الفصل الثالث

العقل

Reason

إن الحكمة التي أخذناها عن اليونانيين، بالدرجة الأولى، ليست أكثر من صبا المعرفة، ولها السمة المميزة للصبية: فهي تستطيع أن تتحدث، لكنها لا تستطيع أن تلد.

فرانسيس بيكون، الأورجانون الجديد

يدخل آلاف الناس من مختلف أنحاء العالم يومياً إلى موقع الإدارة القومية للطيران والفضاء (ناسا NASA) على الشبكة ويحمّلون برنامجاً صغيراً لحساب المعاينات المحلية للمحطة الفضائية الدولية للأسبوع القادم. وفي بضعة مرات شهرياً تقوم أجهزة مسح ضخمة في أي موقع على الأرض تقريباً بين خطي عرض ٦٠ شمالاً و٦٠ جنوباً بمسح السماء بعد الغروب مباشرة أو قبل الفجر مع انطلاق ضوء الشمس المنعكس من لوحات المحطة الهائلة إلى النجوم.

إن عدداً صغيراً من مستخدمي مواقع الشبكة يعلمون أنه قبل ثلاثمائة سنة كان أي حساب سماوي، من النوع الذي يجرى الآن بمنتهى السهولة على الحاسوب الشخصي العادي، كان يتطلب مئات الساعات من العمل العقلي المضني من جانب أعظم علماء الرياضيات في العالم. وفي أواخر القرن السابع عشر كان علم الحساب الفلكي يذهل عامة الناس، مع أنه كان لا يزال في طفولته.

بلغ تطور علم الميكانيكا السماوية (دراسة حركة الأجرام السماوية) أوجه مع

نشر نيوتن لكتابه "أصول الرياضيات" Principia Mathematica في عام ١٦٨٧م والبرهان المذهل لتنبؤاته، وقد كان ذلك فاتحة لتحول بالغ الأهمية في الفكر الغربي. كما كان هذا العلم الجديد أيضاً أحد الأحداث المؤثرة في تكون الرخاء الحديث.

إذا كان ثمة ثابت واحد يعرّف الغرب الحديث ويميزه، فإنه المسيرة المتواصلة للتقدم العلمي. ربما أصبح من الصعب الآن أن نتخيل أنه مر زمن لم تكن الدراسة النظرية والتجريبية والقائمة على الملاحظة للعالَم الطبيعي موضع ترحيب فيه. لكن ذلك كان هو واقع الحالة الفكرية قبل القرن السابع عشر.

فحتى أربعة قرون مضت، كان العالَم الطبيعي سيداً مرعباً، وكانت البشرية ضحية عاجزة لقوى لا قبل لها بإدراكها: المرض، والجفاف، والفيضان، والزلزال، والنار. وحتى أحداث فلكية غير خطرة كالمذنبات والكسوف كانت حوادثاً مرعبة ومشحونة بالخرافات والتفسير الديني. وكان رواد علم الفلك الحديث، من أمثال كوبرنيكوس وكبلر، يكسبون عيشهم من بيع التنبؤات التنجيمية التي كان يستخدمها الحاكم والفلاح على حد سواء في صنع القرارات اليومية.

يحارب البشر الجهل والخوف بابتكار أنساق من المعتقدات، وتضخّم الحضارات هذه الأنساق إلى أديان. وقد نجحت اليهودية والمسيحية والإسلام، ليس فقط لأنها قدمت تفسيراً توحيدياً مُرضياً للكوارث التي كانت تحيق بالبشرية، وإنما أيضاً لأنها كانت تقدم سلوى لمن كانوا يعانون بؤس الوجود الدنيوي بالوعد بآخرة أكثر سعادة. وللأسف كانت الديانات المنظمة – خاصة ذات الكهنوت التراتبي– حتى وقت قريب لا تتسامح مع رؤى العالم البديلة.

وبلغة الاقتصاد، ظلت معظم الأديان، حتى بضع مئات مضت من السنين، تعمل بطريقة الاحتكارات، حيث كانت تنخرط في السلوك الاحتكاري الكلاسيكي:

انتزاع الذهب والممتلكات والمكانة من أتباعها في مقابل رضاها في هذا العالم والخلاص في العالم الآخر. يطلق علماء الاقتصاد الحديثون على ذلك اسم "السلوك الريعي". وفي الغرب والشرق القديمين والوسيطين تحجرت الأديان المنظمة في شكل أنساق معتقدات جامدة، خنقت التقصي والمعارضة. وبينما أفادت هذه الأنساق الحياة الروحية على هذه الأرض، أفقرت الجانب المادي للوجود.

يتناول هذا الفصل كسر الاحتكار الفكري للكنيسة الرومانية، الذي ما كان له أن يتحقق دون دحض منهجياتها التي ترجع إلى أيام أرسطو. وفي القرنين اللذين تليا عام ١٥٥٠م كسرت هذا الاحتكار أخيراً مجموعة جريئة من الفلاسفة الطبيعيين على ساحة حرب غير متوقعة، هي الميكانيكا السماوية.

قد يستغرب كثير من القراء ذلك في كتاب عن التاريخ الاقتصادي. لكن تاريخ الاقتصاد، في الأساس، هو تاريخ التقنية، والرخاء الحديث ينتج بالدرجة الأولى عن الاختراع. والنمو الاقتصادي مرادف للإنتاجية المتزايدة، التي تنتج كليا بدورها عن التقدم التقني. فالعامل الذي يملك عند أطراف أصابعه التحكم في قوة بآلاف الأحصنة[1]، أو يتواصل عبر الكرة الأرضية في جزء من الثانية بنقرة من فأرة حاسوب، يكون أكثر إنتاجية – وأكثر رخاء – من العامل الذي لا يتوفر له أيهما.

قبل حوالي ثلاثة قرون تسارعت عجلة التجديد التقني بدرجة مثيرة. فلم تشتمل قائمة المخترعات الميكانيكية المهمة قبل عام ١٧٠٠م إلا على الطاحونة والناعورة والمطبعة فحسب. بينما تدفقت الاختراعات بعد عام ١٧٠٠م في سيل متواصل، أخذت من وقتها فصاعداً تصب في ثراء البشرية.

---

(١) الحصان أو القدرة الحصانية horsepower وحدة لقياس القوة أو العمل تساوي القوة المطلوبة لرفع ٥٥٠ رطلا إلى ارتفاع قدم واحدة في ثانية واحدة [المترجم].

كانت قوة الدفع لهذا الانفجار في الإبداع تكمن في الثورة في طريقة ملاحظة الإنسان الغربي للعالَم الطبيعي وسعيه إلى فهمه. فالإنسان الغربي والثقافة الغربية برمتها يُعرَّفان – دون مغالاة – بميلاد هذه العقلانية العلمية. تطلبت هذه الثورة أن ينفصل العلم، أو الفلسفة الطبيعية كما كان يُعرَف حينذاك، عن جذوره الاكليركية. فلا سبيل أمام البشرية لأن تزدهر وتنجح إلا إذا فصلت بين الروحي والدنيوي وتبنت – أي البشرية – عقيدة غاليليو التي تقول "إن قصد الروح القدس هو أن يعلمنا كيف ندخل مملكة السماء، وليس كيف تتحرك السماوات"[١].

النجوم التي فوق رؤوسنا

جاءت الإضاءة الاصطناعية في القرن الماضي لتحول بين البشر وتأمل السماء ليلاً. لكن في مجتمع كان يفتقر إلى الإضاءة الجيدة خارج المنازل، لم يكن هناك ما ينظر إليه الناس ليلاً غير السماوات، فكانت الحركة الليلية للنجوم تهيمن على الحياة بعد الغروب في العالم ما قبل الحديث. ففي مقابل قلة من المفكرين الحديثين الأوائل الذين كرسوا حياتهم لدراسة الجوانب العلمية للفيزياء والكيمياء والطب، كان جزءاً كبيراً من عامة الناس ينشغلون كثيراً بالتنبؤ بالأحداث السماوية.

كان هذا الانشغال ما قبل الحديث بالسماء يعني أن إثبات كثير من تنبؤات النظريات الفلكية الجديدة كان يمكن عرضه فوراً وعلناً وعموميًا تقريباً. حدث ذلك في أروع صوره مع التنبؤات بحركات المذنبات والكسوف التي قدمها هالي ونيوتن حول عام ١٧٠٠م. وفي لمح البصر استرد البشر ألغاز السماوات من الله والطبيعة. ولم يعد الإنسان أسيراً بالكلية لقوى أبعد من إدراكه. لقد حرر العلم الجديد الفكر الأوروبي من القوة الخانقة للمسيحية الغربية، التي تضعضعت هي نفسها بفعل الإصلاح والجوانب غير العلمية في التنوير.

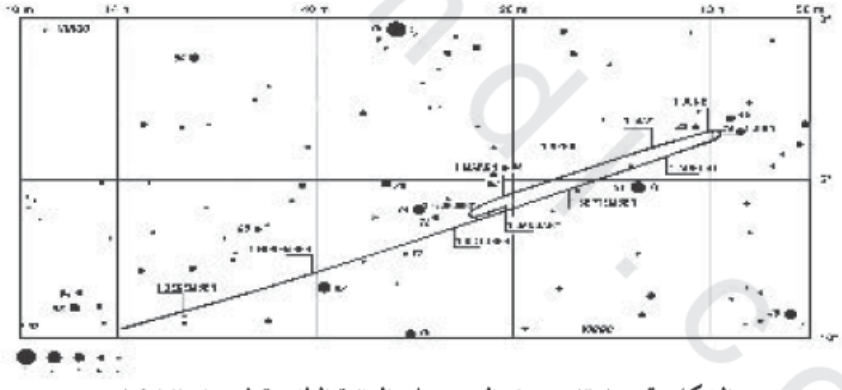
النظام القديم

إننا في العالم الحديث كثيراً ما نشير إلى الإطار الفكري للقرون الوسطى بوصفه "أرسطياً"، اعترافاً بفضل صاحبه، الذي كان علاوة على ذلك أشهر تلاميذ أفلاطون ومعلم الإسكندر الأكبر. كان نتاج أرسطو الفكري مربكاً، فهو نسق من الخطابة والفكر القياسي يشكل أحد أسس الفكر الغربي، فضلا عن مقالات كثيرة حول البناء السياسي للدول- المدن اليونانية.

ظل الإنسان منذ فجر التاريخ يتساءل حول بناء السماوات. وعندما كان الإنسان ينظر إلى السماء ليلاً كان يرى النجوم تتحرك في السماء حول النجم القطبي. لكن مواقعها بالنسبة إلى بعضها بعضاً كانت تبدو ثابتة، وهو ما أنتج الأبراج أو مجموعات النجوم الثابتة التي عرفها البشر. وحتى الحضارات الأولى أدركت هذه الظاهرة. فقد رأى القدماء أن النجوم الفردية والأبراج المشكّلة منها ترتبط بداخل كرة سماوية تامة توجد الأرض في مركزها. كانت هذه الأجرام السماوية تدور مرة كل يوم حول الأرض الثابتة. فقد كان الكون وفقاً لهذه الرؤية المبكرة يتمركز حول الأرض. لكن ثمة معاصرين لأرسطو نفسه، من فلاسفة العالم اليوناني الآخرين من أمثال أبولونيوس Apollonios وأرستاركوس Aristarchus، تبنوا فكرة نظام مركزية الشمس الذي تحتل الشمس فيه مركز النظام السماوي.

كان نظام الكون القائم على مركزية الأرض تواجهه مشكلة واحدة، وهي أن سبعة أجرام سماوية كان يبدو أنها تهيم خلال هذا النظام الثابت. فالقمر كان يتحرك على الخلفية الثابتة للنجوم والأبراج مرة في اليوم، وكذلك الشمس كانت تقوم بحركة مشابهة. كان ذلك واضحاً تماماً، بينما كان التعقيد والغموض يلف حركة الأجسام الخمسة الأخرى: عطارد والزهرة والمريخ والمشترى وزحل. فهذه الخمسة كانت تتبع

نفس مسار الشمس والقمر – الدائرة الظاهرية – لكن حركتها على طول الدائرة خلال الأبراج كانت غير منتظمة. كان ذلك ينطبق خصيصاً على المريخ، الذي كان في أثناء حركته خلال الأبراج يقوم بحلقات متكررة للخلف كما يبيّن الشكل رقم (٣,١) الذي يتتبع مسار الكوكب الأحمر خلال السماوات على مدار عام ١٩٨٢م. رفض الفلكيون اليونانيون نظام مركزية الشمس الذي قدمه أبولونيوس وأرستاركوس على أسس صحيحة نوعاً ما، وذلك لأن تنبؤاته بالحركة الكوكبية كانت أقل بأكثر من عشر درجات مما كان يلاحَظ في الواقع[٢]. كان السبب وراء هذا الخطأ بسيطاً، وهو أن نموذج مركزية الشمس يفترض أن الكواكب تتحرك في دوائر تامة، في حين أنها تتبع مسارات بيضاوية الشكل.



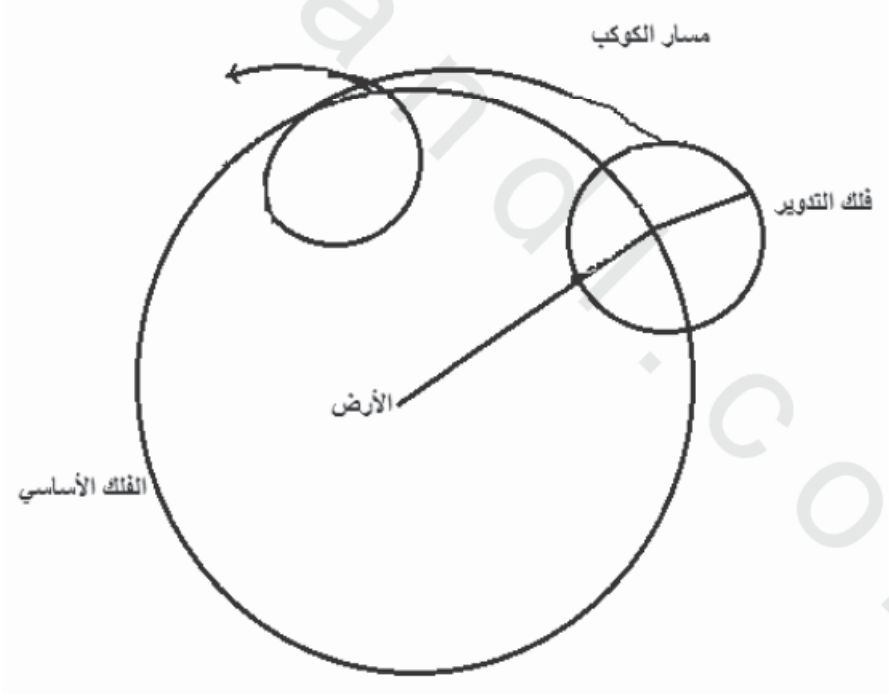
الشكل رقم (٣,١). مسار المريخ على الدائرة الظاهرية في عام ١٩٨٢.

المصدر: Reproduced and modified with permission of publisher, Ivar Ekeland, Mathematics and the Unexpected (Chicago: University of Chicago Press, 1990), 5.

توصل عالم فلك من الإسكندرية يدعى كلوديوس بطليموس، في القرن الثاني بعد الميلاد، إلى نظام بارع صحح أغلب هذه الأخطاء، كما هو مصور في الشكل رقم (٣,٢). رأى بطليموس أن الأجرام السبعة كانت تدور جميعها حول الأرض بحركتين

دائريتين وليس حركة واحدة: دورة أساسية أكبر حول الأرض ودورة أصغر حول نقطة مركزية على الدورة الأساسية[٣].

كانت أنظمة بطليموس وأبولونيوس وأرستاركوس من النوع الذي يسميه العلماء الآن "نماذج" models، أي طرق مجردة ومبسطة لتفسير الظواهر الطبيعية. وفي هذه الحالة كانت النماذج تفسر كيف تتحرك الأجرام السماوية السبعة خلال الأبراج. يعلمنا تاريخ العلم أن معظم النماذج، إن لم يكن كلها، بغض النظر عن مدى نجاحها في تفسير العالم الطبيعي، تُظهِر عيوباً في النهاية. وهي لذلك يستعاض عنها بنماذج أفضل. وعملية صياغة هذه النماذج واختبارها وتأكيدها أو رفضها تشكل مسيرة التقدم العلمي.



الشكل رقم (٣,٢). تخطيط مبسط للنموذج البطليموسي.

لا يحتاج الأمر أكثر من ملاحظة أو تجربة قابلة للتكرار لتفنيد أكثر النظريات رسوخاً. وهذا الاعتماد على صياغة النماذج النظرية واختبارها لاحقاً بالملاحظة التجريبية أصبح أحد الخصائص المميزة للإنسان الغربي. بمعنى أن مدى "غربية" المجتمع يمكن أن تقاس بمدى خضوع نسق معتقداته لهذا النوع من الصرامة.

كان بطليموس ناجحاً جداً من حيث سيّر النماذج العلمية. ففي حدود قدرات الملاحظة والحساب في عصره، كان النظام البطليموسي يتنبأ بحركة الكواكب تماما تقريبا[٢]. كانت "الميزة" الأكيدة للنموذج البطليموسي تتمثل في أن الفلكيين يستطيعون أن يلفقوا دائماً حجم وتوقيت المدارات الأساسية وأفلاك التدوير[٣] بما يلائم الملاحظات الجديدة. والنقطة الأساسية، على أية حال، هي أن النظام البطليموسي بالملاحظة بالعين المجردة كان يعمل أفضل من نموذج مركزية الشمس ذي المدارات الدائرية. ولذلك وجد كل الملاحظين المتعلمين حينذاك النموذج البطليموسي أكثر جاذبية بكثير من الناحية الحدسية من بدائله.

تكمن المشكلة الحقيقية في النموذج البطليموسي ليس في كونه ناقصاً، فكل النماذج ناقصة، وإنما في تبني الكنيسة له على مدى الألفية التي تلت ابتكاره ومنحها إياه سلطة إلهية. ومجرد اقتراح نموذج منافس لم يكن يؤدي إلى رخاء الإنسان، سواءُ في هذا العالم أو في العالم الآخر.

جمع الفلكيون بيانات كثيرة على مدى القرون وعرضوها على النظام الأرسطي/ البطليموسي لتفسير مجموعة معقدة من الملاحظات. وأخيراً سحقت هذه المطالب النموذج. وبحلول عام ١٦٥٠م دللت النتائج التي وفرها مرصد الدنماركي تايكو براه

---

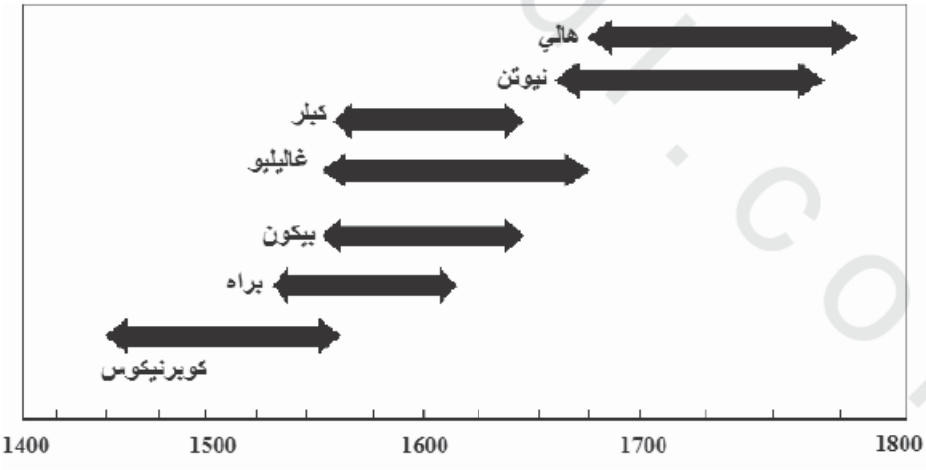
(٢) تبدو الشمس والقمر للعين المجردة وكأنهما لا يمتلكان أفلاك تدوير. لكن ثمة حاجة إلى أفلاك التدوير لتفسير التسارع والإبطاء الموسميين في مداراتهما. لكن أفلاك التدوير كانت من الصغر بحيث لا تنتج الحركة للخلف التي تلاحظ في الكواكب.

(٣) أفلاك التدوير دائرة صغيرة يقع مركزها على محيط دائرة أكبر منها [المترجم].

Tyco Brahe ومناظير غاليليو على وجود ما لا يقل عن ٥٥ كرة سماوية بطليموسية متحدة المركز، توجد الأرض في داخلها. (أطلق على الكرة الأبعد اسم "الحركة الأساسية"، وكانت حركتها تنتقل تتابعياً إلى الكرات الداخلية، وأخيراً إلى الأرض[٤].) وأخيراً تجلى السخف الواضح في هذا النظام المبجل وانهار[٤].

مسيرة العقلانية العلمية

بدايةً من عام ١٦٠٠م تقريبا كان النموذج البطليموسي يرسل تحذيراً للملاحظين النابهين بأنه لا يقوم على أسس علمية قوية. وأصبح الفلاسفة الطبيعيون في أوروبا الغربية مضطرين لأن يُحدِثوا تحولا جذريا ونهائيا في الطريقة التي ينظرون بها إلى العالم من حولهم. يبيّن الشكل رقم (٣,٣) السنوات التي عاش فيها الفاعلون الرئيسون في هذه القصة في السياق التاريخي.



الشكل رقم (٣,٣).

(٤) في العصور الوسطى كان معظم المتعلمين يعرفون أن العالم ليس مسطحاً، وكان النظام الأرسطي مقبولاً فقط في قوله بكروية الأرض.

يرجع الفضل لكوبرنيكوس، بنظريته حول مركزية الشمس ودوران الأرض حولها، في تخطي الحاجز وبدء الثورة[٥]. وقد واصل هذه الثورة ثلاثة رجال لامعين من الجيل التالي – براه وكبلر وغاليليو– أحدثوا تقدماً علمياً مذهلاً: نظرياً وقائماً على الملاحظة. ومعاصرهم السير فرانسيس بيكون، مع أنه عالم تجريبي متوسط الموهبة ومحامي واقتصادي، شخّص بذكاء العيوب في الإطار الفكري الغربي القائم وفصّل المنهج العلمي الجديد.

بعد قرن من الأعمال المؤثرة لهذا الخماسي الرائع، أذهل إسحاق نيوتن وإدموند هالي العالم الغربي بكشف أسرار الكون. وبضربة واحدة انتزع من الكنيسة بجرأة وعلنا دورها كحارس لكل المعرفة الدنيوية. ومن الآن فصاعداً سيظل المواطن الغربي ينظر إلى الدين لكشف أسرار العالم الآخر، لكنه لن يتكل عليه في تفسير ميكانيكا هذا العالم.

نموذج أحدث، لكنه ليس أفضل

ولد ميكولاي كوبرنيك، أو كوبرنيكوس كما يعرف اليوم، في عام ١٤٧٣م في بولندا الواقعة تحت السيطرة البروسية لأبوين ثريين، ولذلك تلقى تعليمه في شمال الألب وجنوبه، في كراكو ببولندا وفي روما وبادوا. أشرنا قبل قليل إلى أنه، على خلاف ما يفترض عموماً، ليس مبتكر نظام مركزية الشمس، الذي اقترحه أرستاركوس في اليونان قبل ألفي سنة تقريباً. كما افترض اليونانيون كذلك أن الأرض مستديرة. معنى ذلك أن القدماء توصلوا إلى هذه النتيجة الرائعة قبل سبعة عشر قرناً من كولمبوس، وكذلك كان تقديرهم لقطر الأرض أدق كثيراً من تقدير هذا القائد البحري الجنوي.

وبحلول عام ١٥٠٠م بدأ كثير من الملاحظين النابهين يرتابون في النظام البطليموسي. التقى كوبرنيكوس، في بادوا، بأحد هؤلاء، وهو دومينيكو نوفارا الذي اكتشف عدة عيوب

خطيرة في النموذج البطليموسي. عاد كوبرنيكوس إلى بولندا، وزاول الطب لعدة سنوات، واستقر أخيراً في فرونبيرغ ببولندا لكي يراقب السماوات بأدوات عصره البدائية. زادت قناعته بقوة نموذج مركزية الشمس، فعرض الحجج المؤيدة لعلم الكونيات القائم على مركزية الشمس في كتابه "دورات الأفلاك السماوية" Revolutionibus Orbium Coelestium الذي انتهى من كتابته في عام ١٥٣٠م، لكنه لم ينشر إلا قبل وفاته بقليل في عام ١٥٤٧م.

كان النموذج الكوبرنيكي، على خلاف الاعتقاد الحديث، معيباً جداً، وأخفق في الاستحواذ على انتباه كاف. فهو أولاً لم ينشر إلا في عام وفاة مؤلفه، وبالطبع ظهر باللغة اللاتينية. ونظراً لأن اللغة اللاتينية كانت متداولة فقط في دوائر النخبة الاكليركية والتجارية، فإن هذا النموذج لم يشكل تهديداً كبيراً للكنيسة. فضلاً عن أن موت كوبرنيكوس السريع حال بينه وبين محكمة التفتيش. وقد كتب أندرياس أوسياندر Andreas Osiander رفيق كوبرنيكوس، بدافع الخوف على حياته، تصديراً غُفل من الاسم قال فيه إن ما جاء في الكتاب افتراضي تماماً. وكتب أن الأرض لا تدور حول الشمس حقاً، لكن افتراض ذلك يسهّل الحسابات الفلكية الدقيقة.

فسر النموذج الكوبرنيكي حركات الكواكب أفضل من النموذج البطليموسي، خاصة حقيقة أن عطارد والزهرة لا يبتعدان أكثر من ٢٨ درجة و٤٨ درجة، على التوالي، عن الشمس، لأنهما يقعان داخل مدار الأرض.

وفي النهاية أصبح كون كوبرنيكوس غير مقبول مثل كون بطليموس. كانت الصعوبة، كما اكتشف كبلر لاحقاً، تكمن في أن مدارات الكواكب ليست بيضاوية الشكل، حيث افترض النموذجان البطليموسي والكوبرنيكي أن المدارات دائرية تماماً، ولذلك احتاجا إلى أفلاك تدوير. كان النظام الكوبرنيكي يتطلب ثلاث مجموعات من المدارات وأفلاك التدوير[٦،٧]. والأسوأ من ذلك أن كوبرنيكوس قبل المفهوم البطليموسي

بأن كل كرة تقترب كثيراً من جيرانها الداخليين والخارجيين وأن الكون ككل يتألف كلياً من سمكها الإجمالي. فقد أخفق في إدراك وجود فراغ شاسع يباعد بينها، وهو مفهوم لم يظهر إلا بعد أكثر من قرن على يد الإنجليزي توماس ديجز[٨] Thomas Digges.

إننا اليوم نحترم النظام الكوبرنيكي للقطيعة التي أحدثها مع الكون الأرسطي القائم على مركزية الأرض، مع أنه كان أكثر تعقيداً وصعوبة من النظام البطليموسي. فقد كان النظام الكوبرنيكي حقيقة معقداً لدرجة أن معظم تواريخ الفلك لا تصفه بتفصيل واف. لكن في آخر الأمر كان النموذجان يعانيان من العيب نفسه، وهو المرونة التي يستطيعان بها استيعاب كل البيانات تقريباً، بما يجعل من المستحيل تفنيدهما عملياً.

إن النموذج العلمي لكي يكون مفيداً، لا بد أن يكون "قابلاً للتفنيد". بمعنى أن يكون من الممكن تخيل أدلة تتناقض معه. وذلك لم يتوفر في كلا النموذجين، لأن المدارات الأساسية وأفلاك التدوير فيهما كان يمكن توفيقها دائماً لكي تلائم البيانات الجديدة.

يقع الارتياح إلى التفنيد في القلب من الغرب الحديث. فما يميّز المجتمعات الغربية عن المجتمعات التقليدية غير الغربية ليس حب وتقدير الثقافة اليونانية وثقافة عصر النهضة اللذين يغالي فيهما أكاديميون حديثون سليطو اللسان مثل ألان بلوم[٥]، بل مقدار المعرفة التي تخضع للتفنيد. صحيح أن المعتقدات الدينية في معظم المجتمعات الغربية المتقدمة لا تزال فوق النقد، حتى في رأي بعض العلماء، لكن في الغالب الأعم يستطيع الغرب الحديث أن يحلل ويغير رأيه في أي شيء تقريباً، بينما لم تكن المجتمعات ما قبل الحديثة تستطيع أن تفعل ذلك مع أي شيء تقريباً. يتضح هذا المنظور الغربي المميز في الرد

---

(٥) الان بلوم Alan Bloom فيلسوف وأكاديمي ودارس كلاسيكيات أمريكي اشتهر بكتابه "انغلاق العقل الأمريكي" The Closing of the American Mind الذي كان أحد أكثر الكتب مبيعاً في عام ١٩٨٧م، انتقد فيه التعليم الأمريكي لأنه لا يركز على "الكتب العظيمة"، أي كتب الإغريق التي تمثل أصول الثقافة الغربية. وقد انتُقِد بلوم كثيراً على هذا الكتاب، حيث اعتبره الإعلام محافظاً، ورأى البعض، من أمثال نعوم تشومسكي، أن النقد الذي يحويه الكتاب يتسم بالسطحية ويخلو من الفكر [المترجم].

المشكوك في نسبته إلى جون ماينارد كينز Maynard Keynes. فحين قال له زميل إنه – أي كينز – ناقض رأياً سابقاً لنفسه، أجاب الاقتصادي الكبير كما يجب قائلا "حينما يقنعني أحدهم بأنني مخطئ، فإنني أغير رأيي. ماذا تفعل أنت؟[٦]" كان هذا الاستشراف غير مستساغ لمعظم الأوروبيين في القرون الوسطى ولا يزال سائداً في كثير من المجتمعات التقليدية إلى اليوم.

قبل القرن السابع عشر لم يكن النظام الكوبرنيكي أو البطليموسي قابلين للتفنيد. وقد استغرق الأمر قرناً كاملاً قبل أن تستخدم آلة ثورية – التلسكوب – لتفنيد كلا النظامين أخيراً. ولم يكن النظام الكوبرنيكي يقل تعقيداً عن النظام البطليموسي، بل كان الحدس يستسيغ الأخير أكثر مما يستسيغه، ولذلك لم يشكل تحدياً كبيراً لهيمنة الكنسية على التقصي الفكري. حتى البابا ليو العاشر كان يحترم كوبرنيكوس ويدعمه ويطلب مشورته في القضايا الفلكية الأكثر إلحاحاً عصرذاك، خاصة المشكلات الواضحة في التقويم اليولياني القديم[٧].

لكن مارتن لوثر لم يشارك البابا في الإعجاب بالفلكي البولندي. وحاول أن يمنع نشر كتاب كوبرنيكوس وأحل دمه. وإلى الجنوب من جبال الألب، تجاهل الفلكي الإيطالي جيوردانو برونو الحيلة الواردة في تصدير كتاب "الدورات" القائلة بأن مركزية

---

(٦) رغم أن هذه الكلمات تشبه كلام كينز، فإنه لم يتفوه بها أبداً. اتصال شخصي مع دونالد موغريدج Donald Moggridge (جامعة تورنتو) واللورد روبرت سكيدلسكي Robert Skidelsky (جامعة وارويك Warwick بالمملكة المتحدة).

(٧) كان التقويم اليولياني، الذي يرجع إلى عهد يوليوس قيصر، يفترض أن طول السنة ٣٦٥ يوماً وربع، وهو النظام العادي المكون من ٣٦٥ يوماً زائد سنة كبيسة. لكن السنة الشمسية الصحيحة أقصر بعشر دقائق. ولذلك فبحلول عام ١٥٠٠م أصبح التقويم متأخراً عشرة أيام كاملة عن الفصول، وهو تناقض كان واضحاً حتى لمراقبي القرون الوسطى. اقترح كوبرنيكوس على البابا بلباقة أنه يجب حل القضايا الكونية قبل إصلاح التقويم. James E. McClellan III, Harold Dorn, Science and Technology in World History MPWtimore: Johns Hopkins University Press, 1999), 208.

الشمس للكون مجرد فرضية، وقدمها على أنها حقيقة باللغة الإيطالية، فأُحرِق على الخازوق، كما رأينا في الفصل الأول، على هذه الهرطقة، واقترانه بكتاب كوبرنيكوس أدى في النهاية إلى رفض الكنيسة الكاثوليكية للكتاب. (ربما كان برونو أيضاً أول فلكي يقترح أن النجوم الثابتة كانت شموساً مثل شمسنا، لكنها تُرى بصعوبة بسبب بعدها الكبير عن الأرض)[٩].

لم يكن كتاب "الدورات" مؤثراً جداً في ذلك الوقت. لكنه كان بالفعل أول طلقة تطلق على احتكار الكنيسة للتقصي العلمي، وكانت له أفضل النتائج في إنجلترا، التي حررها اعتناقها للبروتستانتية من القيود الدينية التي تحرم قبول نظرية مركزية الشمس.

الإنسان الغربي الأول

يحظى فرانسيس بيكون Francis Bacon بمكانة خاصة في التاريخ الرائع لعباقرة الإنجليز. ولد بيكون لأسرة كردينالية، حيث كان أبوه السير نيقولاس القيّم على الخاتم العظيم (الموظف القانوني للملكة) وكان عمه اللورد بيرغلي خازن الملكة إليزابيث ومستشارها المؤتمن. دخل كامبردج في عام ١٥٧٣م، وهو في عمر اثنتي عشرة سنة.

تعرف المعلمون مبكراً على مواهب بيكون، لكنه سرعان ما أصابه الملل من الجو الفكري العقيم بالجامعة. فكامبردج لم تتغير كثيراً على مدى القرون، وظلت ممثِلة لعالم أواخر القرون الوسطى. فتلك الدعامة الأساسية للتعليم العالي الإيليزابيثي كانت لا تزال أرسطية في فكرها. ولك أن تتخيل، إذا استطعت، أن نظامنا التعليمي اليوم يتكون كله إما من التعليم الديني وإما من المنطق البلاغي ويهيمن عليه دارسون قدماء من أمثال بليني وشيشرون. كان ذلك هو ما تواجهه أفضل العقول الشابة قبل القرن الثامن عشر. (لا يختلف ذلك مفهومياً كثيراً عن المنهج الذي كان يقدم في أقل أجزاء العالم الإسلامي تقدماً اليوم).

كان بيكون يقضي معظم وقته في إعداد "المناظرات"، تلك المسابقات مع الطلاب الآخرين حول القياس المنطقي ثلاثي الأجزاء. وكان يقضي وقت فراغه في دراسة تعقيدات الكون الأرسطي، الذي سيهدمه قريباً كوبرنيكوس وغاليليو ونيوتن[١٠].

كان بإمكان الدارسين الشباب، في عصر بيكون، أن يتخصصوا في مجال دراسي واحد فقط، هو علم اللاهوت. وحتى بعد ذلك بقرن، حين التحق جون لوك بأكسفورد، كانت تضم ستين طالبا في صف التخرج: واحد في الفلسفة الأخلاقية، واثنين في القانون، واثنين في الطب، وخمسة وخمسين في علم اللاهوت[١١].

اشمأز بيكون من هذا الزاد الفكري الضئيل. وبعد ثلاث سنوات، في عام ١٥٧٦، تبع بيكون مسيرة أبيه بالالتحاق بمدرسة غراي لدراسة القانون. وبعد فترة قصيرة توفى والد بيكون، تاركاً الشاب فقيراً يتوسل الأقارب الأغنياء (خاصة عمه الشهير) والأسرة المالكة.

ولكي نفهم المنهج الذي استقبل بيكون في كامبردج، لا بد أن نفهم الإطار الفكري اليوناني القديم. كان اختراع الهندسة قبل أكثر من ألفيتين إنجازاً رائعاً. وكان حساب شكل الأرض وقطرها التقريبي قبل ميلاد المسيح من أعظم مآثر البشرية. ويعرف التخلف الذي أصاب العصر الذي تلا ذلك — عصر الظلام — بأنه نتج عن فقدان هذه المعرفة لأكثر من ألفية ونصف من السنين.

كان القدماء محرومين ومكبلين من نواح عدة. فمفهوم الصفر لم يكن قد اخترع بعد، حيث كان اليونانيون يعتمدون على نظام عددي غير متقن يتكون من حروف أبجدية، أورثوه لاحقاً للرومان. لكن النقيصة الحقيقية في الحياة الفكرية اليونانية والرومانية هي أنها لم تكن تمتلك أي ملمح مما نسميه اليوم المنهج العلمي.

لم يتعلم اليونانيون والرومان كيف يعمل العالم عن طريق ما يعرف الآن

بالتفكير الاستقرائي، الذي يعني جمع الملاحظات وتوليفها في نماذج ونظريات. وبدلا من ذلك كان القدماء يصفون العالَم الطبيعي باستخدام الأساليب الاستدلالية، التي كانت تحدد القانون الطبيعي وشكل الكون عن طريق ما يسمى المبادئ الأولى، وهي حقائق يفترض صدقها ولا تُخضَع للبحث وتستخدم كأساس لكل التفكير اللاحق. كانت هذه المبادئ المصطنعة تُتبّع منطقياً إلى الاستنتاج المطلوب، تماماً كما تشتق الصيغ الرياضية من حقائق مفترضة أو بديهيات[١٢].

ماذا كانت هذه البديهيات؟ النظام البطليموسي/الأرسطي نفسه الذي استقبل كوبرنيكوس قبل قرن. كانت هذه البديهيات باختصار تشكل نسق معتقدات معيب لدرجة أنه كان يحول دون إمكانية التقدم العلمي. والأسوأ من ذلك أن هذا النظام كان يفترض أن كل شيء يمكن أن يُعرف حول الكون قد عُرف بالفعل، ولو نظرياً على الأقل. وعلى مدى أكثر من ألف سنة كانت مقاربة الإنسان الغربي لفهم العالم الطبيعي تتلخص في كلمتين: لا تحاول. لم يطق هذا النظام المعيب والمنغلق والقانع أية معارضة جدية، كما اكتشف برونو وغاليليو. فالكون الأرسطي لم يحفز التقصي على أي نحو. ولم يكن يسمح بالتفكير الابتكاري أو التقدم الحقيقي في معرفتنا بالعالم، ولا يسمح بالنتيجة بأي تحسن حقيقي في نصيب الإنسان العادي. كتب مؤرخ القرون الوسطى الكبير يوهان هيوزنجا Johan Huizinga: "لم يكن لفكرة الإصلاح والتحسين القصديين والمتواصلين للمجتمع أي وجود. وكانت المؤسسات عموماً تعتبر جيدة أو سيئة على ما هي عليه، ولأنها جاءت بقدر بالله، فإنها جيدة في جوهرها، ولا تفسدها إلا آثام الناس ..."[١٣]

لم ينزعج الأوروبي المتوسط بالقرن السادس عشر كثيراً من أن تقدماً اجتماعياً أو فكرياً أو علمياً حقيقياً لم يحدث على مدى ألف عام، وذلك لأن الحالة الإنسانية كان يفترض عموماً أنها ساكنة. وتكمن عبقرية بيكون المذهلة في إدراك ثلاثة أشياء:

١- أنه كانت هناك مشكلة حقيقة، فحالة الإنسان في القرون الوسطى لم تكن "طبيعية" بحال من الأحوال.

٢- أن النظام الاستدلالي كان معيباً.

٣- أن معرفة العالَم الطبيعي يمكن أن تتحسن باستمرار، ومعها رفاه البشر. وتحسين نصيب البشر يستلزم استبدال الإطار الأرسطي القديم بنظام "استقرائي"، تُجمع فيه الحقائق أولاً دون تصور سابق، ثم تحلل بعد ذلك.

أوضح بيكون أن ثمة طريقة أخرى لتحسين الحالة الإنسانية، وذلك من خلال اكتساب المعرفة المفيدة. فالمعرفة قوة بالفعل. وقد أكمل بيكون بين عامي ١٦٠٣م و١٦٢٠م مسودات متعاقبة لما أصبحت دعوته الفكرية الكبرى إلى السلاح: الأورجانون الجديد(٨).

الكتاب الأول من الأورجانون الجديد عبارة عن اتهام طويل بعض الشيء يهاجم أولئك الذين "ألحقوا أكبر الضرر بالعلوم". فكما كان هؤلاء ناجحين في حث الإيمان، كانوا فعالين بالقدر نفسه في قمع التقصي ومنعه ... ". كانت المشكلة بالنسبة لبيكون بسيطة: التنظير العقيم مقطوع الصلة بالبيانات التجريبية لم يرق إلى مهمة وصف العالم الواقعي، لأن "تعقيد الطبيعة أشد كثيراً من تعقيد الحجة".

وكذلك كانت أدوات الإنسان القائمة على الملاحظة معيبة بشدة هي الأخرى، وعرضة لأنواع كثيرة مختلفة من الأخطاء أو "الأوهام":

- **أوهام القبيلة**: عرّف بيكون القبيلة بأنها البشر أنفسهم، وهذا الوهم هو طريقتهم السائدة في النظر إلى العالم، أو "المرآة الكاذبة" التي شوّهت تصوراتنا للعالم. إنها باختصار الطبيعة البشرية.

---

(٨) الأورجانون organon كلمة يونانية الأصل معناها: وسيلة لاكتساب المعرفة، وبخاصة مبادئ للبحث العلمي أو الفلسفي [المترجم].

- **أوهام الكهف**: هي الطرق المختلفة التي يدرك الأشخاص الفرديون العالم المادي من خلالها. يذكّرنا ذلك بكهف أفلاطون الذي توجد نار على مسافة منه، وتمر الأشياء بين الكهف والنار، ويعرف الإنسان طبيعتها فقط من خلال الظل التي تخلّفه على جدار الكهف. فالهندي الأمريكي الذي يرى ظلاً ضخماً قد يفترض أنه جاموسة، بينما يفترض الأسترالي الأصلي أنه كنغر. وتلك هي نسخة القرن السابع عشر من مقولة "الحكمة بالنسبة لإنسان هي الحماقة بالنسبة لإنسان آخر".
- **أوهام السوق**: تتشكل هذه الأفكار "بالاتصال بين الناس وارتباطهم ببعضهم البعض"[١٤]. وهنا يشير بيكون إلى التغييرات في معنى الكلمات بمرور الزمن. فتأثير كلمة "الساحرة" كان مختلفاً في ماسوشوستس القرن السابع عشر عنه اليوم. إنها باختصار الموضة.
- **أوهام المسرح**: هذا الوهم هو الأكثر سحراً بين الجميع، وينتج عن "النظم المنزّلة" وهي "مجرد مسرحيات كثيرة تمثل عوالم من خلقها بطريقة تمثيلية وغير واقعية"[١٥]. كان بيكون يشير بذلك في الأساس إلى النظام الأرسطي، لكن من المغري القول إن بيكون كان يلمح إلى الدين.
- وأخيراً، ومع أن بيكون لم يرفع هذه النقيصة في الطبيعة البشرية إلى منزلة الوهم، فقد تنبأ بذكاء قبل أكثر من ثلاثة قرون بفكرة علم النفس السلوكي الحديث التي تقول إن لدى البشر ميلاً لأن "يفترضوا وجود نظام وانتظام في العالم أكثر مما يكشف العالم نفسه"[١٦]. فالإنسان حيوان باحث عن النمط، يتمتع بقدرة ثاقبة على رؤية الارتباطات وتوقع مؤامرات لا وجود لها.

عرض بيكون، في كتابه الثاني من الأورجانون، منهجه الجديد للتفكير الاستقرائي. وفيه ذهب إلى أن أول ما يجب علينا هو أن نلاحظ الطبيعة ونقيسها بأكثر الوسائل

موضوعية، ويفضل تجنب الاستخدام المباشر للحواس البشرية، التي رأى أنها عرضة لسوء التفسير الفردي. وعوضاً عن ذلك يجب أن يستخدم العلماء مناهج وآلات تعطي بيانات متماثلة للملاحظين المختلفين.

كان بيكون أيضاً على قناعة بأنه لا يمكن لإنسان واحد أن يعرف الحقيقة الكاملة، التي ادخرها لله. وحتى نيوتن، كما سنرى، كان في حاجة إلى قليل من المساعدة للتوصل إلى اكتشافاته الرائعة. تشتمل بقية الكتاب الثاني على قائمة تبعث على النعاس بمجالات ممكنة للتقصي، ووصف ممل حول كيف يجب أن يتقدم العلم من الملاحظة المباشرة لحقائق غير مزخرفة، ثم إلى بديهيات أصغر، ثم إلى بديهيات متوسطة، وأخيراً إلى بديهيات كلية.

لا يمثل ذلك بالطبع الطريقة التي يعمل بها المنهج العلمي فعلاً. غير أن الجماعة العلمية غير القادرة عن فك شفرة المناهج المدققة التي وصفها بيكون في الكتاب الثاني تسرعت إلى استنتاج أن الرجل يريد أن يقول إننا يجب أن نبدأ بصياغة فرضيات، سواء كانت بديهيات "صغرى" أم "كبرى"، ثم نتقدم مباشرة إلى الاختبار التجريبي.

اكتسب بيكون ثروة بالزواج في وقت لاحق من حياته. وعمله رئيساً لمجلس القضاء لم يكن أيضاً بلا مكافآت مالية. وقد اتهم بالرشوة، وهو اتهام لم يفصله كثيراً عن أقرانه، وإن كان أجبره على الاستقالة من المنصب. وبعد موته مباشرة في عام ١٦٢٦م مأسس أتباعه أفكاره بتأسيس جمعية لندن الملكية لتقدم المعرفة الطبيعية (تعرف الآن بالجمعية الملكية وحسب) التي حصلت على وثيقتها التأسيسية في عام ١٦٦٢م من تشارلز الثاني. وهذه الجمعية المعنية بتقدم العلم الجديد، أو "الفلسفة" كما كان يعرف وقتذاك، ضمت رجالاً من كل الخلفيات والمشارب. كانت هذه الجمعية، بتعبير أحد مؤرخيها الأوائل، معنية فقط "بالفلسفة الجديدة... وتستبعد أمور اللاهوت وشؤون

الدولة"[١٧]. ولاحقاً قال إسحاق نيوتن إنه "يجب الفصل بين الدين والفلسفة. فلا يجب أن نقحم الوحي الإلهي في الفلسفة، ولا الآراء الفلسفية في الدين"[١٨]. ومع أن هذه القيود تعد من المبادئ الأساسية للقارئ الحديث، فإن جذورها كانت عملية أكثر منها مبادئ خالصة، حيث أراد زملاء الجمعية أن ينأوا بأنفسهم عن أصداء النزاعات الدينية في ذلك الوقت، خاصة نشوات الصاحبيين(٩) والخطب التقريعية من المنشقين(١٠).

لكن من الخطأ القول إن بيكون وزملاء الجمعية الملكية كانوا معادين للدين. فقد كانوا مؤمنين يبحثون عن يد الله في الطبيعة. وقد رأى زملاء الجمعية، عن حق، أن اكتشافات نيوتن وهالي للقوانين الطبيعية للسماوات كانت جزيرة معرفية منعزلة في بحر شاسع من الجهل حول كل الظواهر الطبيعية الأخرى تقريبا، خاصة الظواهر المتعلقة بالعمل الداخلي لجسم الإنسان. وبالتأكيد لا يمكن للإنسان أن يصمم تلك الآلة الرائعة أو يبنيها، فالله وحده هو القادر على هذا الإبداع. وحتى العين المركبة للذبابة المنزلية الوضيعة، عندما كانت تُرى بالمجهر، كانت أعجوبة. فهي تتكون من حوالي ١٤٠٠٠ وحدة منفصلة، أو "لؤلؤة"، وهو ما دفع روبرت هوك إلى القول إنه "ربما يكون التعقيد المتضمن في اللؤلؤة الواحدة وتركيبها لا يقل عن نظيره في عين الحوت أو الفيل، وأن قضاء الله هو الذي يأتي بكليهما إلى الوجود ...."[١٩]

مكّن المجهر البشر من أن يروا كوناً من أشكال الحياة لم يتخيلوها من قبل – مثل الكائنات وحيدة الخلية ومتعددة الخلايا الصغيرة – وهو ما أضاف إلى رهبة الخالق.

---

(٩) الصاحبيون Quakers أو جمعية الأصحاب الدينية The Religious Society of Friends جماعة تضم منظمات دينية متنوعة ترجع إلى حركة دينية ظهرت في إنجلترا وويلز في القرن السابع عشر شددت على أن يتقمص الفرد العادي شخصية المسيح الخالد في حياته اليومية [المترجم].

(١٠) المنشقون Dissenters هم عموماً المخالفون في أمور الرأي والعقيدة، وفي الدين المسيحي هم الخارجون على الكنسية المؤسسة. ويشير المصطلح في إنجلترا وويلز إلى الكاثوليك الرومان وكذلك المنشقين البروتستانت [المترجم].

ومن ذلك أن العالم التجريبي روبرت بويل Robert Boyle، مكتشف القوانين التي تحكم سلوك الغازات، كان ينظر إلى نفسه ورفاقه من الفلاسفة الطبيعيين بوصفهم "كهنة الطبيعة". ولذلك حصر بويل تجاربه المقدسة في يوم السبت.

ومع ذلك فقد بدأت عملية فصل العلم عن الدين، بما تنطوي عليه من مصلحة أبدية للاثنين. فأخذ العلم ينشغل بماذا وكيف، بينما أخذ الدين يحصر نفسه في مَنْ ولماذا. وبعد وقت طويل من ذلك ستنفصل الحكومة عن الدين أيضاً، وهو ما ساعد في إجلاء الطريق أمام انفجار الرخاء الاقتصادي.

الملاحِظ البارع

كان تأكيد بيكون على الملاحظة والقياس الصارمين منهجياً قد سبق إليه قبل جيل عالم الفلك الدنماركي البارز تايكو براه. ولد براه في عام ١٥٤٦م لأسرة غنية من طبقة النبلاء في جنوب غرب السويد (التي كان يحكمها الدنماركيون حينذاك)، وقام بملاحظة كسوف الشمس في عام ١٥٦٠م وهو شاب، وقرر في الحال أن يكرس حياته لاكتشاف أسرار السماوات. فقد براه أنفه في مبارزة وهو في الجامعة في روستوك بألمانيا، وظل طوال حياته يضع أنفاً مصنوعاً من المعدن. كانت الأسرة قد أرسلته لتعلم القانون والكيمياء، لكنه درس علم الفلك سراً، وحين عاد إلى الوطن في عام ١٥٧١م، أنشأ له عمه مرصداً صغيراً في قلعة الأسرة.

كان براه محظوظاً بالفطرة. ففي ١١ نوفمبر ١٥٧٢م راقب "نجماً جديداً" (يسمى الآن المستعر الأكبر supernova) في برج ذات الكرسي Cassiopeia. نشر براه ملاحظاته في السنة التالية في كتيبه "حول النجم الجديد" De Nova Stella، وأخذ بحلول عام ١٥٧٤م يقدم محاضرات ملكية في كوبنهاجن. وبدأ يسافر ويكثر من الحديث عن رغبته

في الاستقرار في بازل بسويسرا. لكننا لا نعرف ما إذا كان ذلك مجرد وسيلة منه لانتزاع تنازلات من الملك الدانماركي، وعلى كلٍ فقد أعطاه فردريك الثاني الراغب في الحفاظ على هذا الكنز الوطني في عام ١٥٧٦م جزيرة هفيم Hvem في المضايق بين كوبنهاجن والسويد، وشيّد له عليها مرصد أورانيبورغ Uraniborg. ومن أجل تعزيز ولاء براه، منحه فردريك أيضاً أملاكاً أخرى في المملكة، فضلاً عن راتب سخي.

تكمن عبقرية براه في مهاراته في الملاحظة. فبينما كان معظم الفلكيين في عصره يراقبون الكواكب على نحو متقطع، كان هو يراقب مواقعها دون انقطاع، ما لم يحجبها ضوء الشمس أو الغيوم. وقد كانت أجهزته في أورانيبورغ عالية الجودة، وكانت عبارة عن ربعيات[١١] وسدسيات[١٢] ضخمة مزودة بشعرات تعامد دقيقة.

ولعلها من المفارقات أن يتمثل إنجاز براه النظري الكبير في إدراك أن القياسات لا تكون دقيقة أبداً مهما كان الحذر في إجرائها ومهما كانت حساسية الأجهزة. فكل التجارب تنطوي على خطأ، والخطأ نفسه يجب أن يقاس كمياً. كان براه يقيس أخطاءه بدقة شديدة ويُضمّنها في ملاحظاته، وهو ما جعل ملاحظاته أدق من ملاحظات الآخرين[٢٠].

حاول براه أن يضع نظرية لحركة الكواكب، لكنه فشل فشلاً ذريعاً، وعاد خطوة إلى الوراء باقتراح أنه بينما يدور عطارد والزهرة حول الشمس، تدور الكواكب الأخرى حول الأرض. ربما كان براه آخر علماء عصر النهضة العظماء الذين كانت الخرافة الدينية تكبلهم. فالرجل بالانصياع للتفسير الحرفي للكتاب المقدس، أخذ زعم الكتاب بثبات الأرض[١٣] باعتباره حقيقة. وحين توفى فردريك الثاني، وجد براه وريثه أقل لطفاً، ولذلك قضى

---

(١١) الربعية آلة تستخدم في الفلك والملاحة لقياس الارتفاع وتتألف من قوس مقسم إلى ٩٠ درجة [المترجم].

(١٢) السدسية ألة تستخدم في الفلك والملاحة لقياس ارتفاع الأجرام السماوية من سفينة أو طائرة متحركة [المترجم].

(١٣) "من السماء أسمعت حكما. الأرض فزعت وسكتت". المزامير ٨ : ٧٦.

سنواته الأخيرة في براغ، حيث ابتسم له الحظ ثانية بأن أعطاه مساعداً شاباً بارعاً يدعى كبلر.

أورث براه الأجيال التالية من الفلكيين كنزاً غزيراً من الملاحظات السماوية عالية الجودة. دون ملاحظاته، كانت حركات السماوات ستظل خفية على البشر لقرون.

نماذج تُستبعَد وأخرى تُستبقَى

على خلاف معلمه براه، لم يكن الشاب يوهانز كبلر وافر الحظ. فقد وُلِد مبتسراً في عام ١٥٧١م لأبوين ربما كانا يعانيان من اضطرابات حادة في الشخصية. فكانت أمه محدودة التعليم وغير منضبطة، وكان أبوه يكره الحياة الأسرية لدرجة دفعته إلى التطوع في الخدمة في الحملة المهلكة لدوق ألبا Alba الأسباني ضد الهولنديين بعد فترة ليست طويلة من مولد يوهانز. وفي عمر الرابعة أصيب كبلر بالجدري الذي أثر على نظره وتركه بيدين معاقتين. ونتيجة لهذه الإعاقات، وضعه أبواه في معهد لإعداد رجال الدين[٢١].

كان من حسن الطالع لكبلر وللحضارة الغربية أن تعرف معلموه بالمعهد على مواهبه الرياضية. حصل كبلر أخيراً على وظيفة يقوم فيها بإنتاج التقويم التنجيمي الشعبي. وجد كبلر النظام البطليموسي غير موات بالمرة لحساباته، وخلص إلى أن هناك بالتأكيد قوة توحد الكون. وانطلاقاً من فرضية مركزية الشمس الكوبرنيكية، بدأ كبلر يكشف تعقيدات الحركة الكوكبية. كان عمله الأكاديمي المبكر يتركز في بلدة توبينجن الألمانية الجنوبية، التي ضربتها النزاعات الدينية، التي كانت تميز تلك المنطقة. وأخيراً وجد كبلر في براغ ملجأ في عام ١٦٠٠م، حيث عمل كمساعد لبراه. وجاءت وفاة معلمه غير المتوقعة بعد سنوات قليلة لتجعله يترأس أحد أكبر مراصد

أوروبا، وقد وفر ذلك لكبلر الوسائل لمتابعة بحوثه، فضلاً عن مستودع الملاحظات الفريد الذي تركه براه.

تذكر أن الفلكيين اليونانيين الأوائل رفضوا المدارات الدائرية للأنظمة القائمة على مركزية الشمس لأبولونيوس وأرستاركوس التي كانت تنبؤاتها تخطئ بأكثر من عشر درجات، وهو أمر كان واضحاً حتى لقياسات العين المجردة للقدماء. ولاحقاً حقق النظام البطليموسي قبولاً لأنه أنتج أخطاء قدرها بضع درجات فقط. وقد ظل ذلك كافياً لأكثر من ألف سنة، ثم جاءت قياسات براه بدقة لا يتجاوز خطؤها عُشر درجة تقريباً. سلطت بيانات براه ضوءاً مؤلماً وقاسياً على عيوب النموذج البطليموسي، الذي لم يستطع أن يستوعب هذه الملاحظات الدقيقة[٢٢]. كانت عبقرية كبلر الفذة تكمن في إدراك أنه لو أراد تفسيراً أفضل لعمل السماوات، فلا مناص من أن يرفض المدارات الدائرية التي كانت تستخدمها النماذج الفلكية السابقة جميعاً.

كان كبلر يجد سحراً خاصاً في مدار المريخ. فمداره هو الأكثر انحرافا عن المسار الدائري بين الكواكب القابلة للملاحظة، وهذا الابتعاد عن الدائرية التامة كان واضحاً جداً في بيانات براه[١٤]. استبعد كبلر أفلاك التدوير التي فُرِضت على المدارات الدائرية في كلا النظامين القديمين واستعاض عنها بالمدارات بيضاوية الشكل. وكان التحدي الذي وجد نفسه أمامه هو أن يحدد الفترات المدارية لهذا الترتيب. شكّ كبلر في أن سرعة الكوكب في المدار البيضاوي تتفاوت وفقاً لبعد الكوكب عن الشمس، وشرع في الفحص المنهجي لنماذج رياضية مختلفة لحركة الكواكب.

---

(١٤) مع أن مدار المريخ هو الأكثر شذوذاً بين الكواكب الخمسة التي كان القدماء يعرفونها، فإنه بيضاوي بدرجة صغيرة. فمحوره الطويل أطول من محوره القصير بأقل من ١٪. لكن نظراً لأن الشمس تستقر في إحدى بؤرتي البيضوي، فإنها تكون على بعد حوالي تسع درجات "من المركز"، وهو ما يجعل شذوذ حركة المريخ أكثر وضوحاً.

لم يكن لغز مدار المريخ من النوع الذي يحل بسهولة، لكن اتحاد مواهب كبلر الرياضية وملاحظات براه كتب له الظفر في هذا التحدي. كان كبلر يتميز على براه بإيمانه بنظام بيكون القائم على الملاحظة. فمع أن براه كان أمهر الملاحظين في عصره، إلا أنه ككل معاصريه تقريباً كان يتقبل السلطة الأخلاقية للنظام الأرسطي/ البطليموسي. لكن كبلر لم يفعل. ظل الرجل لعقد كامل تقريباً يصارع أرقام براه الخاصة بالمريخ. لكنها لم تتفق مع النموذج الكوبرنيكي، ولم تفلح جهود براه الشاقة لتعديلها. ولذلك رأى أنه لا مناص من استبعاد النموذجين[٢٣]. تميز كبلر عن معلمه الراحل بأنه لم تكن لديه نظرية لا يجوز انتهاكها. ونحن في الغرب الحديث نسلم بأنه لا يوجد نموذج علمي أو نسق معتقدات مقدس لدرجة تجعله في منعة من البيانات الداحضة له. وهذا هو الأساس الذي يميز المجتمعات الغربية عن غيرها من المجتمعات. وقد كان كبلر من أوائل الفلاسفة الطبيعيين الذين تبنوا هذا الإطار التجريبي، الذي يعتبر من أساسيات طريقة الحياة الحديثة. فعندما تصطدم النظرية ببيانات موثوقة، فلا بد أن تذهب النظرية.

لم يجد كبلر، عالم الرياضيات الماهر، صعوبة في تخيل نماذج بديلة. وقد جرب عشرات النماذج، قبل أن يستقر على ثلاثة قوانين لحركة الكواكب تتفق تماماً مع بيانات براه. تصف هذه القوانين علاقة شكل مدارات الكواكب حول الشمس ومسافتها وسرعتها[١٥]. ربما كانت لدى كبلر أفكار مسبقة حول النماذج التي يُرجَح أن

---

(١٥) القوانين الثلاثة هي: (١) تتحرك كل الكواكب في قطع ناقص أو شكل بيضاوي. وللقطع الناقص بؤرتين تحتل الشمس إحداهما، (٢) العلاقة بين بعد الكوكب عن الشمس ومدته المدارية كالنسبة بين القوة الثانية والثالثة. على سبيل المثال، بلوتو أبعد من عطارد عن الشمس بمائة ضعف، ولذلك فإن سنة بلوتو أطول ألف مرة من سنة عطارد، (٣) تزيد سرعة الكوكب كلما اقترب من الشمس، والمساحة التي يقطعها الكوكب في نفس الفترة لا تتغير. يتجلى ذلك في أوضح صوره في حركة المذنبات. فعندما يكون المذنب على مسافة كبيرة، تكون "الشريحة من الدائرة" التي يمسحها المذنب في هذا الوقت طويلة وضيقة، في حين أنه عندما يقترب من الشمس تكون هذه الشريحة أقصر وأعرض. وفي نفس الشهر من السنة تكون "الشريحة من الدائرة" بنفس المساحة.

تنجح، لكن أحكامه المسبقة حول هذه الأمور كانت غير ذات صلة. وفي النهاية استقر على النماذج التي تتفق مع البيانات أكثر من غيرها.

اكتشف كبلر طريقة حركة الكواكب، لكنه لم يتمكن من تفسيرها. على سبيل المثال، يصف قانونه الثالث كيف أن الكواكب الأقرب إلى الشمس تتحرك بسرعة أكبر وتكون مدتها أقصر من الكواكب الأبعد عن الشمس. لكنه لم يعرف السبب وراء ذلك، ولم يتمكن من تفسير لماذا لا يتبع دوران القمر حول الأرض نفس قوانين دوران الكواكب حول الشمس.

لم يكن لأعمال كبلر صدى في أثناء حياته، شأنه في ذلك شأن كوبرنيكوس. فمن المعتاد اليوم أن نشير إلى قوانينه الثلاثة باعتبارها إنجازه الأكبر، لكن معاصروه لم يتمكنوا من اكتشاف عبقريته. فقد ظلت القوانين الثلاثة محتجبة في مستنقع من التأملات الملغزة حول موسيقى الكواكب وتناوب الجذب والطرد المغناطيسيين بين الشمس والكواكب. وكان علم الفلك القائم على الملاحظة بانتظار غاليليو ليدفعه إلى الإمام بمساعدة التلسكوب، وبانتظار نيوتن وهالي ليكملا فهم الإنسان لحركات الأجرام السماوية. وقد نجحت إسهاماتهم الكبيرة في تحرير التقصي العلمي من القبضة الخانقة لعقيدة الكنيسة، وأزاحوا بذلك عائقاً آخر من الطريق إلى الرخاء.

كسوف الكنيسة

لم يكن من قبيل المصادفة أن يبدأ عصر النهضة في إيطاليا دون غيرها. فقد أدى سقوط القسطنطينية أمام الأتراك بقيادة محمد الثاني في عام ١٤٥٣م إلى تدفق طوفان من الكنوز والمصنوعات البيزنطية في اتجاه الغرب. كان على رأس هذه الكنوز مكتبات كاملة لمخطوطات يونانية قديمة. وقد فرضت الجغرافيا وحدها أن يكون الدارسون الإيطاليون أول من يفحص هذه الكنوز الدفينة في أوروبا الغربية، تلك الكنوز التي

ألهبت الاهتمام النائم منذ قرون بالفن والأدب والعمارة الهيلينية. لكن قرب إيطاليا من الإمبراطورية البيزنطية الآفلة كان نعمة ونقمة في الوقت ذاته. فقد حدث التقدم الأكبر في الفنون، خاصة النحت والرسم، حيث أفسحت الكنيسة للعبقرية متسعاً كبيراً. أما في مجال العلوم، فقد حالت اليد الثقيلة للعقيدة للأسف دون التقصي الجدي. ومن بين كل الشخصيات البارزة الذين تشرّف أسماؤهم هذا الفصل، قضى واحد فقط أغلب حياته في جنوب الألب، هو غاليليو غاليلي الذي ولد في عام ١٥٦٤م في فلورنسا، بؤرة النزاع بين الكنيسة والعلم.

كان والد غاليليو المدعو فينسنزيو غاليلي سليلا فقيراً لأسرة توسكانية نبيلة. وكما يفعل الكثير من الآباء حتى الآن، رأى فينسنزيو أن صعود الأسرة مجددا على السلم الاجتماعي يكمن في اشتغال الابن بمهنة الطب. كان فينسنزيو نفسه عالم رياضيات كفء، وقد لاحظ استعداد ابنه في مجال الأعداد، وخلص إلى أن الصبي لو تعرض لجمال الرياضيات سيزدري الطب. وقد كان فينسنزيو محقاً. فقد استمع غاليليو الصغير مصادفة، في بلاط دوق محلي كبير، لدرس في الرياضيات كان يُقدم لطالب آخر، فأغواه جمالها الفكري.

وأخيراً استقر به الحال في وظيفة زهيدة الأجر ترتبط بالرياضيات في بيزا، حيث بدأ يلفت الانتباه بإسقاط أشياء من البرج المائل. وهناك أثبت خطأ القانون الأرسطي الذي يقول إن سرعة الجسم الساقط تتناسب طردياً مع وزنه. لكن غاليليو الذي لم يكن يتحمل الحمقى بسهولة، أساء إلى الدوق الكبير كوزيمو دي ميدتشي[١٦] بانتقاده ماكينة لتنظيف المرافئ صممها ابن غير شرعي للدوق، ولذلك وجد نفسه بعد فترة قصيرة في موطنه في فلورنسا.

---

(١٦) كوزيمو دي ميديسي Cosimo de Medici دوق توسكانيا الكبير (من ٢٧ سبتمبر ١٣٨٩م إلى ١ أغسطس ١٤٦٤م) كان الأول في أسرة ميديسي السياسية والحاكم الفعلي لفلورنسا في عصر النهضة الإيطالية [المترجم].

لكنه سرعان ما عُيّن في كرسي جامعي للرياضيات في بادوا التي كانت تخضع حينئذ لحكم البندقية. وقد نجح هناك، وأخذ يقدم محاضرات لجماهير ضخمة، واخترع، من بين أشياء أخرى، أول ترمومتر ذي بصلة مغلقة.

في عام ١٦٠٨م اخترع صانع أدوات بصرية هولندي يدعى يوهانز ليبرشي Johannes Lippershey تلسكوبا غير متقن، وتقدم بطلب براءة اختراع في هولندا. وصل خبر هذا الاختراع إلى إيطاليا في السنة التالية. وبعد أن فكر غاليليو لبضع ساعات في مبادئ البصريات، أنتج تصميمه الخاص من هذا التلسكوب وأخذ يحسّنه إلى أن بلغ قوة تكبيرية قدرها اثنين وثلاثين، أي أقوى بكثير من الآلة الهولندية. أنتج غاليليو مئات من هذه المناظير وباعها في جميع أنحاء أوروبا. وما رآه من خلال عدسات هذه المناظير كاد أن يكلفه حياته.

كان تأثير التلسكوب كبيراً. فقد حلل الفلكيون درب التبانة إلى النجوم الفردية المكوّنة له، ووجدوا جبالاً على القمر، ولاحظوا أن وميض القمر الفسفوري ناتج عن ضوء الشمس المنعكس من الأرض. أظهر التلسكوب أن الكواكب عبارة عن كرات، لكن النجوم رغم التكبير ظلت تظهر كنقاط متلألأة من الضوء. وكشف التلسكوب عديداً من النجوم "الجديدة"، أكثر من أربعين في الثريا العنقودية النجمية وحدها، مقارنة بالنجوم السبعة التي كانت معروفة سابقاً. كما لوحظ أن الشمس بها بقع، وأن زحل "ثلاثي الشكل"، وهو ما فسره عالم الفلك والرياضيات الهولندي الكبير كريستيان هايجنس Christian Huygens بأنها حلقات.

لا تساوي هذه الملاحظات شيئاً أمام اكتشاف غاليليو أن للمشترى أقماراً خاصة به. وقد تمكن كل من نظر من خلال عدسات غاليليو من رؤية أن هذه الأجسام السماوية الجديدة تدور حول جرم سماوي آخر، وذلك يمثل تناقضاً صريحاً من الكون

البطليموسي. ثمة لطمة أخرى وجهت إلى نموذج بطليموس، عندما رأى غاليليو أن أطوار الزهرة تختلف تماماً عن تلك التي توقعها هذا النموذج. وقد انبثق عن اكتشاف أن حركة الكواكب منتظمة أمل في إمكانية استخدامها بطريقة ما "كساعة فلكية" دقيقة جداً، وأن تحل المشكلة الملاحية الكبيرة في ذلك العصر، وهي حساب خطوط الطول.

عرضت جامعة بادوا على غاليليو مبلغاً ممتازاً لكي يبقى فيها، لكن الرعاة الكبار بفلورنسا أغروه بالعودة إلى مدينته الأم، وأعيد تسمية أقمار المشترى المكتشفة حديثاً إلى النجوم الميدتشية[٢٤]. لكن عودة غاليليو إلى فلورنسا كانت خطأً كبيراً.

في عام ١٦٠٥م، وفي أثناء عمل غاليليو في بادوا، أثار الصراع الديني الشديد العداوة بين البابا بول الخامس والبندقية التي كانت مستقلة منذ وقت طويل عن سلطة الكنيسة. كان سبب النزاع بسيطاً. اِتُهِم رجلا دين من البندقية بالإغواء وتشويه الأعضاء. أرادت البندقية أن تحاكمهما في محكمة مدنية، لكن البابا أصر على أن الكنيسة وحدها هي التي تحاكم رجال الدين. وعندما لم يُسلَم الرجلان إلى روما، أصدر البابا "تحريما" كنسيا بحق الجمهورية كلها. لكن البندقية رفضت أن تمتثل إلى مطالب روما، وواصل كهنتها إقامة القداس في خرق صريح للتحريم.

اعتبرت الجمهورية فعل البابا خداعا. لكن يد الله لم تنزل بطشا على الجمهورية الأكثر صفاءً(١٧)، وقد كشفت جرأتها عجز روما اللاهوتي أمام العالم. وفي النهاية كان البابا هو من تراجع[٢٥]. ولأن بادوا كانت تحت حماية البندقية، فقد كانت جامعتها توفر أحد أكثر البيئات في الحرية الفكرية في العالم. وعلى النقيض من ذلك كانت أسرة ميدتشي الحاكمة بفلورنسا تعي مدى اعتماد ثروتها وقوتها على الإحسان البابوي. ولذلك لم يكونوا ليقدموا لغاليليو الحماية التي كانت تقدمها له بادوا.

---

(١٧) كانت جمهورية البندقية تُعرَف بجمهورية البندقية الأكثر صفاءً The Most Serene Republic of Venice في إشارة إلى تفضيلها للتجارة على المشاركة في الأعمال الحربية غير الضرورية [المترجم].

ربما تمكن كوبرنيكوس من إخفاء تعارضه مع الكتاب المقدس تحت ستار المفهوم الافتراضي، لكن اكتشافات غاليليو كانت تتحدى عقيدة الكنيسة صراحة. ولذلك كان النزاع حتمياً، وكان الفتيل قد اشعل بالفعل، ولم تفعل طبيعة غاليليو المتهورة إلا أن زادته اشتعالاً.

نقل غاليليو المعركة إلى الكنيسة، وتقدم النزاع خال من سوء النية. دفع غاليليو بحرارة فكرية مميزة في رسالته إلى الدوقة الكبيرة كريستينا (أم راعيه كوزيمو الثاني من آل ميدتشي) بأن النظام الكوبرنيكي كان في حقيقته يتفق مع الكتاب المقدس. لكن الكنسية لم ترض عن دعم غاليليو لنظام مركزية الشمس. وقد زاد السخط عليه أن هذا المتعالم الوقح يعلمهم كيف يفسرون الكتاب المقدس. وفي أوائل عام ١٦١٥م استدعى الفاتيكان غاليليو إلى روما وعرض القضية أمام محكمة التفتيش.

في البداية لم تكن الأمور تسير بشكل سيئ بالنسبة لغاليليو. كان المدعي هو الكاردينال روبرت بيلارمين، العضو الأكثر نفوذاً بكلية الكاردينالات وصديق غاليليو الشخصي. لم يعاقب المحققون غاليليو مباشرة، وإنما أوقفوا تدريس كتاب كوبرنيكوس "الدورات" لأن مادته كانت "نظرية" خالصة. وأمر المحققون غاليليو بألا "يتبنى أو يدرّس أو يدافع" عن المذهب المحرم. فأذعن سعيداً لرغباتهم، وفي المقابل أعطاه بيلارمين شهادة تنص على أن محكمة التفتيش لم تلمه أو تعاقبه بأية طريقة.

اقتنع غاليليو بأنه أفلت من عقوبة شديدة، ولذلك عاد إلى فلورنسيا، وفيها لم يفتح فمه لسبع سنوات. وعندما انتخب مافيو باربريني Maffeo Barberini، مؤيد غاليليو الأقوى بكلية الكاردينالات، لمنصب البابا في عام ١٦٢٤م، عاد غاليليو إلى روما مظفرا. كرمه أكبر أمراء الكنيسة في حضور البابا الجديد، الذي أصبح يعرف باسم أوربان الثامن. وفي كل مناسبة كان غاليليو يطلب إلغاء تحريم عام ١٦١٥م. وفي كل مناسبة كان أوربان يرفض.

لم يفهم غاليليو التلميح، وهو أمر يصعب علينا تفسيره. ربما أقنع نفسه في السنوات التالية لزيارته إلى روما عام ١٦٢٤م بأن البابا كان في الحقيقة يؤيد رفع أوامر المنع. غذى هذا الوهم عنده أصدقاء عن حسن نية. من ذلك أنه في عام ١٦٣٠م كتب راهب يدعى توماسو كامبانيلا إلى غاليليو بأن البابا عبّر له عن استيائه من هذه الإنذارات القضائية. عزز ذلك اقتناع غاليليو بأنه كان على حق. فبدأ العمل في كتابه "محاورة حول نظامين كونيين كبيرين"، هما الأرسطي والكوبرنيكي بالتأكيد.

تضمن الحوار ثلاثة شخصيات: الأول معلم صبور ومنهجي يدعى سالفياتي يمثل غاليليو نفسه، والثاني صديق ذكي ومتعاطف يعد أداة لتوصيل الصوت يدعى ساغريدو، والثالث مدرسي[١٨] أحمق يدعى سمبلسيو. يقال إن غاليليو سمى الشخصية الثالثة – سمبلسيو – على اسم أحد شراح أرسطو المتأخرين، لكن التلاعب بالكلمات كان واضحاً بما يكفي. ومن أجل تعظيم تأثير "المحاورة" كتبها غاليليو بالإيطالية، وليس اللاتينية. تعرض المحاورة أدلة تفند وحدها النموذج البطليموسي للكون: أطوار الزهرة التي يمكن للجميع أن يروها الآن بالتلسكوب الجديد[٢٦]. والأسوأ من ذلك أن الشائعات واسعة الانتشار رأت أن النموذج المعاصر لسمبلسيو في محاورة غاليليو لم يكن أحداً غير البابا نفسه.

نشرت "المحاورة" في يناير ١٦٣٢م، وأحدثت سخطاً فورياً. فمنعت الكنيسة بيعها في أغسطس، وفي أكتوبر استدعي غاليليو مرة أخرى أمام محكمة التفتيش. تعلل غاليليو بشيخوخته ومرضه، لكنه وصل أخيراً إلى روما في فبراير ١٦٣٣م، وأخذ يقطع الطريق ذهاباً وإياباً بين "الأبنية" السكنية لمحكمة التفتيش وبيوت الأصدقاء.

---

(١٨) المدرسي أو السكولاستي scholastic هو المؤمن بالفلسفة المدرسية أو السكولاستية التي كانت سائدة في أوروبا في القرون الوسطى وأوائل عصر النهضة وتقوم على منطق أرسطو ومفهومه لما وراء الطبيعة، وقبل كل شيء إخضاع العلم للاهوت [المترجم].

عُرِضت على الفلكي المسن، في هذه الفترة، آلات التعذيب. وعندما وقف أخيراً أمام المحكمة في يونيو، زعم أنه لم يؤمن مطلقاً بمركزية الشمس. ارتد العجوز علناً عن أفكاره، ثم أدين "بالاشتباه القوي بالهرطقة" (وهي الخطوة السابقة مباشرة للهرطقة نفسها التي توجب الحرق على الخازوق)، وفُرِضت عليه كفارة غير مؤذية. تقول الأسطورة إن غاليليو صاح وهو يخرج من الحافلة إلى محبسه في سينا قائلاً "لكنها تتحرك" (أي الأرض التي تتحرك حول الشمس). لكن ظهور أول تأكيد لقولته تلك بعد ١٣٠ سنة يؤكد أن هذه الحادثة مشكوك في صحتها[٢٧].

انتصرت الكنيسة، لكنه انتصار كلفها ثمناً باهظاً. وغاليليو مع أنه خسر المعركة، فقد ربح الحرب. فكما كشفت البندقية ضعف النفوذ اللاهوتي للكنيسة، فضحت محاكمة غاليليو عدم الأمانة الفكرية في صميم تعاليمها. فقدت الكنيسة في هذا النزاع قدراً مهولاً من مصداقيتها. ولن تستطيع بعد ذلك أن تقف في طريق التقدم العلمي. فقد أزاحت محاكمة غاليليو عائقاً هائلاً من طريق تقدم البشرية.

ومع أن غاليليو فقد بصره في سنواته الأخيرة، فقد ظل يعمل حتى وفاته في عام ١٦٤٢م، وهي السنة التي ولد فيها نيوتن. كانت حصيلة الرجل مذهلة، لكنها لم تكن بلا عيوب. فقد نبذ نظرية كبلر للمدارات البيضاوية لصالح الفكرة الكوبرنيكية للمدارات الدائرية مع أفلاك التدوير المتراكبة. ولم يستطع أن يصنع القفزة الفكرية اللازمة لتخيل طبيعة القوة الجاذبة، وأدرك بغموض أن القوة الكبيرة التي تحفظ الأرض في مدارها حول الشمس ربما تكون نفس القوة التي تشد القمر إلى الأرض وأقمار المشترى إليه. كانت قوة غاليليو البارزة تكمن، كشأن براه، في مهارته في الملاحظة والميكانيكا. ومن خلال البناء على موهبة غاليليو العملية الاستثنائية ومهاراته في الملاحظة، تمكنت عبقرية إسحاق نيوتن الفذة من كشف الأسرار الأخيرة لحركة السماء.

آلية الساعة تتكشف

تُدْرَس حياة إسحاق نيوتن وإدموند هالي وإنجازاتهما المهنية على نحو أفضل معاً. فرغم أن نيوتن، الذي ولد في عام ١٦٤٢م، كان أكبر من هالي بستة عشرة سنة، فقد وصل الاثنان إلى العمر العلمي في نفس المحيط الفكري، وهدما معاً أهم الألغاز الطبيعية في عصرهما، أي القوانين التي تحكم حركات كل الأجرام السماوية، وليس الكواكب فحسب. كان نيوتن، من بين الرجلين، يتميز بعبقرية يشهد له الجميع بها، وهي القدرة الرياضية التي تقطع أنفاس الدارسين الحديثين وهم يحصون الكم الذي أنجزه بهذه السرعة. كما كان يحظى بشخصية لا تقل تفرداً، فكان يعاني من وسواس المرض وكان ثقيل الظل ودوغماطيا، وفي الوقت نفسه خجولاً وحساساً. وفي المقابل وصف رجال من كل الطبقات هالي بأن شخصيته ساحرة وسخي ومنفتح. ومع أن عبقريته لم تكن بعمق عبقرية نيوتن، فإنها كانت أوسع، حيث امتدت إلى مجالات أبعد بكثير من العلوم الأساسية.

عاش نيوتن ظروفاً صعبة في طفولته. ترملت أمه قبل ثلاثة أشهر من مولده هزيلاً ومبتسراً في ولزثروب في لينكولنشاير. اضطرت أمه لأن تتزوج ثانية من رجل أكبر منها سناً من أجل الأمن المالي، وتركت إسحاق الصغير في رعاية جدته لأمه. ترى من الذي اكتشف عبقريته أولاً، ربما عم له أو مدير المدرسة التي كان يحضر فيها بالقرية القريبة المسماة جرانثام؟ لا أحد يعرف، لكن الغريب هو أن إسحاق نيوتن التحق بكلية الثالوث في كامبردج في عام ١٦٦١م بمنحة يدفع الصبي فيها تكلفة تعليمه من خلال قيامه بالأعمال الحقيرة.

وإذا كنا لا نعرف إلا القليل عن أيام نيوتن في المدرسة الثانوية، فإننا لا نعرف إلا الأقل حول سنواته الأولى في كامبردج. في وقت ما حول عام ١٦٦٤م تأكد لنيوتن أنه غداً يعرف في الرياضيات والعالَم الطبيعي كل ما يمكن أن يتعلمه من الناس الآخرين. ومن هذه النقطة فصاعداً أخذ على عاتقه مهمة فتح آفاق جديدة.

كان من حظ نيوتن السعيد جداً أن التصدعات الأولى كانت قد ظهرت حينذاك في النظام التعليمي الأرسطي بإنجلترا. كانت كلية الثالوث أول مؤسسة تعليمية تنبذ طرق التدريس القمعية القديمة[٢٨]. وكان رينيه ديكارت قد ابتكر قبل جيل الهندسة التحليلية، تلك الأداة الضرورية لحل مشكلة الميكانيكا المدارية. وعندما دخل نيوتن كلية الثالوث، كانت المؤسسة الوحيدة بإنجلترا التي تدرّس الرياضيات الديكارتية الجديدة بحرية.

أدى تفشي الطاعون، في يونيو ١٦٦٥م، إلى إغلاق كامبردج، فعاد نيوتن إلى مسقط رأسه في ولزثروب ليستقر هناك، باستثناء عودة قصيرة إلى كامبردج في السنة التالية، حتى أبريل ١٦٦٧م. وفي أثناء خلوته الريفية مدة الثمانية عشر شهرا غيّر الرياضيات والفيزياء والفلك بالكامل.

تعامل نيوتن أولاً مع مشكلة حيرته طويلاً: هل يمكن أن تكون القوة التي تبقي القمر في مداره هي نفسها التي تجعل التفاحة تسقط من الشجرة؟ وقد خلص إلى أنها كذلك، وأن هذه القوة هي الجاذبية. (بدأ هذا التقصي برؤية نيوتن للتفاح وهو يسقط في حديقة أمه. لكن لا تتضمن رواية موثوقة لهذه الحادثة أنه جُرح في رأسه).

وسرعان ما اكتشف أن الهندسة التحليلية لم تكن كافية للتعامل مع هذا الحساب، ولذلك ابتكر حساب التفاضل والتكامل. ولسوء الحظ وقع نيوتن، كعادته، في خطأ ناتج عن شرود الذهن. فلأن مكتبته لم تكن معه، استخدم قيمة خاطئة لنصف قطر الأرض (المسافة من مركز الأرض إلى التفاحة التي على الشجرة)، ولذلك توصل إلى تقدير خاطئ لقوة الجاذبية، بناءً على ملاحظاته لحركة القمر. ونتيجة لهذا الخطأ لم يتمكن من فهم الحركة السماوية، فوضع حساباته الخاطئة في درج مكتبه، وانتقل إلى مجالات أخرى، منها قوانين الحركة الثلاث، وعمل رائداً حول السلسلة العددية. وكما لو أن ذلك لم يكن إنجازاً كافياً، اخترع البصريات الحديثة باستخدام الموشورات لاستنتاج التركيب اللوني للضوء.

إدموند هالي: العبقرية عون

ولد إدموند هالي في عام ١٦٥٨م لتاجر غني، وفر له تعليماً ممتازاً في مدرسة القديس بول بشمال شرق لندن. برع هالي الصغير في علم الفلك، وعندما وصل إلى أكسفورد في عام ١٦٧٣م كان يمتلك أجهزة فلكية كافية لبناء مرصد محترم خاص به[٢٩].

على مدى الأعوام العشرين التي تلت إقامة نيوتن في ولزثروب، ظلت مشكلات حركة الكواكب والجاذبية تؤرق العلماء، ومنهم اثنين من أنبه معاصري نيوتن وهالي: روبرت هوك Robert Hooke (مخترع المجهر، وعدو نيوتن اللدود لاحقاً) والمهندس المعماري الشهير كرستوفر رين Christopher Wren. كان هالي وهوك ورين قد تنبهوا جميعاً لطبيعة قوة الجاذبية، لكن الرياضيات المستخدمة في إثبات وجودها كانت محبطة جداً حتى على هؤلاء الرجال العظماء.

بحلول العقد[١٩] التاسع من القرن السابع عشر كانت عبقرية نيوتن الرياضية قد ذاع صيتها، لكن للأسف كانت الخصومة بين هوك ونيوتن قد تقدمت كثيراً. ادعى هوك أنه يمتلك حلاً رياضياً للمشكلة، لكنه لم يكشفه لهالي أو نيوتن. ارتاب هالي في هوك، فذهب إلى كامبردج للتشاور مع نيوتن.

كان هالي يعرف نظرية نيوتن عن الجاذبية، التي تقول إن الكوكب ينجذب إلى

---

(١٩) العقد، كما هو معروف، فترة زمنية تتكون، في المطلق، من عشر سنوات، كأن يقول أحدهم "أمضيت عقداً أو اثنين في عمل كذا". وفي التحقيب التاريخي يُقسَم القرن إلى عشرة عقود، يمتد العقد الأول في أي قرن من السنة الأولى فيه، ولتكن مثلاً سنة ١٨٠٠م، عشر سنوات، إلى سنة ١٨٠٩م. ويمتد العقد الثاني من سنة ١٨١٠م إلى سنة ١٨١٩م، وهكذا. وعلى ذلك فإن العقد الذي يكتب باللغة الإنجليزية في الصيغة 1680s يكون العقد التاسع من القرن السابع عشر، أي الذي يبدأ من عام ١٦٨٠م إلى عام ١٦٨٩م، وهكذا. وعندما نقول في اللغة العربية "الثمانينيات" فإننا نقصد العقد التاسع، وعندما نقول التسعينيات"، فإننا نعني العقد العاشر أو الأخير من القرن. وبالمثل يسمى القرن الذي يبدأ من سنة ١ وينتهي بسنة ٩٩ بالقرن الأول، والقرن الذي يبدأ من سنة ١٠٠ وينتهي بسنة ١٩٩ بالقرن الثاني، والقرن الذي يبدأ من سنة ١٦٠٠م وينتهي بسنة ١٦٩٩م بالقرن السابع عشر، وهكذا. وعلى ذلك فإن القرن الذي يكتب باللغة الإنجليزية في الصيغة 19th يكون القرن التاسع عشر الذي يبدأ من سنة ١٨٠٠م وينتهي بسنة ١٨٩٩م [المترجم].

الشمس بقوة تتناسب طردياً مع كتلته وعكسياً مع مربع المسافة بينهما. سأل هالي نيوتن عن شكل مدار الكوكب الذي يخضع لمثل هذه القوة. أجابه نيوتن دون تردد بأن مدار الكوكب بيضاوي. صعقت هالي هذه الإجابة. فهالي، كشأن كل العلماء في عصره، كان يقر الفكرة الأرسطية التي تقول إن كل المدارات دائرية حتماً. تساءل هالي: كيف عرف نيوتن ذلك؟ أجاب نيوتن بأنه حل هذه المشكلة قبل عشرين سنة عندما كان في ولزثروب. تقول الأسطورة إن نيوتن فتش في درج مكتبه وأخرج حساباته القديمة الخاطئة، التي سرعان ما اكتشف هالي فيها الخطأ في نصف قطر الأرض وتوصل إلى المعادلة الصحيحة. لذلك كان الدارسون في ذلك الوقت يمزحون بالقول إن أوروبا كلها كانت تبحث عن حل مشكلة الحركة السماوية وأن نيوتن ضيعه.

في لحظة انكشفت للإنسان الطبيعة الحقيقية للحركة السماوية. حث هالي نيوتن على نشر عمله الذي اشتهر عن جدارة تحت اسم "المبادئ الرياضية للفلسفة الطبيعية" Philosophiae Natumlis Principia Mathematica، بل وتكفل بتكاليف طباعته[٣٠]. (أظهر ذلك سوء النية بين نيوتن وهوك الذي اتهم نيوتن بالانتحال. حاول الدبلوماسي هالي أن يصلح بينهما، لكنه فشل. ولم تنته العلاقة المسممة إلا بموت هوك في عام ١٧٠٣م، وعندها خلفه نيوتن في رئاسة الجمعية الملكية).

كانت أوروبا في حالة تشبه السحر، وهي ترى بعينيها تحقق ما كان يصعب تخيله في السابق. أثبتت التنبؤات الفلكية صحتها الواحد تلو الآخر. وحتى السماوات كان يبدو أنها متعاونة. فإذا كنت تحاول أن تبرهن على قوة العلم الجديد، فلن تجد أفضل من كسوف الشمس الكلي الذي غطى لندن في ٢٢ أبريل ١٧١٥م. نشر هالي خرائط لما قبل وما بعد مسار الكسوف. أوضحت خريطته الأولى، الموضحة في الشكل رقم (٣,٤)، التي طبعت قبل أسبوعين تقريباً من الكسوف، المسار المتوقع للكسوف. كان الهدف من هذه الخريطة مزدوجاً. أولاً وقبل كل شيء أراد هالي أن يستبق إلى تحذير عامة الناس ويطمئنهم إلى أن الكسوف الكلي القادم – الأول في إنجلترا منذ قرون – لم يكن علامة على غضب الله. فقد كان الهدف من التنبؤ المنشور هو أن:

لا يفاجئ الظلام المفاجئ، الذي ستظهر فيه النجوم حول الشمس، الناس، الذين إن لم نعلن لهم ذلك، فقد يعتبروه نذير سوء، ويفسروه على أنه نذير شر لمليكنا وسيدنا جورج وحكومته الذين يحفظهم الله. وبذلك لن يروا فيه شيئاً غير طبيعي، أو غير النتيجة اللازمة لحركات الشمس والقمر ....»[٣١]

ثانياً استخدم هالي الكسوف ليغوي المراقبين من جنوب إنجلترا ليسجلوا توقيت حدوثه ومدته، أي المدة التي حجب القمر فيها الشمس كلياً. وبالفعل حصل هالي على العشرات من هذه التقارير التي مكنته من تحديد مدى دقة تنبؤه.

الشكل رقم (٣,٤). تنبؤ هالي بمسار كسوف عام ١٧١٥م.

المصدر: Reprinted with permission of the Houghton Library, Harvard University

أنتجت هذه الملاحظات خريطة ثانية، الموضحة في الشكل رقم (٣,٥)، جاءت متماثلة تقريباً مع الأولى. اتضح أن تنبؤ هالي كان تاماً تقريباً، مع أخطاء صغيرة في اتجاه المسار الفعلي وعرضه[٣٢]. وعلى سبيل المكافأة المجانية عرضت الخريطة الثانية مسار الكسوف القادم، الذي كان متوقعاً في عام ١٧٢٤م، وهو من الشمال الغربي إلى الجنوب الشرقي.

الشكل رقم (٣,٥). المسار الفعلي لكسوف عام ١٧١٥م.

المصدر: Reprinted with permission of the Houghton Library, Harvard University.

انفعل الجمهور بتنبؤ هالي الدقيق بمسار الكسوف. وكان ذلك الضربة القاضية التي أعلنت انتصار منهج بيكون العلمي الاستقرائي: لاحظ وافترض واختبر. وبحلول منتصف القرن الثامن عشر كان العلم الجديد قد تغلب على نظام الاستدلال الأرسطي، وأضعف معه تدخل الكنيسة في الشؤون العلمية.

كان لزاماً أن يمر قرن آخر، على الأقل، قبل أن ينفصل الدين والعلم كلياً. فهالي ونيوتن، كشأن كل الرجال في عصرهما، كانا مؤمنين ورعين، يعتقدان أن الله قدّر قوانين الحركة السماوية. بل وأكثر من ذلك كانا يؤمنان بالحقيقة الحرفية للكتاب المقدس. فهالي، على سبيل المثال، كان يعتقد أن الطوفان[٢٠] ربما حدث نتيجة لصدام بين الأرض ومذنب. واختلف معه نيوتن، معتقداً أن نوعاً آخر من الاصطدام الكوكبي كان السبب. وفي العقد الأول من القرن الثامن عشر ألقى وليام ويستون William Whiston، الذي خلف نيوتن في كرسي الرياضيات اللوقي[٢١]، محاضرة في جمهور ضخم في لندن حول الارتباطات بين الحوادث الفلكية والأحداث المذكورة في الكتاب المقدس. وحتى نيوتن لم يستطع أن يفلت كلياً من براثن خرافات القرون الوسطى. فأغلب حياته وكتاباته المهنية كانت تدور حول الخيمياء[٢٢]، وقد تبادل مراسلات مثيرة حول أسرار الخيمياء مع آخرين من نجوم التنوير العلمي، منهم جون لوك، وروبرت بويل قبل أن تحدث القطيعة مع الأخير[٣٣].

---

(٢٠) طوفان النبي نوح [المترجم].

(٢١) في جامعة كامبريدج، يسمى شاغل منصب كرسي الرياضيات بأستاذ الرياضيات اللوقي Lucasian Chair of Mathematics نسبة إلى مؤسس الكرسي هنري لوكاس Henry Lucas في عام ١٦٦٣م، ويعتبر من أرفع المناصب الأكاديمية في العالم [المترجم].

(٢٢) الخيمياء هي الكيمياء القديمة التي كانت غايتها تتمثل في تحويل المعادن الخسيسة إلى ذهب، واكتشاف علاج كلي للمرض ووسيلة لإطالة الحياة إلى ما لا نهاية [المترجم].

إدموند هالي: المُيسّر العظيم للرخاء

إن إنجازات إدموند هالي والأشياء التي تربط به، بعيداً عن عمله مع نيوتن، مذهلة في ذاتها. فقد اكتشف في عام ١٦٨٢م المذنب الذي يحمل اسمه، وقدّر أن مداره البيضاوي يساوي دورة قدرها ٧٦ سنة. وهو نفس المذنب الذي شوهد في أوروبا وآسيا في عام ١٥٣١م وفي عام ١٦٠٧م. وتوقع أنه سيعود في وقت عيد الميلاد في عام ١٧٥٨م، وهو ما حدث فعلاً، وإن بتأخير طفيف نتج عن السحب الجذبي للمشترى وزحل. وحيث إنه سيموت حتماً قبل وقت طويل من ذلك التاريخ، فقد ناشد الفلكيين اللاحقين ألا ينسوا تنبؤه.

لكن هالي ما كان له أن يقلق بهذا الشأن. فالمذنبات مشحونة منذ القدم بهالة دينية وتاريخية. من ذلك، على سبيل المثال، أن مذنب هالي ظهر أيضاً قبل سبعة أشهر من معركة هاستينغز[٢٣] في عام ١٠٦٦م. وقد طُرِّز فيما بعد في لوحة البايو النسيجية Bayeux Tapestry الرائعة التي تخلّد الغزو النورمندي لإنجلترا. وقد أضافت عودة المذنب الدقيقة في عام ١٧٥٨م حجراً آخر إلى صرح الإيمان الشعبي بالمنهج العلمي الجديد[٣٤].

جمع هالي، في لحظة فراغ، سجلات الوفيات لمدينة برسلو Breslau الألمانية في أول جداول تأمينية، وهي عنصر أساسي لصناعة التأمين الجديدة التي كانت تشق طريقها إلى الوجود حينذاك. وكذلك كان هالي، بصفته فلكياً ملكياً، عضواً في هيئة خطوط الطول. وقد قدم في ذلك الدور تشجيعا ونصحاً ودعماً نقدياً، كانت الحاجة إليه ماسة، لجون هاريسون John Harrison في مسعاه لبناء كرونومتر بحري موثوق ودقيق.

---

(٢٣) معركة هاستينغز Hastings وقعت في منطقة بهذا الاسم في شرق سوسكس بإنجلترا في ١٤ أكتوبر ١٠٦٦م وكانت النصر الحاسم للجيش النورمندي بقيادة الدوق وليام الأول النورمندي على الجيش الإنجليزي بقيادة الملك هارولد الثاني، وبها تمّ الغزو النورمندي لإنجلترا [المترجم].

وحتى لو لم تكن هذه الإنجازات كافية لحياة رجل، لكفى هالي المساعدة التي قدمها في إطلاق الاكتشاف الأوروبي لقارة. فقد اقترح إرسال بعثة إلى المحيط الهادي لملاحظة حركات الزهرة بين عامي ١٧٦١م و١٧٦٩م (بعد عقدين من وفاته) بغرض القياس الدقيق للمسافة بين الأرض والشمس. تولى الربان جيمس كوك هذه الرحلات، وفي أثنائها أصبح أول أوروبي يزور كثيراً من مواقع المحيط الهادي، مثل أستراليا وجزر هاواي. ونظراً لأن إدموند هالي لعب أدواراً رئيسة في تطوير ثلاثة من أسس الرخاء الحديث الأربعة – العقلانية العلمية، وأسواق رأس المال، والنقل الحديث – فلا مبالغة إطلاقاً في أن نعتبره الشخصية المركزية في قصتنا.

انتشار العقلانية: ما بعد الميكانيكا السماوية

رغم التقدم الرائع الذي تحقق في المنهج العلمي الجديد، فقد انقضى أكثر من قرنين قبل أن تبدأ هذه الثورة في زيادة ثروة العالم بطريقة ملحوظة. فقبل عام ١٨٥٠م كانت قلة من العلماء فقط تعمل في الصناعة، وكانت معظم الاختراعات تعود إلى حرفيين موهوبين ومخترعين من أمثال توماس إديسون، وجون سميتون John Smeaton، الذي أعاد اكتشاف الخرسانة التي نسيت مع انهيار روما. كانت صناعة الصلب بالقرن التاسع عشر أول صناعة تستخدم المختبر العلمي الصناعي الحديث الدائم، الذي كان يقوم على العمل فيه باحثون دائمون، كانوا يتابعون العلاقة بين جودة الخام والمنتج النهائي. وقد كان عملاق صناعة الصلب أندرو كارنيجي Anrew Carnegie يفخر بالميزة التي أعطاها له مختبره على المنافسين. وقال في ذلك: "بعد سنوات من استعانتنا بالكيمياء لتوجيهنا، قال [المنافسون] إنهم لم يكونوا يستطيعون أن يتحملوا تكلفة كيميائي واحد. ولو عرفوا الحقيقة وقتها لعرفوا أنهم لا يستطيعون أن

يتحملوا أن يكونوا بلا كيميائي"[٣٥]. وفي القرن العشرين فقط أصبحت المختبرات البحثية جيدة العمالة والتمويل مقوماً ثابتاً لشركات التصنيع الكبرى.

إن كم التغير الذي حدث منذ كوبرنيكوس توجزه على أفضل نحو إدانة مارتن لوثر للفلكي البولندي العظيم: "يقلب الأحمق علم الفلك كله رأساً على عقب"[٣٦]. ففي عالم لوثر كان هدم الحكمة المُنَزَلة جريمة تستحق الإعدام، وفي غضون ثلاثة قرون سيكون ذلك نفسه مما يجلب على مرتكبه الشرف والثروة. في قصة مشكوك في صحتها سأل نابليون عالم الفلك جوزيف لاغرانج Joseph Lagrange هل يمكن أن يأتي نيوتن آخر؟ توجز إجابة لاغرانج المفترضة كامل العصر: "لا مولاي، لأنه كان هناك كون واحد فقط لكي يُكتشَف".

هكذا أدى هوس البشر بالنجوم إلى قفزات في قدرتنا على أن نحسب، ببضع نقرات على لوحة مفاتيح الحاسوب، مسارات الأقمار الصناعية الدوارة. حدث الجزء الأكبر من التقدم في القرن السابع عشر، وأحدث ما لا يقل عن ثورة في علاقة الإنسان ببيئته المحيطة. وقد كان العلماء والحرفيون الإنجليز الذين يحمي القانون العادي حقوقهم الفكرية والمادية، يمتلكون أيضاً حينذاك الأدوات العقلية الصحيحة لكي يبدعوا.

وعلى مدى القرنين التاليين ستموّل أسواق رأس المال الناشئة جهودهم، وستنشر القوة، والنقل، والاتصال الحديث سلعهم عبر الأمة والعالم، وتُنتِج بذلك الموجة الأولى من الثروة الحديثة.