شخص منتحر من فوق بناية مرتفعة ملتصقًا بمركز الأرض الآن. هذا الضعف هو الذي حيَّر العلماء.

أمَّا أصحاب نظريتنا هذه، فإنهم قالوا إن الأوتار لها أكثر من شكل، منها ما يكون مرتبطًا بطرفيه بالنسيج الكوني، ومنها ما يكون حلقيًّا وحُرًّا غير مرتبط بالنسيج الكوني، والأوتار التي تشكِّل الجرافيتون تكون من هذا النوع الأخير، وبالتالي فإنها قادرة على مغادرة كوننا ولا يبقى منها إلَّا ما يترك هذا الأثر الضعيف الذي حيَّرنا.

والآن، إذا كانت الجاذبية تستطيع الإفلات من كوننا وربما تصل إلى غيره، فهذا يعني أننا إذا طوَّعناها بشكلٍ ما كوسيلة للتواصل، فإننا سنتواصل فعلًا مع هذه الأكوان الأخرى! أنا أعلم أنَّ هذا الكلام يبدو لك خيالًا محضًا، لكن صدِّقني، هذه هي نظرية الأوتار، هذه هي آخر نظرية يحاول الفيزيائيون توصيف كونك بها.

إن نظرية الأوتار قد أعطت إجاباتٍ مُحتملة لكثيرٍ من المسائل التي أزعجت الفيزيائيين، مثل: الثقوب السوداء وتمزُّق الفضاء وحتَّى نشأة الكون نفسه، ولعلَّ هذا هو ما يبقيها بين أروقة المعامل والمعاهد والجامعات، لكن أصحابها يدركون أنها وإياهم في خطرٍ عظيم، وأنها إلى الآن لا يمكن أن تُرى إلَّا على أنها ذروة خيال الإنسان في محاولاته لفَّهم الكون.

أنا لا أدري هل تطرف العلماء في إطلاق العنان لعقولهم بعدما رأوا عجائب نظرية الكم على الرغم من نجاحها المعملي الساحق، فصبَّروا أنفسهم بأن هذه كتلك على

الرغم من بُعدها عن التجارب والتنبُّؤات حتى الآن، أم أنهم تطرفوا في إطلاق العنان لرياضياتهم ومعادلاتهم، أم أن هذه النظرية هي الطريق الصحيح فعلًا ولا بُدَّ منها! إنَّ كل ما يتضح وضوح الشمس في كبد السماء هو أن الفيزيائيين قد أعجزوا مؤلفي أفلام الخيال العلمي ومُخرجيها وسبقوهم بعدما كانوا خلفهم في مكانهم الطبيعي، وأن الفيزياء الآن أصبحت علمًا للخيال.

∞ ∞ ∞ ∞ ∞

(تم الكتاب بحمد الله وتوفيقه)

∞ ∞ ∞ ∞ ∞

قائمةُ المصادر

- Scientific American، مُجلّد ١٨٢، عدد ٤ أبريل لسنة ١٩٥٠ م.

- ستيفن هوكينج، «تاريخ موجز للزمن».

- توبي هيف، «فجر العلم الحديث».

- هانز ريشنباخ، «من كوبرنيكوس إلى آينشتين».

- الجزيرة الوثائقية، «علماء مسلمون».

- ألبرت آينشتين، «رسالة لحفلة مسائية في جامعة كولومبيا بمناسبة ذكرى وفاة كوبرنيكوس»، عام ١٩٥٣.

- جون جريبين، «البساطة العميقة».

- ألبرت آينشتين، مقال نُشرَ في ألمانيا في «فرانكفورت رتسيتنج» ٩ نوفمبر ١٩٣٠ بمناسبة ذكرى وفاة «كيبلر».

- «اكتشافات وآراء جاليليو»، كلمات للنشر.

- روب آيلف، «نيوتن».

- ألبرت آينشتين، مقال في المجلة الدورية الألمانية «دي ناتور تش شافتن»، المجلد ١٥، لسنة ١٩٢٧م.

- ألبرت آينشتين، مقال بمناسبة الذكرى المئوية لميلاد «ماكسويل»، مطبعة كامبريدج، ١٩٣١م.

- كلود بريزنسكي، «تاريخ العلوم».

- ميتشيو كاكو، «كون آينشتين».

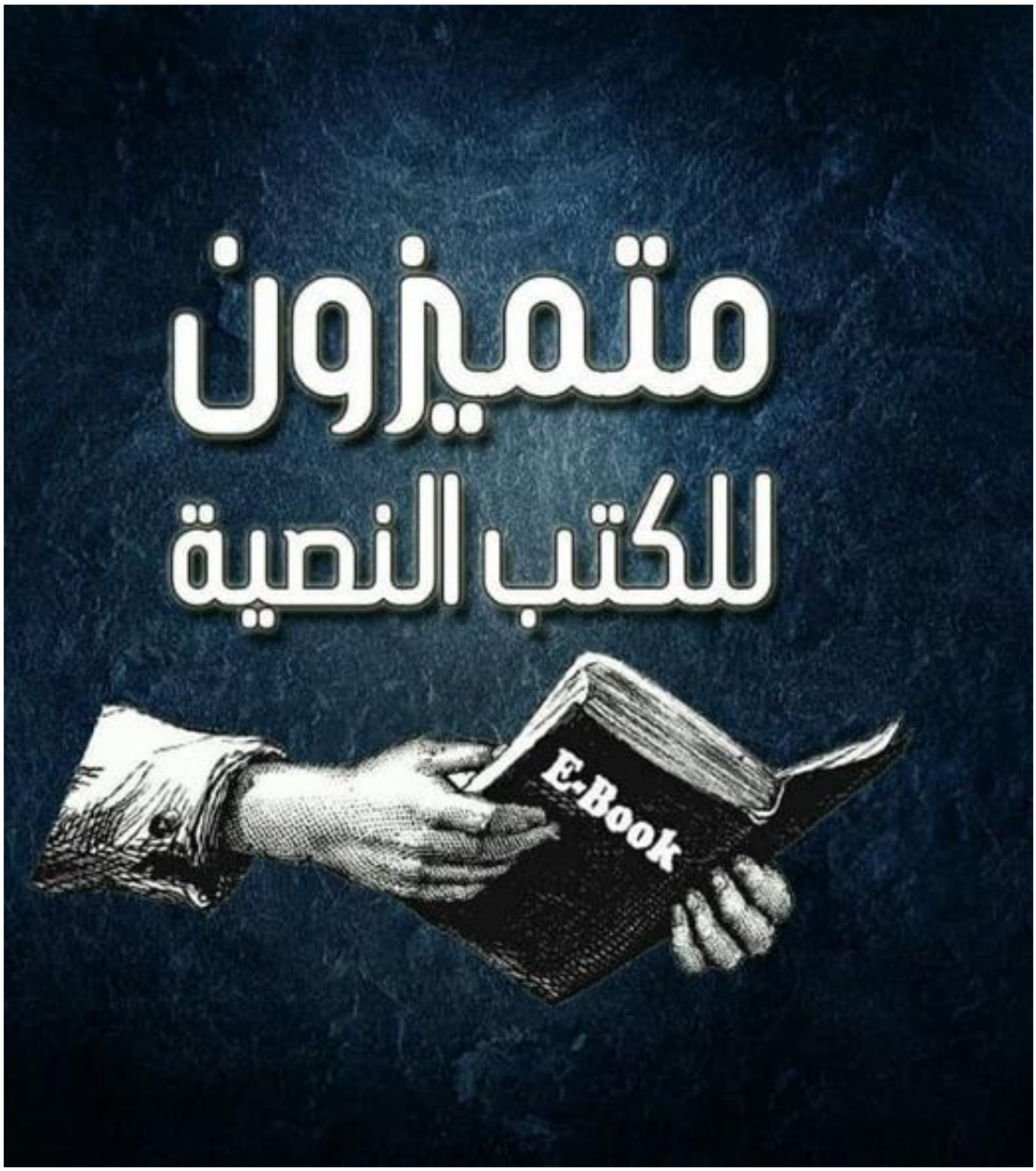
- فيرنر هيزنبيرج، «الفيزياء والفلسفة».

- ألبرت آينشتين، محاضرة في كنجر كولدج، لندن، نُشِرت في «كيف أرى العالم» ١٩٣٤م.

- براين غرين، «الكون الأنيق».

- لي سمولن، «مشكلة الفيزياء - نهضة نظرية الأوتار وانحدار العلم».

∞ ∞ ∞ ∞ ∞


متميزون
للكتب النصية
E-Book

Group Link – لينك الانضمام الى الجروب

Link – لينك القنـــــاة

الفهرس..

الإهداء..

شكرٌ واجب

المُقدِّمة

الفصل الأول

قبل البدايــة

الفصل الثاني

البدايـــة

الفصل الثالث

صراع في مُدرَّج روما

الفصل الرابع

الكون المنتظم

الفصل الخامس

على خشبة المسرح

الفصل السادس

عصرٌ جديد

الفصل السابع

من قطار الضوء

(النسبية الخاصة)

الفصل الثامن

الكون الجديد

(النسبية العامة)

الفصل التاسع

التصادم

الفصل العاشر

معاهدة السلام الكبرى

(نظرية الأوتار)

الفصل الحادي عشر

علم الخيال

قائمةُ المصادر

Notes

[←1]

(1)حضارة قديمة سكنت ما بين النهرين في العراق قبل الميلاد، وكان أهلها أهل زراعة، الأمر الذي تطلب منهم الإلمام بمعرفة في الحساب والفلك وقياس الزمن والهندسة.

[←2]

(2)حضارة قامت على الأراضي البابلية نفسها قبل الميلاد بعد الاستقلال من الآشوريين.

[←3]

(3)هي سرعة دوران جسم حول محور.

[←4]

(4)هانز ليبرشي (ليبرشيم)، صانع نظارات متواضع في هولندا توصَّل إلى فكرة المنظار المقرب بالمصادفة في أثناء لعب أولاده ببعض العدسات.

[←5]

(5)إقليم في وسط إيطاليا لعب دورًا مهمًّا تاريخيًّا وثقافيًّا في نهضة إيطاليا، حتى إن معظم مشاهير إيطاليا لهم علاقة بهذا الإقليم، مثل: دافنشي، جاليليو، مايكل أنجلو، أمريكو فيسبوتشي.

[←6]

(6)إسحق بارو (١٦٣٠ ـ ١٦٧٧م) رياضي إنجليزي، أول من شغل منصب أستاذية الرياضيات الذي أسسه هنري لوكاس في كامبريدج.

[←7]

(7)فرانسيس بيكون (١٥٦١- ١٦٢٦م) فيلسوف إنجليزي كبير، أقر «بيكون» أن منطق القياس الأرسطي أصبح غير مُجدٍ في مثل هذه العلوم ولا بُدَّ من بداية جديدة تعتمد على الملاحظة والتجريب.

[←8]

(8)القطوع المخروطية هي أشكال تنتج عن تقاطع المخروط الدائري القائم مع سطح مستوٍ، وزاوية التقاطع هي التي تحدد نوع القطع المخروطي:

القطع الناقص: إذا كان السطح المستوي ليس عموديًّا على المحور وغير موازٍ لراسمه.

القطع المكافئ: إذا كان السطح المستوي ليس عموديًّا على المحور وموازيًا لراسمه.

القطع الزائد: إذا كان السطح المستوي موازيًا للمحور.

[←9]

(9)جون واليس (١٦١٦- ١٧٠٣م)، عالم رياضيات إنجليزي من أوائل من أسهموا في نشأة وتطوير التفاضل والتكامل، ويقال إنه أول من استخدم مصطلح اللانهاية في الرياضيات.

[←10]

(10)أحد تخصصات الفيزياء الذي يهتم بالمناظر والمرئيات والأطياف والموجات، ويعتبر ابن الهيثم هو المؤسس الحقيقي لهذا العلم بكتابه «المناظر».

[←11]

(11)رينيه ديكارت (١٥٩٦- ١٦٥٠م) فيلسوف فرنسي له إسهامات مهمة في الرياضيات والفيزياء.

[←12]

(12)روبرت بويل (١٦٢٧- ١٦٩١م) عالم وكيميائي آيرلندي، وهو صاحب قانون علاقة حجم الغاز والضغط عند ثبوت درجة الحرارة المعروف بـ«قانون بويل» (عند ثبوت درجة الحرارة فإن العلاقة عكسية بين الحجم والضغط).

[←13]

(13)روبرت هوك (١٦٣٥- ١٧٠٣م) أحد أبرز علماء الطبيعة الإنجليز وقتها، وكان عضوًا في الجمعية الملكية، ودارت بينه وبين «نيوتن» كثير من المناورات العلمية.

[←14]

(14) «royal society of London for improvement of natural knowledge» (جمعية لندن الملكية لتحسين المعرفة الطبيعية)، تم تأسيسها عام ١٦٦٠م وتموِّلها الحكومة البريطانية بهدف إثراء المعرفة الطبيعية بكل تخصصاتها، رئيسها الأول هو عالم الرياضيات «ويليام برونكر» بعد صدور الميثاق الملكي بالموافقة الفعلية لمزاولة عملها عام ١٦٦٢م.

[←15]

(15)إدموند هالي (١٦٥٦- ١٧٤٢م) فلكي إنجليزي له مجهودات مهمة في إثراء مكتبة العلوم الطبيعية بكتب العلماء، شغل منصب الفلكي الملكي بعد «جون فلامستيد»، وهو منصب مهم جدًّا في البلاط الملكي البريطاني، وهو أول من تتبَّع وقاد حوار العلماء في تتبُّع مسار المذنَّب الذي عُرف باسمه فيما بعد (مذنب هالي الذي يزور الأرض كل ٧٦ عامًا).

[←16]

(16)جون فلامستيد (١٦٤٦- ١٧١٩م) فلكي إنجليزي، وهو أول من شغل منصب الفلكي الملكي في بريطانيا، وكان قد رصد مذنب الشتاء في المرتين واقترح أنه مذنب واحد.

[←17]

(17)حركة التيار المغناطيسي حول الشمس، ولقد قدَّم الشرح المغناطيسي التفسير الأمثل لتأثير الشمس على الكواكب لفترة قرن تقريبًا.

[←18]

(18)ويليام جيلبرت (١٥٤٤-١٦٠٣م) فيلسوف طبيعي إنجليزي، كان مولعًا بالقوى المغناطيسية، وكان يرى أن الشمس تجذب الكواكب من خلال تأثير مغناطيسي بينها.

[←19]

(19)لورد كيلفن (١٨٢٤-١٩٠٧م) فيزيائي بريطاني، يعتبر أحد أهم أعمدة الفيزياء الحديثة، وهو صاحب وحدة قياس الحرارة المعروفة «كيلفن».

[←20]

(20)إيمانويل كانت (١٧٢٤-١٨٠٤م) فيلسوف ألماني عاش في بروسيا، وهو من فلاسفة التنوير المتأخِّرين وأحد أهم الفلاسفة الذين كتبوا في نظرية المعرفة، ويعد كتابه «نقد العقل الخالص» هو أهم كتاب فلسفي في نظرية المعرفة والميتافيزيقا.

[←21]

(21)القديس أوغسطين، أحد آباء الكنيسة، عاش في القرن الخامس الميلادي ويُعتبر في التراث المسيحي من أهم الشخصيات التي تركت تأثيرًا فكريًّا.

[←22]

(22)تعني ظاهرة الانزياح الأحمر زيادة الطول الموجي للموجات الكهرومغناطيسية إذا كان مصدرها يبتعد متسارعًا عن الراصد؛ فمثلًا: إذا كان هناك نجم ما يتحرك بسرعة مبتعدًا عن الأرض فإن الراصد سيلاحظ طيفًا أحمرَ في ضوء النجم؛ وذلك لأن تحرُّك النجم بسرعة بعيدًا عن الأرض أدَّى إلى زيادة الطول الموجي لضوئه وبالتالي ظهور اللون الأحمر صاحب أطول طول موجي بين أقرانه.

[←23]

(23)كارل بوبر (١٩٠٢- ١٩٩٤م)، فيلسوف إنجليزي من أصول نمساوية، عمل أستاذًا لفلسفة العلوم في كلية لندن للاقتصاد، وله مكتبة ضخمة في مجاله، وكان قائدًا لتيار التفنيد الحقيقي للنظريات العلمية، منتقدًا بذلك طريق كثيرٍ من الفلاسفة الذين كانوا يخلقون التبريرات للنظريات العلمية بدلًا من تفنيدها.

[←24]

(24)هنري بيكريل (١٨٥٢- ١٩٠٨م)، فيزيائي فرنسي له إسهامات كبيرة في مجال النشاط الإشعاعي، حتى إن اسمه يُستخدم كوحدة لقياس النشاط الإشعاعي، حصل على جائزة نوبل في الفيزياء عام ١٩٠٣م.

[←25]

(25)ماري كوري (١٨٦٧- ١٩٣٤م)، فيزيائية وكيميائية فرنسية، بولندية الأصل، لها أبحاث مهمة حول النشاط الإشعاعي للذرة، وهي أول امرأة تحصل على الأستاذية في جامعة باريس وأول امرأة تحصل على جائزة نوبل، وقد حصلت «كوري» على نوبل مرة في الفيزياء عام ١٩٠٣م ومرة في الكيمياء عام ١٩١١م.

[←26]

(26)إرنست رذرفورد (١٨٧١- ١٩٣٧م)، فيزيائي بريطاني من أصول نيوزيلندية، وهو صاحب أهم تجارب في الفيزياء في عصره، وأدت أبحاثه حول الذرة إلى الوصول إلى مكونات الذرة، ووضع نموذجًا واضحًا لتركيبها، حصل على نوبل في الكيمياء عام ١٩٠٨م.