

نص الغلاف الداخلي

قد يبدو تقديم أهم المعارف في كتيب محدود الحجم كهذا مهمة صعبة؛ ولكن ليس من الصعب التفكير في سياق هذا الكتاب الصغير في الموضوعات الكبرى التي قد يشملها هذا العنوان. بدلاً من ترويع قراءه بسيل من المعلومات والواقع والمعادلات والمعرفة المبدئية، يقدم "إرنست بيتر فيشر" معلومات ملهمة عن ثورات معرفية حقة في جميع مجالات الحياة. انطلاقاً من سؤال يدور حول ماهية الطاقة، وأهميتها على هيئة الضوء للجماد والكتلة الحية، يقودنا خطوة بخطوة عبر عالم مدهش من المعرفة، ويشرح لنا في سرد توصيفي للمعارف الجديدة التي اكتسبناها على مر التاريخ. يعرض علينا في بعض الأحيان أفكار رجل حكيم وإنجازاته العظيمة، ويعرض علينا في مرات أخرى متكررة لحظات عجزت فيها البشرية وغلب الجانب المظلم من المعرفة على المشهد. يزداد الوعي في هذا الصدد، فيصعب البحث عن المعرفة خواطر أخلاقية – في مجال علم الوراثة على سبيل المثال. يتจำกب معظم البشر معرفة حدود العلوم وال المجالات التي تعجز فيها هذه العلوم، ويفضلون ذلك على معرفة الحقيقة.

درس "إرنست بيتر فيشر" الرياضيات والفيزياء والأحياء في معهد كاليفورنيا للتكنولوجيا، وحصل هناك أيضاً على درجة الدكتوراه. كان تلميذًا لـ "ماكس ديلبروك" الحاصل على جائزة نوبل. بعد حصوله على درجة الأستاذية في تاريخ العلوم تولى مهام التدريس في كونستانتس وهايدلبرج. نال بكتابه "تعليم مختلف" شهرة تخطت حدود تخصصه. نال عدداً كبيراً من الجوائز، منهاجائزة الثقافية إدوارد راين، وميدالية لورانس أوكن للجمعية الألمانية للأطباء والباحثين في علوم الطبيعة.

إرنست بيتر فيشر

كنوز المعرفة

منذ الانفجار الأزلي وحتى اليوم

الفهرس

مقدمة: حول سحر المعرفة

الضوء وطاقته	. 1
الكرة الأرضية في الفلك	. 2
نظرة على الحياة	. 3
الإنسان والجينوم	. 4
تحولات في التاريخ	. 5
الإنسان والألة	. 6
وقت مخصص للفن، أو الطريق من العلم إلى الحقيقة	. 7
عنوانين كتب مقترحة لقراءة	. 8
فهرس الشخصيات	. 9

قصة خرافية من زمننا المعاصر

يحكى عن ملك عاش في بلدة بعيدة، وأراد معرفة ما هو مهم حقاً. جمع علمائه وطلب منهم الإجابة على السؤال. واصلوا الليل بالنهار، ثم أصدروا سلسلة من الكتب وصل عددها إلى المئة. قال الملك: "لا، اختصروا المحتوى." اجتمع العلماء مرة أخرى وعادوا بكتاب واحد. قال الملك: "لا، أريد عبارة واحدة." أجاب العلماء: "يجب أن نسأل حكيم الصحراء إذا." ذهبوا إليه وأبلغوه بطلب الملك فأجابهم الزاهد في الحياة: "كل شيء سيزول."

مقدمة:

حول سحر المعرفة

كتب "جوترрид فيلهيلم لايبنليس" في "مقالات حول الثيوديسيا" (علم العدالة الإلهية): "المعرفة سحر لا يفهمه إلا من يتعرض له". لحسن الحظ أن معظم البشر يرغبون في معايشة هذا السحر، ولذلك صارت المعرفة مع مرور الزمن "نمطاً سلوكيًا وشغفًا"، كما جاء على لسان بطل رواية "رجل بلا صفات" للكاتب "روبرت موزيل". بحسب هذا الكاتب النمساوي صار الشخص الشغوف بالمعرفة واقع لا مفر منه، لأنه "لا مجال لعدم الرغبة في المعرفة". عمر هذه الفكرة من عمر الفلسفة نفسها. يرى أرسطو أن السعي البشري للمعرفة يمكن في طبيعتنا كبشر، ويبرر هذه الظاهرة في أول عبارة له في كتابه "الميتافيزيقا": يسعى البشر للمعرفة لأنها تخلق لديهم شعوراً بالسعادة بالدنيا. يطلق أرسطو على هذه المتعة مصطلح "aisthesis"، ومن شأنها فرض نوع من السحر على هذه المعرفة. يعد هذا السحر من الثوابت الأنثروبولوجية وله ملحم جمالي، وحينما نترك أنفسنا له ننال السعادة الأبدية وفقاً لما قاله مفكر العصور الوسطى أبيرتوس ماجنوس.

المعرفة تجلب السعادة والأصدقاء، هذا ما أسعى لنقدمه من خلال هذا الكتاب الصغير. إن نجحت في توصيل هذه الفكرة بوصفها "أهم المعارف" يكون هذا الكتاب قد حقق هدفه. لا يهم في هذا الشأن تقديم معلومات ووقائع أو البحث عنها شبكة الإنترنت "لنحملها معنا في سلام إلى منازلنا"، جاء هذا الوصف ذو الحس الفكاهي الراقي على لسان الأديب غوته منذ مئتي وخمسين عاماً. ما يهم حقاً هو السحر الذي يجلبه سرد هذه المعرفة، ودفعه لنا إلى الرغبة في المزيد من المعرفة، بقراءة أجزاء أخرى من السلسلة التي يصدر فيها هذا الكتب.

من الطبيعي أن أولويات الفرد تختلف عن أولويات الجماعة البشرية التي تسعى لمعرفة مستقبلها، فتكتشف في هذا السياق أن الحياة في المستقبل تتوقف على المعرفة التي يجيب البحث عنها أو لا لاستيفاؤها. تقع مسؤولية هذه المهمة الأساسية على عاتق علماء الطبيعة. إلى حياة وإنجازات هؤلاء أهدي الجانب الأكبر من هذا الكتاب. حتى وإن كان مستقبلاً مكتوب - كما يصفه الأديب اليوناني "بيندار" - ولا يعرف البشر كيف سيعيشون هذا المستقبل، إلا إنهم يرغبون في الحياة في عالم أفضل - عالم سيخلقونه بعلمهم دون التخل عن البحث عن أنفسهم.

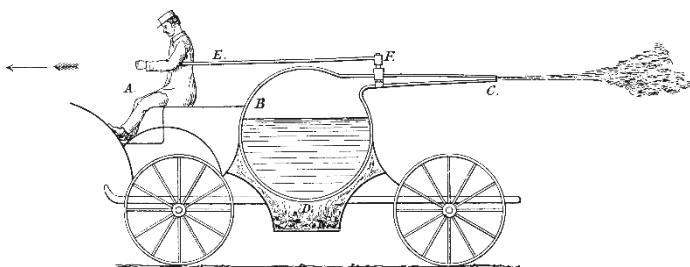
فكرة عرض "كنوز المعرفة" بوصفها إنجاز للبشر في سبعة فصول، مثلما حكى الإنجيل عن خلق الدنيا في سبعة أيام، جاءت في سياق الحديث مع محري المختص بنصوصي في دار نشر بييك، السيد "شتيفان فون دير لار". يرجع أصل هذا الرقم المدهش الذي نستخدمه لتقسيم الأسبوع إلى تنظيم تم اكتشافه منذ آلاف السنين في بلاد الرافدين دجلة والفرات. هذا التقسيم متقن لدرجة توحّي بأنه إلهام إلهي، وأنثبت صحته حتى يومنا هذا. ساعدت التجارب العلمية والعلوم والتكنولوجيات مع مرور السنوات في تشكيل الزمن وتقسيمه وقياسه بدقة. صار أهم ما يميز حياتنا في الحاضر والعالم بأكمله عدد متزايد من الآلات.

يبدو أن العالم صار هو نفسه آلة يحملها البشر بين أيديهم ويحصلون منها على المعرفة بالقدر الذي يجعلهم يمارسون حياتهم اليومية. أساس هذه المعجزة والتقنية وإتاحتها لنا هو علم منح المعرفة في القرن العشرين مستوىً جيداً من الجودة. إنها الفيزياء التي وجدت في الذرة عالم متشابك. ليست هذه الجزيئات كائنة في حد ذاتها؛ بل إنها متفاعلة في محيط مفتوح وبعد البشر جزء من هذا المحيط. ما يصفه البشر في علومهم ليس العالم نفسه، بل ما يعرفه البشر عن هذا العالم. المعرفة من صنع البشر، ويحكي هذا الكتاب في سبع فصول مختصرة قصه نسأة هذه المعرفة.

يمكن التعبير عن أهم نتائج هذا الكتاب بجملة واحدة: "العالم ظاهرة متكاملة ولا يتجزأ". تظهر هذه الجزيئات لأننا نمنحها أسماء لتحدث عنها. فكرة هذا التكامل قائمة منذ زمن بعيد. ننقل هنا عبارة أخرى عن الأديب غوته: "التدخل هو كل شيء". يصف هذا الاستنتاج بدقة أكثر في خطاب إلى صديقه "كارل فريدرش تسيلتر": "التدخل هو الحياة". تؤكد علوم الأحياء الحديثة هذه الفكرة، حينما تبتعد عن الجينات المتفردة وتركت على مجمل التركيب الجيني (الجينوم) والتفاعل المتبادل الذي يحكمه. لا يكون الإنسان في سياق هذا التصور فرد؛ بل وحدة ديناميكية من الخلايا الخاصة به وأنماط حياتية غريبة عليه.

حينما تأمل عالم الأدب الألماني "إرنست روبرت كورتسيوس" في القرن الماضي "عناصر تكوين العملية التعليمية" أدرك أن التاريخ تحكمه العلاقات أيضاً. اكتشف "كورتسيوس" أن متراً الأنفاق لم يكتب له السير إلا بعد تأمل البشر قبلها للسماء. ياله من تحول للمعرفة! ولكن: "كل معرفة يصحبها تغيير". لم يتقدّم "كورتسيوس" حينما تناول جوهر التعليم، وأدرك إنه ليس إلا عملية ممتدة من تكوين أشكال جديدة. تغير المعرفة الإنسان، كل فرد وكذلك الجماعة، والبشر يغدون بمعارفهم العالم. ليس أمامهم خيار آخر، لأنهم "لا يملكون القرار بعدم الرغبة في المعرفة"، كما ذكرنا من قبل. إنها عملية إدراك مؤلمة ولذيدة في آن واحد، إننا ندرك أن أسرار العالم لا تتضاعل مع زيادة المعرفة، بل تصير أكثر عمقاً. من يدرك ذلك جيداً، سيزيد احترامه لل الخليقة بكل عناصرها وسيراعي العالم والبشر من حوله بشكل أكبر. ربما سندرك حينها عن حق معنى كنوز المعرفة.

سيارة تعمل بالبخار أم بالكهرباء، هذا هو السؤال! يثبت هذا التصميم الهندي قدرة المعرفة على إلهام الخيال البشري. يرجع تاريخ هذا تصميم هذه السيارة البخارية إلى القرن التاسع وهي قائمة على فكرة للسير أيزاك نيوتن (1643-1727).



الفصل الأول

الضوء وطاقته

ورد في الكتاب الأول، كتاب موسى، أن الظلام قد غمر الطوفان الأول وأن الروح الإلهية حلقت فوق الماء. قد نصدق هذا الوصف ونحكي عنه، ولكن يجب معرفة ما نص عليه القانون الأول للفيزياء في القرن التاسع عشر: أن العالم نال منذ بدايته برقة الطاقة التي ملأته. الطاقة هي سبب وجود العالم. إنها غير قابلة للدمار، ويمكن صياغة مبدأ أن وجود الطاقة في العالم ثابت، في حين أن أشكال ظهورها تختلف، فتحول الحرارة إلى حركة أو العكس. تبقى الطاقة، ولكنها تغير بأشكالها المختلفة العالم، دون التخلّي عن الزمن الغامض الذي أظهر تأثيرها.

تلقت الطاقة أمراً بالظهور للعين المجردة بالكلمات: "كوني ضوءاً!" لم يعرف الرواة في الإنجيل وقتها أن الأشعة المرئية بالعين المجردة لا تمثل بمجموعة ألوانها إلا جزء ضئيل من إجمالي أشكال الضوء التي يعرفها علماء الفيزياء اليوم. نجح البشر مع مرور الزمن في اكتشاف المزيد من طاقة الضوء غير المرئية بالعين البشرية. لهذه الملاحظة توابع ثقافية، لأن العالم لم يعد كما يظهر لنا تحت الضوء الخارجي للشمس. إن العالم يظهر لنا في الضوء الداخلي للخيال. يصير العالم من اختراع البشر، ويظهر في العلم من خلال نظريات مجردة، ل أصحابها "أوبرت أينشتاين" مثلاً، ومن خلال الفن في لوحات مجردة، ل أصحابها "بابلو بيکاسو" مثلاً.

بدأ اكتشاف الضوء غير المرئي في القرن التاسع عشر مع الإشعاع الحراري وفي مجال فوق البنفسجي. جاءت المحطات التالية مع أشعة رونتجن عبر موجات الراديو، إلى أن وصلنا إلى الأشعة الغنية بالطاقة التي ترسل ذرات ناشطة حينما تحول عفويًا، فيتحول عنصر اليورانيوم إلى الراديو. فقدت الذرات مع ملاحظة هذا التفكك لأول مرة صفتها المقدسة منذ القدم بأنها غير قابلة للتجزئة. كان يجب التخلّي عن هذه القناعة حينما نجح العلماء قبل بداية القرن العشرين في إثبات أن الذرات تحتوي على جزيئات أصغر اسمها الإلكترون، وهي قادرة على الانفصال عنها: الذرات قادرة على الانقسام، دون التوقف عن تسميتها بمصطلح (átomos) وهو معناه "غير قابل للانقسام". إنه خطأ لغوي مقبول:ليس البشر مغمومين بغروب الشمس، على الرغم من قدرتهم على المعرفة منذ قرون بمعلومات أن دوران الأرض هو السبب في إدراكهم القوي للأفق في المساء وهو يدفع بنفسه أمام الشمس. لا يفكرون أيضاً بإيمان في أنهم قد قضوا أكثر من نصف حياتهم ورؤوسهم مدلة لأسفل في الفضاء، ولا يعرفون بسبب ذلك موضع الموضع الأعلى والموضع الأسفل.

انقسمت الذرات في القرن العشرين إلى جزئين، إلى نواة تحتوي على الجزء الأكبر من الكتلة والإلكترونات التي تترافق حولها وتستطيع أن تحول طاقتها الحركية إلى ضوء. يمكن تناول هذه العملية حسابياً، ولكن لن نفهم بعدها أيضاً تفاصيل هذه العملية. لا يعرف أحد بدقة كيفية نشأة الطاقة المحسوبة داخل الشمس، التي تصل إلى الأرض بعد تحولها إلى ضوء، وتتضمن الحياة على هذا الكوكب. ولكننا نعرف أمراً آخرًا، ألا وهو: أن ذرات

الهيدروجين تندمج وتحول إلى مادة الهليوم وتخرج على مراحل إلى الفضاء على هيئة أشعة. حساب ناتج الطاقة لهذه العملية صار ممكناً بعدما لاحظ "أوبرت أينشتاين" العلاقة الغريبة التأثير التي عبر عنها بمعادلة ($E = mc^2$). حسب الطاقة (E) لأي كتلة حينما نضرب هذه الكتلة بتربيع سرعة الضوء (c). ينبع عن ذلك رقم مهول، لأن الضوء سرعته ٣٠٠ ألف كيلومتر في الثانية، وبجاجة إلى ثانية وجزء بسيط من الثانية ليصل إلى القمر.

إن للمعادلة ($E = mc^2$) عواقب مذهلة، على سبيل المثال حينما يبذل جهد كبير متواصل لتحطيم جزيئات صغيرة. نجد أن الطاقة المبذولة في هذه العمليات تحول مع الوقت إلى مادة، فيزيد حجم الجزيئات بشكل غريب مع الانقسام بدلاً من أن يتضاعل. بدأت عالمة الفيزياء "ليزه مايتتر"، قبل طردها من قبل النازيين خارج البلاد، بتوجيهه أشعة النيوترون على أملأح اليورانيوم. واصل علماء الكيمياء في عام ١٩٣٨ هذه الاختبارات ولاحظ "أوتو هان" أن مادة اليورانيوم تحول إلى مادة الباريوم. أبلغ "ليزه مايتتر" التي كانت حينها في المنفى، وتمكن من التوصل إلى نتيجة مفادها أن شيئاً متميزاً قد صاحب هذا الانشطار النووي. تملك ذرات الباريوم كتلة أقل من اليورانيوم، إذًا تخرج الطاقة في سياق هذا التحول. كانت "ليزه مايتتر" هي أول من نجح في فترة أعياد الميلاد لعام ١٩٣٨ ومع استخدام معادلة "أينشتاين" ($E = mc^2$) في استنتاج أن هذه العملية ينتج عنها ضوء ساطع وخطير. أخرجت القابل النووية، التي أنتجت حتى نهاية الحرب العالمية الثانية وأُستخدمت لاحقاً، ضوء ساطع يعادل ضوء آلاف الشموس.

حينما اكتشف "أينشتاين" التعادل القائم بين الكتلة والطاقة لم يعرف علماء الفيزياء وقتها إلا القليل عن الذرات ليفكروا في تصميم القابل. الحقيقة التاريخية تفرض أن "أينشتاين" لم يسع لمعرفة حجم الطاقة الكامنة في الكتلة. انصب اهتمامه بالعكس على التغير الذي يطرأ على تثاقل الجسم حينما يزيد معدل الطاقة. كان من الأفضل أن تكون معادله ($m = E/c^2$)، ولكنها نتيجة ستكون أقل إثارة بكل تأكيد.

يُقال كثيراً عن عام ١٩٠٥ إنه كان عام العجائب لـ "أينشتاين"؛ لأنه قدم خلاله خمس أعمال كبيرة وكانت جميعها تستحق جائزة نobel. حصل على هذه الجائزة لمقرح وصفه هو بالثورة، إذ كان يتناول تحول الضوء إلى كهرباء، وهي ظاهرة كهرومagnetية لم ينجح أحد في فهمها من قبل. يبدو أن الإلكترونات تتحرك لحظة تسلیط الإشعاع على المعادن، وليس لذلك علاقة بكثافة الضوء الساقط، ولكن بتردداته. قد يبدو هذا الاكتشاف بسيطاً، ولكن "أينشتاين" قد أحدث ثورة في الفيزياء، علمًا بأنه، بحسب رؤيته، قد فقد توازنه في هذه المرحلة.

حينما تناول "أينشتاين"، الذي كان مجھولاً وقتها، ظاهرة التأثير الضوئي وركز على التفاعل بين الضوء والكتلة، كان على مشارف التضحية بحقيقة علمية ستناولها فيما يلي، كما أحدث تجدیداً لم يقم به شخص من قبله. يرجع هذا التجدد إلى "ماكس بلانك" الذي قدم اقتراحًا مؤثراً في عام ١٩٠٠، ليفهم الألوان التي كان يشع بها جسم أسود حينما يتعرض للحرارة. بعد سنوات من التفكير الفاشل في قانون الإشعاع أدخل "بلانك" على علمه في

لحظة من اليأس مصطلح "القفزة العددية"، الذي نستخدمه اليوم بمعنى مجازي. نشأ فرع علمي جديد، ميكانيكا الكم، وجلب معه رؤية جديدة تماماً عن العالم، ولا يمكن وصف حجم أهميته للبشرية أجمع.

تهتم ميكانيكا الكم في المقام الأول بالذرات وضوئها. إنها لم تفتح مجالاً جديداً للتفكير الفلسفـي فحسب؛ بل أتاحت الفرصة لتطورات تقنية جديدة، مثل الترانزistor، الذي غير اليوم حياتنا اليومية بشكل كبير، وكان سبباً أساسياً في تشكيل الاقتصاد العالمي.

تمثل ميكانيكا الكم نقطة البداية لتطور مذهل في العلوم الطبيعية. إنها لحظة الذروة والنهاية لمنهج تفكير خلق نوع جديد من المعرفة. المقصود هنا معرفة تقوم على الاحتمالات، ولا تعرف بالقوانين القدرة للطبيعة؛ بل تعول على القوانين الإحصائية وتذكر ظواهر التكرار والتوزيع. من البديهي أن هذا النوع من المعرفة صار الآن جزءاً من حياتنا اليومية، بينما تتوقع نتائج الانتخابات أو نسمع عن فرص سقوط الأمطار، ولكن يقلق العديد من البشر من فكرة عدم وجود معايير خفية تسمح لنا بالتنبؤ الدقيق بالأحوال الجوية. تعطينا ميكانيكا الكم احتماليات عن توقيت النشاط الإشعاعي للذرات، عن مكان الإلكترونيات، وعن امتصاص الجزيئات الضوئية أو انعكاسها. تمكن "أينشتاين" من استيعاب هذه العناصر الإحصائية الباقيـة، وكان ذلك سبباً في مقولته إن الله لا يقامر (وكان أي شخص قادر على تحديد سلوك الرب في السماء).

لم يعجب "بلانك" أيضاً بنظرياته التي أسس لها في عام ١٩٠٠؛ ولكنه حاول التعايش مع غرابة الفزـات النوعية. انحصر التجديد بالأساس في فكرة عدم التعامل مع طاقة الضوء المرسل بوصفها تيارات متصلة؛ بل تقسيمها إلى أشعة لها قدر متفرد من الطاقة، مما يؤكـد على قابلية الضوء للتجزئة. بينما وجد "بلانك" معادلة تربط بين طاقة الوحدة الضوئية وترددـها، تمكن من التنبؤ بدقة بأطياف ألوان الجسم الأسود. ولكن بدلاً من الاحتفاء باكتشافـه، أراد التخلص سريعاً من الروح الخفـية التي استحضرـها: أليس من بديهيات الفيزياء التي لا شك فيها أن الضوء موجة متصلة؟ "بلانك" على الأقل لم يرتـبه هذا الشـك. انطلقت ثقـته وثقة علماء الفيزياء الآخرين، بما فيهم "أينشتاين" حتى عام ١٩٠٥، من فـكر كلاسيكي قام على النجاح الساحق الذي حققه عالم الفيزياء السـكوتلانـدي "جيـمس كلـارـك ماـكسـويـل" في عام ١٨٧٠. نـجـح "ماـكسـويـل" آنذاـك في تحـويل مـجالـات كـهـرـبـائـيـة وـمـغـناـطـيسـيـة إـلـى مـوجـات دـيـنـامـيـكـيـة وـكـهـرـوـمـغـناـطـيسـيـة، وـذـلـك بـعـد اـعـتـقـاد سـابـق بـعـد وـجـود عـلـاقـة بـيـنـهـمـا. عـرـض "ماـكسـويـل" اـكتـشـافـه العـبـقـري في شـكـل أـرـبـع مـعـادـلاتـ، وـنـجـدـها الـيـوـم مـطـبـوـعـة عـلـى الـمـلـابـسـ وـيـسـبـقـها عـبـارـة "كـوـنـي ضـوـءـاـ!". تـمـكـن "ماـكسـويـل" بـالـفـعل مـن إـثـبـاتـ أنـ الطـاـقةـ الكـهـرـوـمـغـناـطـيسـيـة قـاـبـلـةـ لـتـحـولـ إـلـى حـرـكـةـ مـنـ الـمـوـجـاتـ التـيـ تـظـهـرـ عـلـى هـيـئةـ ضـوـءـ. تـمـكـنـ أـيـضـاـ مـنـ حـاسـبـ السـرـعـةـ الخـاصـةـ بـهـذـهـ الـعـمـلـيـةـ، وـتـطـابـقـتـ نـتـيـجـةـ حـسـابـاتـهـ مـعـ الـقـيـاسـاتـ التـيـ قـامـ بـهـاـ "هـايـنـرـيـشـ هـيرـتـسـ" مـعـ نـهـاـيـةـ الـقـرنـ التـاسـعـ عـشـرـ. كـانـ عـالـمـ الـفـيـزـيـاءـ فـيـ أـفـضـلـ حـالـاتـهـ، إـلـىـ أـنـ تـمـ قـيـاسـ الـظـاهـرـةـ الـكـهـرـوـضـوـئـيـةـ وـانـقـلـبـتـ كـلـ الـمـواـزـيـنـ. وـجـدـ "أـينـشتـاـينـ" حـلـاـ لـهـذـاـ اللـغـزـ بـعـدـ التـفـاتـهـ إـلـىـ فـكـرـةـ الـمـوـجـةـ، وـتـرـكـيـزـهـ عـلـىـ اـقـتـراـجـ "بـلـانـكـ" الـقـائـمـ عـلـىـ الـوـحـدةـ الضـوـئـيـةـ الـخـفـيـةـ. بـمـعـنـىـ آـخـرـ: قـدـ "أـينـشتـاـينـ" مـقـترـحاـ جـرـيـاـ مـفـادـهـ أـنـ لـلـضـوـءـ طـبـيـعـةـ مـزـدـوـجـةـ

والسماح له بالسواء بالانتشار كموجة أو الظهور على هيئة وحدة ضوئية. أطلق عليها اسم "فوتون"، وهو اسم شبيه بالإلكترون، ونظن عند سماع الاسم للمرة الأولى أننا هنا بصدد كرات صغيرة. ولكن لا يجب تصور هذه الوحدات الضوئية بوصفها جزيئات عادية.

"أينشتاين" نفسه ظل حائراً منذ عام ١٩٠٥، وبعدها لمدة خمسين عاماً حتى وفاته، في طبيعة الوحدات الضوئية، دون التوصل إلى أي إجابة ممكنة. كان يشكو في نهاية حياته من ادعاء أي معتوه معرفته بطبيعة الضوء. كتب هذا الرجل العظيم إن هذه أكذوبة كبيرة، توصل إلى حالة من السلام الفلسفي مع هذه الطبيعة المزدوجة الغامضة، وعبر عن قناعاته على النحو التالي: "إن أجمل ما يمكن أن يعيش البشر هو الغموض، إنه الشعور الأساسي ونقطة البداية للعلم الحق وللفن الحق". يضيف "أينشتاين" لهذا الاعتراف: "من لا يعرف هذا الشعور وغير قادر على الاندهاش والانبهار فهو ميت وانطفأ نور عينيه". إن الضوء الداخلي للمعرفة يعلمنا أن الضوء الخارجي للعالم لغز، وهذا هو سبب جاذبيته وجماله. العلم يضفي السحر على العالم، حينما يتقبله البشر ويرحبون به.

يتم مناقشة ازدواجية الضوء من منظور فلسي تحت مسمى "التكامل"، وهو المصطلح الذي أدخله "نيلز بور" إلى علم الفيزياء. كان لدى "بور" ميل إلى القناعة التي مفادها أن لوصف الطبيعة شكلان، ينافقن الشكل الثاني الشكل الأول؛ ولكنه متساوي معه في القيمة. كان يتحدث عن أوصاف تكميلية للمعرفة، كلها صحيحة ومطلوبة وينتج عنها نوع من التشويف، فتبقى الحقيقة غامضة. وجد "أينشتاين" في السياق نفسه أن الضوء بحاجة إلى وصف تكامل لطبيعته، علمًا بأن هذه الازدواجية تتوقف بشكل أكبر مع فكر العصر الرومانطيكي عن فكر عصر التنوير، حتى وإن لم يلتفت الكثيرون إلى هذه العلاقة.

ظهور مصطلح "العصر الرومانطيكي" في سياق الفيزياء قد يبعث على الاندهاش، ولكن الأمر ذي صلة، ويرجع السبب في ذلك إلى تفسير أينشتاين للضوء على نحو أذهله هو شخصياً، لأنه أظهر محدودية الفكر التنويري في السياق العلمي. أظهر أصحاب الفكر التنويري في القرن الثامن قناعاتهم بأن الطارحون لأسئلة منطقية عن العالم، مثل السؤال عن ماهية الضوء، يجدون إجابات منطقية أيضاً، مثل الضوء موجة كهرومغناطيسية. يمتلك هؤلاء بهذه الإجابات المعرفة ذات الأهمية للبشرية. لم يضع الفكر التنويري أي تناقضات في الاعتبار، وهذا ما حدث مع "أينشتاين" في عام ١٩٠٥. أخذ أنصار الفكر الرومانطيكي الذين جاءوا بعد عصر التنوير هذه الظاهرة في اعتبارهم؛ وأنهم وجدوا لقانون القطبية تأثيراً في الطبيعة. مع اليوم يأتي الليل، مع الرجل المرأة، مع الجزء التكامل، مع الشهيد الزفير، مع الوعي اللاوعي، مع الداخل الخارج، يكتمل التفكير بالحلم، وسوف يضيف البشر اليوم مصطلحات أخرى مثل التناظر والرقمية، والاستمرارية والتقطيع.

تمكن "أينشتاين" من التعرف على هذه القطبية الرومانطيكية بشكل محدد من خلال الطبيعة المزدوجة للضوء. ما أصحابه بالاندهاش أن هذا السؤال العلمي عن طبيعة الضوء ظل بلا إجابة واضحة. أليس من الممكن حل هذه المسألة بعمل اختبار؟ اتضح عدم إمكانية القيام بهذا الاختبار؛ لأن من يرغب في قياس الضوء عليه أو لا تقديم التضحية باختيار ما يجب البحث فيه – طول موجة الضوء أو الطريق الذي تسلكه عبر قطعة كريستال. لا يمكن تحديد الاثنين

في اختبار واحد، وإجراء قياسين مختلفين سيؤكد على صفات التكامل والازدواج والقطبية للضوء وطاقته.

حينما نتحدث عن المعرفة العلمية يجب منح العصر الرومانتيكي مكانته لأسباب عده: أولها أن هذا العصر قد شهد على اكتشاف الضوء غير المرئي، نجد ثانياً أن الأحداث المرئية، مثل سقوط الأشياء، بسبب قوى غير مرئية، مثل الجاذبية الأرضية، صارت فكرة مقبولة. السبب الأخير أن الطاقة التي ظلت مهمشة لفترة طويلة نالت في هذه العقود الرومانتيكية مكانة مستحقة تساوي مكانة القوى. علماء الفيزياء مثل "أيزاك نيوتن" كانوا يفضلون في عام ١٧٠٠ الحديث عن القوى والحركة، أي ظواهر قابلة للمراقبة المباشرة. مع عام ١٨٠٠ ظهر مصطلح الطاقة في الفيزياء، وصارت الطاقة في القرن التاسع عشر هي العامل الأساسي للتاريخ الاجتماعي، بل والمحرك الحيوي لعصر بأكمله. لقد أدت الطاقة إلى "تحول العالم"، كما يقول المؤرخون. من دون الطاقة لن نفهم الحاضر ولن نفهم "التحولات الزمنية" كما جاء في كتاب "كوهيليت" (سفر الجامعة من الكتاب المقدس).

للذكر: ترجع كلمة "طاقة" إلى "أرسطو" الذي رأى الحقيقة بوصفها شيء يجب أن يخلق بشكل متكرر. لدينا في البداية "احتماليات" للوجود، كما يصفها فلاسفة. أطلق "أرسطو" على القوى التي تدفع بالأشياء المحتملة "res potentia" للتحول إلى الواقع موجود مصطلح "energeia". هذا المصطلح قائم إلى يومنا هذا، ويدفع بالبشر إلى البحث عن مصادر متعددة لإكسير الحياة. يمكننا أيضاً وصف الطاقة بالمحرك الثابت الذي يضعه أرسطو عند نقطة بداية الأحداث ويعبر هذا المحرك عن عدم القابلية للتدمر. مع قدرة الطاقة المعروفة اليوم على التغير باستمرار نتحدث بالأحرى عن "المحرك المتحرك"، وهو مصطلح سيرد ذكره مرة أخرى.

ندرك في سياق هذه المعطيات الجانب المتميز لكل من ميكانيكا الكم، التي تأسست في عشرينيات القرن الماضي، والصفات التكاملية للظواهر التي يتناولها هذا العلم. يمكننا رؤية هذا العلم والظواهر التي يتناولها في حالة من "القابلية لتكوين"، وهناك دوماً شكل واحد "ليس موجود في اللحظة الراهنة". تحاول ميكانيكا الكم للمرة الأولى في التاريخ أن تكون نظرية لتكوين تتحدث فقط عن الحركة والتحولات التي تأتي بفعل البشر.

تنسق هذه الفكرة مع أفكار العصر الرومانتيكي الذي لا يرى إلا العمل الإبداعي والحركة، يتجلى ذلك حسبياً في أننا لا نجد في معادلات ميكانيكا الكم أية أرقام (قيمة قياسية)، ولكن نجد عوامل تشغيل التي تأخذ تدخلات المراقبين في الاعتبار. التعليمات بالقياس التي تأتي من قبل هؤلاء المراقبين هي التي تحدد شكل ظهور عالم الجزيئات، الذي يظل شيئاً غير محدد، طالما لا أحد ينظر إليه. تظل طبيعة الضوء غير محددة، إلى أن يرغب شخص ما في معرفة طول موجته أو أماكن الفوتونات، فيقوم بقياس هذه الظواهر. يتجلى بذلك الغموض، وهو الصفة الشهيرة للأشياء في عالم الذرات. أدرك "فيرنر هايزنبرج" هذه الصفة في عام ١٩٢٧ وكانت سبباً في صياغة أفكاره بشكل أوضح، حينما قال إن طريق الإلكترون داخل الذرة يتحدد في اللحظة التي بدأ فيها البشر في وصف هذا الطريق.

يجد الإنسان على هذا النحو نفسه حينما يصل إلى قلب هذا العالم، هذا ما توقعه أتباع الفكر الرومانطيكي، وهذا ما اكتشفه "هايزنبرج". تمكن في عام ١٩٢٥ من تقديم نظريته الأولى حول الكم، وذلك بعدها ينس من فكرة وصف الذرات بواسطة نماذج محددة. حاول بدلاً من ذلك تصميم نظرية تتطرق من الضوء بوصفه راسلاً للذرات. حاول "هايزنبرج" وضع التحولات التي تتعرض لها الذرات في الاعتبار، في حين أن نسبة الطاقة تظل ثابتة. إن تمكّنه بقانون الطاقة كان سبباً في إيجاد مدخل لهذه الذرات، ويطلب ذلك الآن الدخول في تفاصيل هذا القانون.

من القناعات الثابتة في فلسفة المعرفة رؤية الفيلسوف "كارل بوبير" التي تفيد بأن البحث التجريبية لا تقدم سوى المعرفة النظرية، ذلك لأن منطق البحث العلمي يتمثل في فرض نظرية في البداية، على سبيل المثال تصوير الأشياء أخف وزناً لحظة احتراقتها. نقيم بعدها تجربة تؤكّد أو تنفي هذه الافتراض. من المدهش أن نفي الافتراض مفيد أكثر؛ لأننا نعرف وقتها ما هو غير قائم، فنقوم بفرض نظرية جديدة لنعرف أسباب أن وزن الأشياء المحروقة قد يزيد.

لا يخضع قانون الحفاظ على الطاقة لهذا المنطق. لا يتطلب تقديم البرهان على هذا القانون إجراء القياسات باستمرار، والكشف على ناتج الطاقة، ومراقبة تفاصيل تحول الحركة الميكانيكية إلى حرارة نتيجة الاحتكاك، وتوليد الجهد الكهربائي لطاقة تشغّل أجهزة المطبخ والضوء في المنازل. وليس من المطلوب أيضاً أن نخشى من ملاحظات داحضة تؤدي إلى انتهاك القانون الأول للديناميكية الحرارية. لا تعد المعرفة التي اكتسبناها عن الحفاظ على الطاقة معرفة افتراضية قابلة للنقض من خلال إجراء التجارب. إنها بالأحرى معرفة قادمة من أعماق النظريات التي توصل إليها العقل البشري بفضل قوانين أساسية للطبيعة تم صياغتها وفق حسابات رياضية. هذا أمر معروف منذ عام ١٩١٨، وإن كان لا يعد ضمن المعلومات العامة. تمكن حينها عالمة الرياضيات "إيمي نوتر" من إثبات العلاقة الوطيدة بين الحفاظ على الطاقة بوصفها كمية فيزيائية من ناحية، والتماثل للعمليات الفيزيائية وقوانينها الوضعية من ناحية أخرى. احتفى المتخصصون بهذا الاكتشاف وأطلقوا عليه "نظرية نوتر"، وهذه معلومة تستحق بالفعل المعرفة.

يتحدث المنظرون لعلم الفيزياء عن هذا التماثل حينما يقومون بعمليات تغيير في أطراف معادلاتهم دون وقوع أي تغيير عام. حينما نقوم بعكس شكل ما دون تغيير في هيئته تحدث عن تماثل في الانعكاس، ونجد في الحروف مثل (A) و(O)، ولكن لا تحدث مع الحروف (R) و(P). بينما نغير الساعة دون وقوع أي تغيير فيزيائي، وهو ما يحدث وقت الانتقال من التوقيت الصيفي للتوقيت الشتوي، تحدث عن "تماثل للزمن"، بشكل أدق عن "تماثل للتغيير الزمني" (وال المصطلح الصحيح هو "الثباتية في التحول الزمني"). لم يعد هناك محل للشك أن النظم الفيزيائية تظهر هذا التماثل فيما يتعلق بالزمن؛ ذلك لأن نتائج أي قياس يجب أن تبقى ثابتة وغير متأثرة بالتوقيت الزمني للحظة إجراء التجربة. تترتب على هذه الحقيقة

البساطة والتماثل المرتبط بها، وبفضل نظرية "نوتر"، أن للطبيعة قيمة ثابتة وغير قابلة للتدمير. المقصود هنا الطاقة التي كانت موجودة حتماً منذ بداية العالم والزمن بوفرة متحولة.

نرى إذاً بشكل واضح الارتباط الوثيق بين الطاقة والزمن، كما تحدثنا عنها سابقاً، ويبدو أن تأثيره ممتد بالفعل. للزمن من ناحية القدرة على تثبيت الطاقة، وعلى العكس الطاقة تضمن بمعدالتها المرتفعة تغيير الزمن. هذا ما أثبتته "أينشتاين" بنظرية النسبية، وسوف نتناوله في الفصل القادم. يتجلّى الارتباط الوثيق بين الطاقة والزمن حينما نتحدث عن "التأثير". هذا هو المصطلح الذي استعان به علماء الفيزياء لتسمية ناتج الطاقة والزمن، وكان سبباً منذ القرن السابع عشر في مقوله أن نهج الطبيعة يتبع مبدأ التأثير الأصغر. خط سير قطرات المطر أو السهم المارق يحكمه مبدأ تحجيم الطاقة المبذولة، حتى وإن عجزنا عن تحديد المحرك للأشياء وتحديد مسارها الطبيعي. يحكم في عالم الذرات مقدار التأثير، ومعنى ذلك أن الطاقة لا تتغير وحدها باستمرار وتحدد الكمية في هذا العالم؛ بل المسؤول هو ناتج الطاقة والزمن. يتحكم هذان المقداران في بعضهما بشكل متبدال، كما أظهرت آخر التجارب أن الفوارق النوعية تحتاج لوقت حينما يتغير معها مقدار الطاقة ويتحوال إلى ضوء.

إن سؤال الدكتور "فاوست"، بطل مسرحية الأديب غوته، عالم فيزياء اليوم عن جوهر هذا العالم، قد يجيبه بأن كل تغيير بحاجة إلى قفزة نوعية، ويأتي الدافع لذلك بشكل مستقل. يضمن مقدار التأثير بهذا الشكل استقرار الذرات وبالتالي استقرار العالم الذي يتشاركه البشر. حينما كتب غوته مسرحيته "فاوست" لم تكن هذه الإجابة الغامضة متاحة، لذلك استسلم البطل لقوى السحر. حينما نتعامل اليوم مع أحد التفاصيل الخاصة بفيزياء الكم، قد نأخذ انطباعاً بأن السحر لا زال يحكم الموضوع؛ ولكن لا يمكن إنكار أن العلم قد "تقدّم بشكل عظيم".

للذكرى: لم يعرف علماء الفيزياء في زمن غوته سوى الجاذبية التي تعد السبب في سقوط الأشياء. حينما انتهى غوته من كتابة الجزء الثاني من "فاوست" كانوا قد توصلوا للتأثير الناتج عن المجالات الكهربائية والمغناطيسية الذي يتجلّى في شكل قوى كهرومغناطيسية. علم اليوم يعرف عن نوعين آخرين من التفاعل المتبدال؛ ويمكن وصفها "بالضعيف" و"القوي". ظل هذا الشكلان في الخفاء؛ لأن نطاق تأثيرهما محدود. بينما الجاذبية والكهرومغناطيسية ظاهران في العالم كله، ويدفعان بالكواكب للدوران أو تحريرك الإبرة المغناطيسية؛ نجد أن تأثير التفاعل المتبدال، الضعيف والقوي، لا يخرج عن نطاق الذرات. يضمن الشكل القوي منها تماسك العالم في جوهره، أي داخل الذرات، ويتحقق ذلك بفضل جسيمات مدهشة لها اسم غريب، إنها "الكواركات"، وليس لها المسمى أي علاقة بالجين الأبيض "الكوارك". ترسم النصوص العلمية المبسطة صورة بسيطة تعرض محتوى نوى الذرة المكون من البروتونات والنيترونات، فضلاً عن جزيئات أخرى أطلق عليها اسم الكواركات. تقوم القوة الشديدة في هذه الصورة "بضمغ" الكواركات إلى جزيئات في النواة، ويعبر علماء الفيزياء عن هذا التصور بأنهم يرون الكواركات محاطة بمادة تسمى "الغلوون" وهي مشتقة من الكلمة الإنجليزية "glue". يتكون في باطن هذا العالم بذلك ما يطلق عليه علماء الفيزياء "بلازم الكواركات والغلوون"، وتصوره مثل معجون متماسك. ما قد يبدو هنا بسيطاً يكتسب في العمق معنى آخر. ليست الكواركات والغلوون جزيئات مادية؛ ولكن

يمكن تصورها كأنها حل لمعادلة تصف الكوارك والغلوون. إنها "أفكار مجسدة" (embodied ideas)، أي روح تحولت إلى مادة. يلتقي البشر إذاً في جوهر العالم بأفكارهم مرة أخرى، أي بالأسكل (الرياضية) التي تصف الطاقات الفعالة في هذا المكان. ليست بلازما الكوارك والغلوون شيئاً نستقطعه كجزء ونعطيه لشخص آخر. إنها ظاهرة عتيبة، يفهمها الإنسان بتكتنفات واسعة الخيال، وربما كان جوته سينظم أشعاراً بهذه الإجابة عن سؤال بطله حول جوهر العالم.

القوى النووية الضعيفة أكثر إثارة من نسختها الأخرى الشديدة، إنها تعمل على تدمير ذرات مختارة وتضمن التفاعلات التي تتم بغرض توليد الشمس للطاقة. تنبع الطاقة الضعيفة فضلاً عن ذلك في تقليص سرعة التحولات المطلوبة للبروتونات إلى النيترونات، حتى تتمكن الشمس من إمداد الأرض لمليارات من السنين بالطاقة. ولكن: مع كل السعادة بالتفسيرات البسطة للعلوم، يجب التعامل بحذر مع الكلمات وانقاء معانيها بحرص شديد. بينما كنا سابقاً نتحدث بشكل بيديهي عن المادة المكونة من الذرات، نعرف اليوم أن الذرات والجسيمات الأولى ليست بكل تأكيد مثل الأحجار الصغيرة التي نبني بها أي شيء. حينما نفحص الأشياء من حولنا ونتوغل فيها، نجد قوى وتفاعلات تنسبها للذرات، ولكن ليست الذرات أشياء في حد ذاتها ولها هيئة معينة، ينطبق ذلك بشكل خاص على كل ما هو صغير الحجم. بينما أدرك العلماء ذلك عرفاً ما قبل في البداية: إن علمهم لا يصف الطبيعة؛ بل يصف معرفة البشر عن هذه الطبيعة، ولها وصف أهمية خاصة.

أمر آخر: قد يبدو مصطلح "الجزيئات" بسيطاً، ولكن يقصد علماء الفيزياء به دوامة داخل نسيج من المكان والزمان. تدور الدوامة في اتجاهين ويرتبط بذلك ازدواجية في المعنى. يحاول علماء الفيزياء استيعاد هذه الازدواجية بواسطة معيار يطلقون عليه مصطلح "spin" أي الغزل، وهو غريب على التفكير الكلاسيكي. معيار الغزل هو مقدار التأثير الذي أدخله "بلانك" في علم الفيزياء. نجد هنا ازدواجية جديدة جددة جعلت عالم الفيزياء "فولجانج باولي" يطرح سؤالاً حسن النية عما إذا كانت هذه الحيرة المستمرة من فعل الشيطان؟ يوسموس لهم بأن غزل الإلكترون قيمته $2/1$ وأن غزل الفوتون قيمته 1. قد يبدو ذلك بسيطاً، ولكن هناك تأثير أعمق. من الاكتشافات الغامضة للفيزياء الارتباط الغريب بين الغزل والسلوك الإحصائي لجزيئات الميكروسكوبية. تظهر الفوتونات بالغزل الكامل في أعداد كبيرة وهي قادرة على القيام بمجوّبات ظاهرة داخل أشعة الضوء. أما الجزيئات بنصف مقدار الغزل مثل الإلكترونات تفضل البقاء في مكانها وتدور في طريقها الخاص حول النواة الذرية لتتيح التركيب الكيميائي. الإلكترونات قادرة لحظة وجوب التحرك في تيار على عبور شبكة الكريستال وحدها، ويؤدي ذلك إلى تصدامات كثيرة وبالتالي إلى نسبة مقاومة يقيسها علماء الفيزياء، والمطلوب من أجل تجاوزها جرعة من الطاقة في شكل جهد كهربائي. بينما نصل بمعدن إلى درجة برودة كافية تتمكن الشبكة من دفع الإلكترونين إلى الارتباط على الرغم من تماثل شحتهما. تكون النتيجة أزواج من الإلكترونات بنسبة غزل كاملة، مما يتتيح لها توليد تيار دون مقاومة. يتحدد المتخصصون عن ناقلة فائقة وهي ظاهرة مدهشة للغاية.

لنكرر مرة أخرى: تمثل الذرات بالإلكترونيات والضوء بالفوتونات أسراراً، إنه بمثابة السحر حينما تحول الطاقة من جزيئات إلى أشعة وتبدأ رحلة جديدة. لا نملك سوى الاندهاش من عدم فقدان أي شيء في سياق هذا التحول، والتعجب من الضوء الذي ينقل طاقته في الأرض إلى النباتات التي تستطيع بمساعدة الضوء توليد جزيئات أساسية للحياة، مثل السكر.

تشارك هياكل جزيئية في تحويل الطاقة لضوء، إحدى هذه الهياكل اسمها "كلوروفيل"، ويطلق عليها أيضاً "اللون الأخضر للورق"، لأنها السبب في درجات الأخضر المختلفة في الطبيعة. مع التقاط الكلوروفيل للضوء تحول الطاقة الكهرومغناطيسية إلى طاقة كيميائية، تقوم بذلك وحدات هياكل جزيئية كبيرة نطلق عليها "وحدات تجميع الضوء" أو "مراكز الفياعل". اسم هذه الظاهرة هو "التشابك" ولوحظت في البداية في نظريات الكم للذرات. المقصود هنا هو التأثير المتبادل للجزيئات الذرية الذي نلاحظه في الاختبارات، إذ تتطابق حالتها دون تأخير في الوقت. حينما يتعرض واحد من كائنين كموميين، ارتبطا سابقاً وانفصلاً بعدها، للتغيير، يطرأ نفس التغيير على الكائن الثاني، وذلك دون العمل على ذلك (من خلال نقل الطاقة على سبيل المثال). الكائنات الكمومية متشابكة، هذا هو المصطلح المدهش لهذه الظاهرة، ويمكن استيعاب هذا التشابك عندما نتصور أن عالم الذرات عالم متكامل. صحيح أن البشر يجدون جزيئات مثل الإلكترون أو الذرة؛ ولكن يتم فصلهما لغوياً فقط لأننا نعطيهم أسماء منفصلة حتى نتمكن من الحديث عنها. في الواقع الأمر ينتمي بالإلكترونيات والفوتوتونات إلى بعضهما؛ لأنها كائنات ووحدات متشابكة. على نحو مدهش ثبت الاكتشافات الأخيرة في مجال التمثيل الضوئي أن وحدات التجميع الضوئي تتجه في تأثيرها مع الكلوروفيل، بينما تشبك الفوتونات المعنية وتحول التقاط الضوء إلى وحدة متكاملة أبدية.

هناك ارتباط شامل ومدهش بين الضوء والحياة، حتى ظهر الطاقة التي تسقط من الشمس على الأرض كامل فاعليتها.

الفصل الثاني الكرة الأرضية والفلك

من يقف على الكرة الأرضية وينظر إلى السماء، يستطيع فهم الأسباب بسهولة التي جعلت البشر يفرق مع مرور التاريخ ما بين مجالين؛ دنيتهم هنا في المجال الأسفل، والمجال الإلهي الأعلى. يطلق عليهما أيضاً المصطلحين "دنيا" و"آخرة". رسم "أرسطو" خطأً فاصلاً دقيقاً ما بين العالم الأعلى ما بعد القمر والمجال الدنيوي الواقع تحت القمر، كما وجد أن المجالين محكومان بقوانين مختلفتين. هناك من ناحية قوى فيزيائية تؤثر في حركة الإنسان أو أي جسم فوق الأرض، ولم يتمكن حينها أرسطو من وصف نشأة هذه القوى أو حسبتها بالأرقام. لم يعرف شيئاً عن قوانين الحركة ولا عن المنظار؛ ولكنه كان على يقين أن الكواكب التي كان يراقب حركتها بعينيه تخضع من ناحية أخرى لقوانين أعلى، ويتحركون داخل تكوينات كروية (مدارات) خلقتها الآلهة. اقتبس الأديب دانته في العصور الوسطى فكرة الفلك هذه، ومنحها في مسرحيته "الكوميديا الإلهية" صبغة مسيحية، ووضع فوق هذه المجرات الدائرية للكواكب سماء كريستالية. كان التصور السائد أن هناك محرك أول للعالم داخل هذا المجال "Primum mobile"، وهو المسؤول عن إعطاء الدفعـة (يمكن تعريفه اليوم بمصطلح الطاقة).

نجد في هذا التصور عن العالم، الأرض، وهي في المركز، وتدور حولها مدارات شمسية، وينطبق ذلك مع رؤية العين التي تنتظر الضوء في الصباح وتودعه في المساء. فكرة أن الشمس لا تشرق ولا تغرب، بل أنها ساكنة والأرض تدور من حولها، كانت الفكرة الأبسط، واقتراحها "كوبيرنيكوس" في مؤلفاته في القرن الخامس عشر، ووصفها في كتابه "علم الأجرام السماوية" (De revolutionibus orbium coelestium). لم يدع حينها أن الكواكب تتحرك، ولكن تحدث عن حركة المدارات التي تحمل داخلها الكواكب المتحولة في السماء.

إلا أن "كوبيرنيكوس" لم يتمكن من تقديم البراهين على رؤيته المحكومة بمركزية الشمس. وضع الشمس في مركز الكون لاستناده إلى المعرفة في العصور القديمة، التي قامت على الحجم الأكبر للشمس من الأرض وبالتالي صعوبة حركتها. أثاحت الأدوات البصرية الأكثر دقة في منتصف القرن التاسع عشر ملاحظات فلكية فضلت الرؤية الجديدة على عكس الرؤية القديمة القائمة على مركزية الأرض. لهذا السبب لا يجب الانطلاق من رغبة "كوبيرنيكوس" في استقرار أقرانه بالحديث عن تحريك الأرض؛ على العكس: أعجب الكثيرون إنه رفعها ومعها البشر إلى مكان أقرب من الآلهة.

حينما تتحدث اليوم عن الثورة الكوبيرنيكية نرجع إلى مسمى جاء على لسان الفيلسوف "إيمانويل كانط" الذي ربطه بفكرة الدوران الثاني للأرض والتي يرجع فضلها إلى "كوبيرنيكوس". المقصود بالدوران الأول الدوران حول الشمس الذي يستغرق عام كامل، أما الدوران الثاني فهو دوران الأرض حول نفسها، وهذا هو السبب لتعاقب الليل والنهار. أدىت

هذه الظاهرة بـ "كانت" إلى فكرة قائمة على استقرار النجوم في مكانها وتفسير حركتها في السماء بحركة البشر على الأرض. أتم "كانت" بفكرة هذه الثورة الكوبرنيكية في عالم الميتافيزيقا، وأتاحت هذه الثورة للعقل البشري قدرته على فرض قوانين على الطبيعة، مما يضعها لعملياته التحليلية.