# 3

# ماذا لو كانت الشمس واقعة في مركز العالم؟

ماذا لو كانت الشمس واقعة في مركز العالم، وكانت النجوم الأخرى
تدور راقصة حولها باستمرار، بفضل جذب الشمس لها؟

**ـ جون ملتون، في الجزء VIII من مؤلَّفه الفردوس المفقود، Paradise Lost، سنة 1697**

تكف كومة من الصخور عن كونها مجرد كومة من الصخور في اللحظة
التي يقوم شخص وحيد بتأملها، واضعاً في ذهنه صورة كاتدرائية.

**ـ أنطوان دي سان ـ إكسو بيري، الطيران إلى آراس Flight to Arras، سنة 1942**

★ ★ ★

من بين الأشياء التي عرضت في بهو مبنى علم الفلك التابع لجامعة برنستون، نموذج كوكبي ـ أداة لتبيان مواقع الكواكب وحركاتها ـ أنجزه سنة 1770 صانع الساعات، والفلكي الذي علّم نفسه بنفسه دون أن يدرس في معهد علمي، ديفيد ريتنهاوس David Rittenhouse. النموذج الكوكبي هو نموذج ميكانيكي للسماوات، يقوم محرّكه المكوّن من مجموعة دواليب صغيرة، كتلك الموجودة في الساعات، بدفع أجرام سماوية صغيرة تشبه حركة مثيلاتها الحقيقية في السماء الليلية. وقد أخذ النموذج الكوكبي اسمه باللغة الإنكليزية ـ وهو orrery ـ من البريطاني شارلز بويل Charles Boyle،

إيرل أوريري Earl of Orrery، الذي صُنِعَ له أول نموذج كوكبي في مطلع القرن الثامن عشر.

كنت طالباً في المرحلة الجامعية الأولى undergraduate في جامعة برنستون، من سنة 1969 إلى سنة 1973، وكنت واحداً من أربعةٍ فقط اختاروا علم الفلك موضوعاً للتخصص من بين قرابة ألف طالب. وفي كل يوم، وأنا في طريقي إلى قاعة بيتون Peyton Hall، التي كنت أدرس فيها، كنت أمر بنموذج ريتنهاوس الكوكبي. وحتى في هذه الأيام التي تعج بمنتجات التقانة العالية high-tech، فإن وجه النموذج الكوكبي المطلي بالذهب، الذي تظهر عليه الأجرام السماوية والنجوم، ما زال يجذب إليه اهتمام الناس. مساحة هذا الجهاز أربعة أمتار مربعة، وهو معلّق رأسياً (شاقولياً) على حائط بعيداً عن البهو الرئيسي للمبنى. سطحه صفيحة من النحاس المصقول، وهو مدهون بلون أزرق بحري. وثمة محور يبرز من مركز وجه النموذج الكوكبي يحمل كرة من النحاس تمثل الشمس. ويوجد حولها ست كرات أصغر حجماً - هي الكواكب التي كانت معروفة سنة 1770، ومن ضمنها الأرض - تدور في أفلاك أهليليجية لها أشكال مدروسة، وميل كل فلك منها على الأفلاك الأخرى صحيح. ويقول ريتنهاوس «إن سرعتها عدلت بدقة، كي لا يكون ثمة فرق محسوس عما هو وارد في الجداول الفلكية خلال بضعة آلاف من السنين». ويرافق كل كوكب حاشيته من الأقمار التي تدور حول الكوكب في أفلاكها الصحيحة. وكانت كل هذه الآلية تدار بلولب يُملأ من وقت لآخر، أما الآن فتدار بمحرك كهربائي.

ويحيط بوجه النموذج الكوكبي حلقة نحاسية تدار بمحرك، وقد نقش عليها الإحداثيات السماوية، بحيث يمكن أن يقرأ مباشرة تقدم كل كوكب عبر السماوات. وتدور الحلقة درجة واحدة كل 72ساعة لتصحيح قراءات الإحداثيات بسبب التدويم البطيء لمحور الأرض. نموذج ريتنهاوس الكوكبي هو آلة توقيت ميكانيكية: فإذا أدرت ذراع تشغيل winch، فإنك ترى كيف كان يبدو النظام الشمسي قبل مدة تصل إلى 5،000 سنة، أو كيف يبدو بعد

مدة تصل إلى 5،000 سنة. ومن الممكن مشاهدة حوادث الخسوف والكسوف السابقة أو القادمة وتواريخها.

صُنِعَ نموذج ريتنهاوس الكوكبي خصيصاً لكلية فيلادلفيا، التي أصبحت الآن جامعة بنسلفانيا. بيد أنه في 23 أبريل/نيسان سنة 1770، وذلك قبل وقت قصير من إتمام صنع هذا النموذج، أعطى ويذرسبون Witherspoon رئيس جامعة برنستون ـ التي كانت تعرف آنذاك بكلية نيو جيرسي College of New Jersey ـ ريتنهاوس مبلغ 300 جنيه وطلب منه صنع الجهاز. وبعد أن جاء جون آدامز John Adams ليرى هذا الجهاز بنفسه في شهر أغسطس / آب سنة 1776، قام جنود بريطانيون بالعبث به خلال الثورة. (كسر الجنود النموذج الكوكبي، لكنه أُصلح بعد الحرب). وقد أذهل النموذج مشاهديه في المعرض العالمي في شيكاغو سنة 1893، ثم اختفى إلى سنة 1948 عندما عُثِرَ عليه في قبو بناية برنستون، وهو مازال في قفصه منذ أيام المعرض. وقد جُدِّدَ النموذج الكوكبي سنة 1952 وعُلِّقَ في مكتبة فيرستون Firestone بجامعة برنستون، وذلك قبل نقله إلى موقعه الحالي في بهو قاعة بيتون.

انقضى زهاء ثلاثين عاماً منذ أن وقفت في ذلك البهو، محتقن العينين من الدراسة، وذلك للتحديق في هذا الجهاز الأزرق المذهل. كان من الصعب عليّ التصديق بأن الجهاز ـ الذي كان ما يزال يبدو جديداً ـ يمثل الحركات السماوية بدقة عالية، وذلك باستعمال مجموعة عمرها 200 سنة من التروس، والنوابض، والحدبات (الكامات) cams. وفي ذلك الوقت الذي صنع ديفيد ريتنهاوس هذا النموذج المصغّر للكون، كان الجدل الذي دار أمداً طويلاً حول إعادة ترتيب أجرام النظام الشمسي قد توقف. ففي قاعات محاضرات الجامعات في جميع أنحاء العالم، حيث كان الفلكيون يدرّسون النظام الأرضي قبل مئتي سنة فقط، صار يدرّس الآن نظرية النظام الشمسي المركز دون غيرها. وفي هذه الأيام، يستطيع المرء أن يرى في بهو بيتون، بروعة وفخامة، نفس النظام الشمسي المركز الذي تصوره أرستارخوس قبل آلاف السنين. لكن، حتى في أيام أرستارخوس، رُفض النظام الشمسي

المركز، إذ فضّل عليه منافسه، أي النظام الأرضي المركز. تُرى، إلاَم يعود السبب في أن الكرة النحاسية الكبيرة التي تمثل الشمس، وليس الأرض الصغيرة، موجودة في مركز النموذج الكوكبي؟ وكيف أصبح الفلكيون متوثقين من صحة الترتيب الشمسي المركز الذي خصص ديفيد ريتنهاوس ثلاث سنوات من عمره لصنع نموذج نحاسي له؟

**نيقولا كوبرنيك.**
**من لوحة تعود إلى سنة 1682.**
**المصدر:** أوين جنكريتش.

في 12 أكتوبر/تشرين الأول من سنة 1492، بعد رحلة دامت عشرة أسابيع عبر المحيط الأطلسي، وطئت قدما كرستوفر كولمبس القارة الأمريكية. وفي نفس الوقت، كان طالب عمره تسع عشرة سنة، يقيم في كراكوف ببولونيا، اسمه نيقولا كوبرنيك Nicolaus Copernicus، يستعد للقيام برحلة أخرى مختلفة عن الأولى: رحلة استبدت بكيان هذا الشاب الصغير، لكنها لم تكن رحلة شراعية، بل عقلية.

كان العالم الذي تربى فيه كوبرنيك يتفجر بالأفكار الجديدة. ومع أن ذلك العالم يسبق عصرنا، الذي يسمّى عصر المعلومات، بنحو خمسمئة سنة ـ ومع أن «الكمبيوترات» الوحيدة التي كانت في ذلك الوقت هم الناس المزوّدون بقوائم من الأرقام ـ فإنه يحق لعصر كوبرنيك أن يُطلق عليه اسم «عصر المعلومات». ومنذ ابتكار يوهان غوتنبرغ Johann Gutenberg للآلة الطابعة من النمط القابل للحركة في أواسط القرن الخامس عشر، فقد انتشر في أوروبا نحو 40،000 مجلّد مطبوع ؛ وقد وقع بين يدي كوبرنيك البارعتين عدد من هذه الكتب. (خلال حرب الثلاثين سنة، نُقِلَتْ مجموعة

كتب مكتبة كوبرنيك كلها إلى السويد، وهي موجودة حالياً في مكتبة جامعة أوبسالا. ومع أن هذا النقل كان سرقة بلا شك، لكنه سمح لنا، على الأقل، بمعرفة ما كان يقرؤه كوبرنيك).

من خلال الصفحات المطبوعة، كانت أصوات الفلاسفة تتوجه إلى كثير من أولئك التواقين إلى التنوّر. كان العلماء يتصل بعضهم ببعض بحرية، وكانوا يتبادلون الآراء التي كان يذهب بعضها إلى أن القرون السالفة قد تكون جعلتهم يتشبثون ببعض الأفكار. وقد قام فنانون مثل ليوناردو، ومايكل أنجلو، ورافائيل، بإدخال لحم ودم في أعمالهم الإنسانية. إذ صاروا يبدعون لوحات وتماثيل للناس، وليسَ لشخصيات كاريكاتورية خالية من المضمون. وعادت الطبيعة إلى كونها مجاهل يتعيّن اكتشافها وليس الخوف منها. وفي هذا الصدد يقول الكاتب رودلف ثيل Rudolph Thiel: «إن الشياطين التي كانت تبعث الرعب في قلوب رجال العصور الوسطى، اختفت كما تختفي نفثات الدخان في الهواء. وبدا الخلق كله جديداً كما كان في اليوم السابع من بدء الخليقة، وكان ينتظر اكتشافَه، والتمتع به، ورسَمه، وتفسيره».

وُلِدَ نيقولا كوبرنيك سنة 1473 في مدينة تورَنْ البولونية على ضفاف نهر الفستولا. ومع أنه أصبح يتيماً عندما بلغ العاشرة من عمره، فقد عاش كوبرنيك حياة متميزة، بعيدة عن الحرمان المادي والصعوبات اليومية التي كان يعانيها مواطنوه الذين كانوا أقل حظاً منه. وبعد وفاة والده، الذي كان تاجراً منعماً، أصبح كوبرنيك مع أخيه وشقيقتيه يعيشون تحت وصاية خالهما لوقا واتزنرود Lucas Watzenrode. وقد قام واتزنرود القاسي القلب، الذي وصف بأنه «إعصار على هيئة رجل»، بشق طريقه إلى الأعلى في هيئة كهنوت الكنيسة، إلى أن أصبح سنة 1489 أسقفاً وحاكماً لدوقية وارميا Warmia (التي تعرف في البلدان التي تتكلم الألمانية باسم إيرملاند Ermland). وكانت هذه المقاطعة الموجودة على ساحل بحر البلطيق مسرحاً لمعارك تدور من وقت لآخر بين الملك البولوني والفرسان التيوتونيين الجشعين، وهم طائفة عسكرية دينية تعود في جذورها إلى زمن الحملات

الصليبية. وخلال حياته المضطربة، استغل الأسقف واتزنرود منصبه لدفع ابن أخته الذي كان يحبه إلى الأمام. وبالنسبة إلى كوبرنيك، كان خاله لوقا بمنزلة الأب.

كانت جامعة كراكوف، التي سجل فيها الأسقف ابن أخته كوبرنيك، مشهورة في أوروبا بتميزها الأكاديمي وانفتاحها الفكري. ولم يقتصر إطلاع الجامعة لطلابها على الأعمال اليونانية الكلاسيكية، بل تعداها إلى العالم الإسلامي. وكانت هي الجامعة الوحيدة في القارة الأوروبية التي تحوي فلكيين في هيئتها التدريسية. وبناءً على الكتب التي بقيت في مكتبة كوبرنيك الخاصة، فلا بد أن يكون هذان الفلكيان قد توسما الكثير من الذكاء والفطنة في هذا الشاب.

في هذه الجامعة، تعلم كوبرنيك الرياضيات، والهندسة الإقليدية، وفيزياء أرسطوطاليس، ودرس مقرراً في النظام البطلمي للكون، وإن لم يكن عن طريق المجسطي نفسه، إذ إنه درس هذا المقرر في موجز يعود إلى القرن الخامس عشر كتبه باللاتينية الفلكي النمساوي جورج بيرباخ Goerge Peurbach. ولا بد أن يكون اطّلع أيضاً على آراء الفلاسفة اليونانيين المعارضين لنظام بطليموس، الذين اقترحوا أرضاً متحركة، أو، كما كان يبدو غريباً عند سماعه لأول مرة، أرضاً تطوف عبر الفضاء. ومن المحتمل أن يكون هذان الأستاذان قد زرعا بذور الشك في عقل كوبرنيك فيما يتعلق بالنظام البطلمي.

سنة 1496، ساعد واتزنرود ابن شقيقته نقولا ليتابع دراساته في الكلية التي تخرج منها الأسقف، وهي جامعة بولونيا Bologna الإيطالية. وبعد أن اجتاز كوبرنيك مع أخيه أندرياس جبال الألب إلى إيطاليا، بدأ بدراسة القانون الكنسي ليؤهب نفسه للانخراط في السلك الإكليركي. لكنه انهمك، في نفس الوقت، بدراسة أحبّ موضوع إليه، وهو علم الفلك. وقد استأجر كوبرنيك مسكناً من الفلكي الإيطالي المشهور دومينيكو ماريا دا نوفارا Domenico Maria da Novara، الذي علمه فنّ إجراء القياسات الفلكية. كان

نوفارا صريحاً جداً مع تلميذه فيما يتعلق بإحباطاته من النظام البطلمي، وقد يأتي يوم يقوم فيه شاب مثل كوبرنيك بإصلاح هذا النظام.

إنني أتصور أن قلب كوبرنيك كان يخفق بسرعة كبيرة ليلة التاسع من مارس/آذار سنة 1497، لأن الطبيعة زوّدته «بمباركة السماوات»، عندما جرى اختبار مباشر لنظام بطليموس. ففي الساعة الحادية عشرة من ذلك المساء، مرّ القمر أمام نجم الدّبران المتألق في برج الثور. ومما لا شك فيه أن كوبرنيك فهم أهمية مثل هذا الكسوف ؛ فبحسابه الزمن الفاصل بين اختفاء النجم وعودته إلى الظهور، استطاع أن يحسب بدقة قطر القمر. وطبقاً لبطليموس، فإن القمر يدور في دحروج واسع خلال دورانه حول الأرض؛ فأحياناً يكون القمر أقرب إلى الأرض، وأحياناً أخرى يكون أبعد عنها. لذا فإن قطر القمر يجب أن يبدو متغيراً عندما يدور مغيراً أطواره ؛ لكنْ لم يلاحظ أيّ تغير واضح. لقد استنتج كوبرنيك عند توقيته لكسوف الدبران أن الهلال بدا بنفس نصف القطر الذي كان للقمر حين كان بدراً. وهكذا، ففي سنة 1497، وتحت سماء مدينة بولونيا Bologna، رأى كوبرنيك بأم عينه أن نظام بطليموس غير معصوم عن الخطأ.

من الواضح أن كوبرنيك حظي بشيء من التقدير بوصفه فلكياً خلال وجوده في إيطاليا، لأنه ألقى محاضرة فلكية في روما أثناء الاحتفال بحلول سنة 1500. وفي نفس الوقت، هيأ الأسقف واتزنرود وظيفة مدى الحياة لكوبرنيك بعد عودته إلى بلدته وارميا، ليكون كاهناً إدارياً في كاتدرائية فرمبورك Frombork (أو Frauenberg، بالألمانية). وقد وفرت هذه الوظيفة حداً أدنى من المسؤوليات، ودخلاً مريحاً آتياً من عائدات ممتلكات الكنيسة. عند ذلك عاد كوبرنيك إلى بلاده بولونيا التي سرعان ما غادرها سنة 1501 عائداً إلى إيطاليا ليدرس الطب في جامعة بادوا Padua (التي ضمت إلى هيئتها التدريسية في التسعينيات من القرن السادس عشر أستاذاً صغير السن اسمه كاليليو Galileo). بقي كوبرنيك في بادوا سنتين، باستثناء مدة قصيرة قضاها في جامعة فيرارا Ferrara، التي منح فيها درجة الدكتوراه في القانون

الكنسي. وقد رفض أن يُعَيَّن قسيساً، حتى عندما هُدِّدَ بإيقاف مرتَّبه.

في سنة 1506، عاد كوبرنيك، الذي كان آنذاك في الثالثة والثلاثين من عمره، إلى وارميا نهائياً. وقد سَعِدَ هناك بقضاء خمس عشرة سنة في التدريس الجامعي المتميّز، ألقى خلالها محاضرات في مواضيع كان ضليعاً فيها، وهي الفلك، والرياضيات، والاقتصاد، والطب، والقانون الكنسي، ولغات كثيرة أخرى، من ضمنها اليونانية. حتى أنه تطرّق في محاضراته، ولو على نطاق ضيق، إلى الفن. وباختصار، يبدو أن كوبرنيك عاد من إيطاليا رجلاً ينتمي في جوهره إلى عصر النهضة. ثم انتقل مع خاله إلى قصر الأسقف في ليدزبارك Lidzbark، وأصبح أمين سر شخصياً موثوقاً وطبيباً، ومستشاراً قانونياً لواتزنرود. وكان خلال هذه المدة يتقاضى راتبه من وظيفته في فرمبورك. وطوال العقد التالي، صار كوبرنيك يقوم بسفرات منتظمة قصيرة لتأدية مهمات يكلفه بها خاله، وتتعلق باستشارات طبية، ومهمات دبلوماسية، وقضايا سياسية.

سنة 1512، مات الأسقف واتزنرود فجأةً بعد حضوره حفلة زفاف الملك البولوني Sigismund في كراكوف. وقد راجت شائعات بأن السم دُسَّ له من قبل عملاء للفرسان التيوتونيين، الذين استمرت عداوته لهم طوال حياته. والآن، وبعد أربعين سنة من الهبات التي كان يمنحها خاله له، قبل كوبرنيك بشغل وظيفته في فرمبورك، البلدة التي وصفها مرة بأنها « أبعد مكان على وجه الأرض». وهناك أقام في برج منعزل من ثلاثة طوابق ممتد على طول السور الشمالي الغربي للمدينة، وعاش هناك بقية حياته. وفي سنة 1513، اشترى كوبرنيك «800 حجر مخصص للبناء وبرميلاً من الجير» ليقيم منصة مرصده الخاص به turricula. ومن هنا استطاع أن يرى السماء دون عوائق على الرغم من أن الضباب الذي كان يرتفع من بحيرة فريش هاف Frishes Haff الضحلة جعلت أرصاده الفلكية صعبة حتى في أحسن الأحوال الجوية. ولكن كوبرنيك لم يتأثر بذلك. ومنذ عودته من إيطاليا، صارت طاقاته موجهة إلى التوصل إلى نظريته الأساسية في الكون.

ومع أن نظام بطليموس كان يتمتع بفعالية عالية، فقد كان كوبرنيك يرى أنه يتضمن أفكاراً متفرقة، وكأنه جرى ربطها معاً من عناصر متباينة. وهو يقول في هذا الصدد:

> لم يكن الفلكيون السابقون قادرين على أن يكتشفوا أو يستنتجوا النقطتين الرئيسيتين مطلقاً: بنية الكون وتناظر أجزائه. لكنهم كانوا تماماً مثل شخص أخذ من أماكن مختلفة يدين، وقدمين، ورأساً، وأضلاعاً أخرى، ثم جمعها بطريقة جيدة جداً. لكن ما حصل عليه هو وحشٌ وليس إنساناً.

عارض كوبرنيك ـ مستنداً إلى أسس فلسفية ـ مفهوم نقطة الإيكوانت التي اقترحها بطليموس، والحركة الكوكبية غير المنتظمة التي اقتضاها هذا المفهوم. وعندما يتعلق الأمر بالحركة الكوكبية، كان كوبرنيك يلتزم تماماً بمذهب أرسطوطاليس، الذي يقضي بأن جميع الأجرام السماوية تتحرك في دوائر بسرعة ثابتة. كان ثمة معارضة عملية أيضاً لبطليموس، فلو كان نظامه الفيزيائي صحيحاً فيزيائياً، الأمر الذي يؤمن به الكثير من علماء القرون الوسطى، لكان أي ربط ميكانيكي بين نقطة الإيكوانت وبين دحروجِ وناقلِ كوكبٍ، يؤدي بالضرورة إلى اختراق الكرات البلورية، وهذا غير ممكن (لم يعالجْ بطليموس أبداً هذه النقطة). وأخيراً، شعر كوبرنيك بأن بطليموس لم يفسر بطريقة مرضية الشذوذات المختلفة في طول السنة، الذي يعيَّن بواسطة الموقع المتغير للشمس في السماء.

وفي وقت ما بين سنتي 1506 و 1514 ـ وهذه حقبة رسم خلالها مايكل أنجلو عالماً يتحرك كالدوامة على سقف سستين Sistine، وشاهد فيها بالبوا Balboa المحيط الهادي، وكتب خلالها مكيافيلي كتابه الأمير The Prince. كتب كوبرنيك جملة تتسم بطابع شاعري، لكن صداها ظل يتردد عبر التاريخ وهي: «ما يبدو لنا من حركات للشمس، لا ينشأ من حركتها، ولكنه نتيجة لحركات الأرض». وهذه الجملة مقتبسة من رسالة موجزة كتبها بعنوان Commentariolus، أي «تعليق موجز». وكانت هذه الرسالة فاتحة الهجوم الذي شنه كوبرنيك على النظام البطلمي، الذي قال عنه «إنه غير كامل بما

فيه الكفاية، ثم إنه غير مستساغ للعقل». وهو يوجز نموذجه الشمسي المركز في سبع مسلمات، ثم ينهي رسالته بوعد منه بتقديم معالجة رياضية كاملة في عمل قادم أكثر تفصيلاً.

هذا ولم تتوفر نسخة كاملة عن موسوعة المجسطي التي كتبها بطليموس إلا سنة 1515، وذلك بعد نشر Commentariolus. وقد ترجم النص الأصلي للمجسطي من اليونانية التي كتب بها إلى العربية، ثم من العربية إلى اللاتينية، لكنها كانت أفضل ما أتيح لكوبرنيك الاطلاع عليه. ولا بد أن يكون كوبرنيك أدرك، وهو يقلب صفحاته، أن ثمة عملاً عظيماً يجب إنجازه. وهدم هذا الصرح الهائل يتطلب عملاً لا يقل ضخامةً، كما يتطلب دقة رياضية بالغة. وكان يتعين على كوبرنيك أن يفند بالتفصيل كل واحدة من دعاوى بطليموس. وفي الحقيقة، كان يجب عليه أن يؤلف موسوعة مجسطي من تأليفه، ولكن للنظام الشمسي المركز. كان عمر كوبرنيك آنذاك اثنين وأربعين سنةً ؛ وما حدث هو أن عمله لم ينته إلا بعد بلوغه السبعين تقريباً.

لم يوزع كوبرنيك الكتوم نسخاً مكتوبة باليد من رسالته Commentariolus إلا على نفر قليل من العلماء. ونتيجة لذلك، انتشر نبأ محتواها الثوري عبر العالم ببطء شديد. لكن الاهتمام بها تعاظم، في النهاية، مثل التفاعل المتسلسل chain reaction، إلى أن أصبح الوسط العلمي يطالب بمعرفة المزيد عن النظرية الجديدة وعن الشخص الغامض الذي وضعها. وقد عرض السكرتير البابوي جون ألبرت ويدمنشتات John Albert Widmanstadt أفكار كوبرنيك على البابا كليمنت السابع Clement VII سنة 1533. وقام واحد على الأقل من كبار المسؤولين الكنسيين، بموافقة البابا، بحث كوبرنيك على نشر نص كامل لرسالته. وكانت الكنيسة غير منزعجة من أفكار كوبرنيك التقدمية ؛ فقد كان النظام الشمسي المركز في نظر السلطات الكنسية مجرد خيال رياضي: أي أنه كان وسيلة للتنبؤ بالظواهر السماوية، وليس تفسيراً واقعياً للكون.

بدأت الشائعات تنتشر عن أن كاهناً منعزلاً في فرمبورك ابتكر نظرية

جديدة للسماوات. وقد ذكر الفلكي الألماني إراسموس رينهولد Erasmus Reihold، الذي أيّد فيما بعد النظام الشمسي المركز، في تعليق له ما يلي: «سمعت عن عالِم عصري يتمتع بمهارات استثنائية، ويبعث أملاً مشرقاً في كل الناس. ونحن نأمل أن يقوم هذا العالم بإصلاح علم الفلك». ومن بين أولئك الذين سمعوا مثل هذه الشائعات عن عمل كوبرنيك زميل لإراسموس رينهولد، اسمه جورج واكيم ريتيكوس Goerg Joachim Rheticus، وهو أستاذ متحمس للرياضيات في الخامسة والعشرين من عمره يعمل في جامعة ويتنبرك. ومن شدة حماسه لعمل كوبرنيك، لم يستطع انتظاره لينشر كتابه، فتوجه ريتيكوس سنة 1539 إلى فرمبورك ليقرأ المخطوطة المكتوبة باليد ذاتها. وقد حمل معه هدية مناسبة للفلكي الذي يكبره سناً، وهي نسختان منشورتان حديثاً، ومكتوبتان على جلد الخنزير، من موسوعتي إقليدس وبطليموس باللغة اليونانية.

لو بقيت السيرة التي كتبها ريتيكوس عن كوبرنيك موجودة حتى الآن، لذهلنا من قصة أول مقابلة له مع كوبرنيك: جلوسه لقراءة مخطوطة كوبرنيك، وتقليب صفحاتها وإدراكه، كعالم رياضي، للأهمية البالغة لما يراه بين يديه. ونحن نعرف من كتابات ريتيكوس أنه ذهل بالأفق الواسع لعمل كوبرنيك. ففي ستة فصول مطوّلة، دحض كوبرنيك بالحجة نظام بطليموس، وبيّن تفوق النموذج الأنيق الشمسي المركز، من وجهة نظره على الأقل. لكن كوبرنيك لم يكن مستعداً بعد لتقديم مخطوطته للنشر إذ كان من الضروري تحسين كثير من عناصرها، وتحسين تنبؤاتها الكوكبية، وتسوية بعض التناقضات الواردة فيها قبل إرسالها إلى الطابع. وكما هو دائماً، كانت أعصابه تثور عندما كان يفكر في رد الفعل العدائي الذي يمكن أن تثيره نظريته. وقد جعله ذلك يفكر حتى في عدم نشر عمله أبداً، والاقتصار على جعل مخطوطته متاحة لنفر ضئيل من العلماء الذين يفكرون مثله، كجورج ريتيكوس.

في ذلك الوقت كان كوبرنيك في السادسة والستين من عمره، ولا بد

أن يكون خطر ببال ريتيكوس أنه إذا لم ينه عمله سريعاً، فقد يظل غير كامل إلى الأبد. وقد أصبحت مهمة ريتيكوس تشجيع الفلكي الكبير السن على إنهاء كتابه. وخلال السنتين التاليتين، كان ريتيكوس نادراً ما يترك كوبرنيك وحده، وقد كان يسميه «المعلم الكبير». بدأ ريتيكوس بنسخ الأقسام المكتملة من المخطوطة، أملاً بأن يقوم معلمه الرافض لنشر عمله بالموافقة على نشره في يوم ما. ولو لم يقم ريتيكوس بمثل هذا العمل الرائع، فربما انتهى عمل كوبرنيك إلى أرشيف يعلوه الغبار في فرمبورك. دون أن يُنْشَر أو يُقْرَأ. وفي الحقيقة، يمكن التصور أن ريتيكوس، قبل أن يرحل عن الدنيا بقليل، ذكر لأحد تلامذته ما يلي: «لو لم أزر كوبرنيك، فربما لم يَرَ أيٌّ من أعماله النور».

خلال الجهود التي كان يبذلها كوبرنيك لتنقيح عمله، سمح «لتلميذه» الشاب النشيط بنشر موجز لهذا العمل الضخم. وعندئذٍ بدأ ريتيكوس بالكتابة بسرعة كبيرة، وربّما كان ذلك بسبب خوفه من أن يتراجع كوبرنيك عن موافقته، وأسفر ذلك عن ظهور Narrtio prima، أي «التقرير الأول»، لنظرية كوبرنيك في مطلع سنة 1540. وقد دحض ريتيكوس في هذا التقرير النموذج الأرضي المركز للكون بكلمات استعارها من أفيروس Averroes، فيلسوف القرن الثاني عشر الذي قال: «علم الفلك البطلمي هراء عندما يتعلق الأمر بما هو موجود، لكنه ملائم لحساب ما هو غير موجود». بعد ذلك يتحدث ريتيكوس بحماسة مفرطة عن انسجام النظام الشمسي المركز، وعن تمكّن كوبرنيك من إبداع نظرية تكون فيها الأجرام السماوية وحركاتها «مرتبطٌ بعضها ببعض ارتباطاً نبيلاً، مثلما ترتبط حلقات سلسلة ذهبية بعضها ببعض». لكن ريتيكوس أيضاً يجذب الانتباه إلى الإحباط الذي أصابه وأصاب كوبرنيك لدى محاولتهما جعل النظام الكوكبي مفهوماً إذ يقول: «إن الفلكي الذي يدرس حركات [الكواكب]، هو قطعاً مثل شخص كفيف لا يحمل سوى عصا [رياضيات] لإرشاده، ويتعين عليه القيام برحلة عظيمة خطيرة لا نهاية لها، عبر عدد لا يحصى من البقاع المهجورة... إنه

سيصرخ يائساً، في وقت من الأوقات، وهو متكئ على عصاه، ولن يجد مخرجاً إلاّ بالتوسل إلى السماوات، والأرض، وكل الآلهة لتساعده في محنته». وقد بيع كتاب ريتيكوس بسرعة، وربما كان هذا ما أقنع كوبرنيك بأن النقد الذي كان يخشاه قد زال. ومن الواضح أن العلماء كانوا متحمسين لأن يسمعوا، ولو بمقدار، أفكاره التقدمية.

في شهر سبتمبر/أيلول سنة 1541، حين كان مايكل أنجلو يضع اللمسات الأخيرة على لوحته يوم الحساب الأخير The Last Judgement، أودع كوبرنيك لدى ريتيكوس نسخة من مخطوطته الكاملة، ووضع لها العنوان «في دوران الأجرام السماوية» De Revolutionibus. وقد سلم ريتيكوس المخطوطة إلى طابع حسن السمعة. في نورمبرك، ومدّد إجازته بالغياب عن جامعة ويتنبرك ليقوم بتصحيح التجارب (البروفات) الطباعية للكتاب، والإشراف على صنع الكليشيهات الخشبية الأشكال التي عددها 142.

وفي مقدمة الكتاب، يخاطب كوبرنيك البابا بولص الثالث Paul III معترفاً بخوفه، الذي طال أمده، من معاقبته بالحرمان، ويكتب قائلاً: «إن الازدراء، الذي كنت أخاف أن أواجَه به بسبب حداثة آرائي وبعدها عن الفكر التقليدي، جعلني تقريباً أقلع تماماً عن العمل الذي تعهدت بإنجازه». لكنْ يبدو بعد ذلك أنه استجمع قدراً من القوة، إذ يقول بشيء من الروح القتالية: «ربما سيقوم بعض الحمقى والمثرثرين بالادعاء أنهم قضاة في علم الفلك، مع أنهم يجهلون الموضوع تماماً، وقد يشوهون بعض كلمات الكتاب المقدس لغاياتهم الخاصة، وسيحاولون العثور على خطأ في كتابي ويعيبونني عليه. إنني لن أكترث بهم، وسأحتقر نقدهم الذي ليس له أساس من الصحة».

في منتصف عملية طباعة De Revolutionibus، غادر ريتيكوس ويتنبرك ليشغل وظيفة أفضل دخلاً ويصبح أستاذاً في لايبزك Leipzig. وعهد إلى عالم اللاهوت اللوثري البارز أندرياس أوسياندر Andreas Osiander ليحل محله في

الإشراف على عملية الطباعة. وأوسياندر هذا نفسه، كان راسل كوبرنيك في وقت سابق، وقدم له نصيحة مفادها أنه إذا كان كوبرنيك خائفاً من اللوم، فعليه الإعلان أن محتويات الكتاب هي فرضيات، وليست وصفاً واقعياً للكون. وقد رفض كوبرنيك هذا الاقتراح، لأنه كان يؤمن إيماناً راسخاً بأن نظامه الشمسي المركز كان حقيقياً. ومع ذلك، فقد اقترح أوسياندر، ذو النوايا الحسنة، أن توضع مقدمة يكتبها هو دون أن يذكر اسمه، لكتاب كوبرنيك. لذا فإنه يرد في مقدمة كل طبعة أولى من كتاب De Revolutionibus، العبارات التالية التي لا يؤمن بها كوبرنيك، والتي تفيد بأن النظرية الشمسية المركز هي افتراضية محضة:

> ليس من الضروري أن تكون فرضيات الكتاب صحيحة، ولا حتى محتملة ؛ ويكفينا أن تكون الحسابات منسجمة مع الأرصاد. وبقدر ما يتعلق الأمر بالفرضيات، يجب ألا يتوقع أحد أي شيء مؤكد في علم الفلك.

وقد غضب ريتيكوس عندما رأى مقدمة أوسياندر موجودة في كتاب كوبرنيك. حتى أن أوسياندر عبث بعنوان الكتاب الذي أصبح الآن De Revolutionibus Orbium Coelestium أي «في دورانات الكرات السماوية»، وفي هذا إشارة ضمنية إلى الكرات البلورية الواردة في علوم الكون القديمة. وقد شطب ريتيكوس ـ بالحبر الأحمر! ـ كلاً من المقدمة غير الحقيقية، والكلمات التي أضيفت إلى عنوان الكتاب في كل نسخة استطاع الحصول عليها ليقدمها إلى زملائه.

كان لتدخل أوسياندر في عمل كوبرنيك الأثر المطلوب: فقد خُفِّفَ النقد الموجه إلى كتاب كوبرنيك، وتفادى الكتاب التعرض لتقريع الكنيسة حتى سنة 1616. ففي ذلك العام، أُدرج هذا العمل في قائمة الكتب المحظورة، وكان ذلك عندما دافع كاليليو عن صحة محتواه. وقد جرى تحذير كاليليو وأحد المتحمسين لنظام كوبرنيك، هو ريفرند باولو أنطونيو فوسكاريني Reverend Paolo Antonio Foscarini، من قبل الكاردينال بيلارمين

Bellarmine بالكلمات التالية: «يبدو لي أيها السيدان ريفرند وكاليليو أنكما ستتصرفان بحكمة إذا أقنعتما نفسيكما بأن محتوى الكتاب افتراضي وليس حقيقياً، وهذا كان دوماً إيماني بما ذكره كوبرنيك». وقد عرف معظم الفلكيين في ذلك الوقت أن أوسياندر كان المؤلف الحقيقي للمقدمة التي أغفل ذكر كاتبها. (وقد عرف كبلر هذا من تعليق مكتوب باليد على إحدى نسخ الطبعة الأولى التي اقتناها). ومع ذلك، واصل الناشرون حتى القرن التاسع عشر طباعة الكتاب دون أن يضعوا اسم كاتب المقدمة.

لم يحدث كتاب كوبرنيك ضجة في سوق الأعمال الأدبية. وكان سعره يعادل في أسعار هذه الأيام أكثر من 100 دولار، ومن ثم فلم يقدر على شراء هذا الكتاب المؤلف من 404 صفحات سوى القليل من الناس. ومثلما كان الحال مع كتاب بطليموس المجسطي، فلم يتمكن من الخوض في حساباته المعقدة سوى البارعين في الرياضيات.

ماذا عن النقد الذي كان يخشاه كوبرنيك؟ قطعاً، لم يصبح كوبرنيك شهيداً دينياً ؛ فلم يرفض عمله لا رجال الدين الكاثوليك ولا البابا. ثم إن الأصوليين اللوثريين كانوا معتدلين في رأيهم بهذا العمل. ففي إحدى المناسبات، كان كل ما قاله مارتن لوثر عن كوبرنيك: «إنه أحمق يسعى لقلب علم الفلك كله رأساً على عقب». وكما هو متوقع، بدأت تظهر الكتابات المعارضة. فقد كتب بوليماث جين بودن Polymath Jean Bodin في أواخر القرن السادس عشر: «ما من أحد له عقل، أو يملك أقل قدر من المعرفة بعلم الفيزياء، يمكن أن يظن أن الأرض الثقيلة ذات الوزن والكتلة الهائلين، يمكن أن تترنح إلى الأعلى وإلى الأسفل حول مركز الشمس».

وحتى كاليليو، الذي أصبح في أوائل القرن السابع عشر أخلص حليف لكوبرنيك، دعم في بادئ الأمر النظام البطلمي. ونعثر على آراء بعض النقاد الظرفاء لعلم كوبرنيك ورياضياته في التعليقات المكتوبة بخط يدهم على

حواشي صفحات الطبعات الأولى التي بقيت حتى الآن، ومنها: «هنا نرى أن كوبرنيك يحلم!»، «يستحق كوبرنيك الضرب بالسياط!»، «إذ ما تحركت السماوات كما يريد كوبرنيك، لَمَثَّلَتْ دور المهرجين!» وهناك حادثة موثقة وحيدة تبيّن التدمير المقصود لنسخةٍ من كتاب كوبرنيك: فقد قام قراصنةٌ في البحر المتوسط برمي طبعةٍ أولى من هذا الكتاب في البحر من ظهر السفينة، عندما اكتشفوا أن حمولة السفينة التي استولوا عليها مؤلفة، في معظمها، من الكتب.

في شهر مايو/أيار من سنة 1543، حين وصلت نسخة مطبوعة من كتاب كوبرنيك De Revolutionibus إلى فرمبورك، كان الاحتجاج العنيف على أفكار كوبرنيك، الذي طالما خشي حدوثه، ولّى وانقضى. وكان كوبرنيك آنذاك يرقد على فراش الموت إثر إصابته بسكتة دماغية. وكما هو وارد في رسالة استلمها ريتيكوس من شخصٍ كان صديقاً لكوبرنيك مدة طويلة، هو الأسقف كييز Giese، فقد مات كوبرنيك بعد ساعات فقط من وضع عمله العظيم أمامه. أمّا قراءة كوبرنيك لمقدمة أوسياندر، فأمر لا يذكره كييز.

تقع الشمس في مركز كل الأشياء. ومن ذا الذي يمكنه العثور على مكان آخر أفضل من هذا الموقع الذي لا يضاهي جمالَه شيءٌ آخر؟ من هذا الموقع يضيء هذا المصباحُ كل شيء في نفس الوقت؟ لذلك فليس مصادفة أن يسميه البعض منارة الكون؛ وغيرهم، عقل الكون، وآخرون، حاكم الكون. ويسميه هيرمز Hermes ـ رسول الآلهة عند الإغريق ـ «الإلّه المرئي»؛ وتسميه إلكترا سوفكليس «ذلك الشيء الذي يحملق في كل الأشياء». وهكذا فإن الشمس تحكم عائلة الكواكب وكأنها تربعت على عرش ملكي.

إن طابع المجلد الأول من كتاب كوبرنيك، الذي يبنيه المقطع السابق، جذل أحياناً، كما لو كان كوبرنيك ملهماً بوحي إلّهي أثناء كتابته لعمله. فهو

يصف عناصر مخططه الشمسي المركز بأنها «مرتبطة بعضها ببعض ارتباطاً وثيقاً، بحيث أن إزاحة أي عنصر منها يعطل الأجزاء الأخرى، ومن ثم يمزّق الكون ككل». وهو يقول بحماس «يالها من صورة بالغة البساطة وشديدة الوضوح ورائعة الجمال!» بيد أنه تبيّن في الحقيقة، أن نموذج كوبرنيك للسماوات لا يقل تعقيداً ـ وفي بعض أجزائه، لا يقل أخطاءً ـ عن النموذج البطلمي القديم.

ويشمل الكتاب الأول من موسوعة كوبرنيك De Revolutionibus المعتقدات الأساسية لنظريته، وأسباب كونها تمثل تحسيناً للمبادئ الأساسية التي يستند إليها النظام البطلمي. ويؤكد كوبرنيك لقرّائه أن الأرض يمكن أن تتحرك فعلاً دون أن تتعرض للنتائج الكارثية التي تكهن بها القدماء. فالدوران نمط طبيعي للحركة، كما يقول كوبرنيك ؛ ثم إن جو الأرض، والأجسام الموجودة على سطحها، ومن ضمنها البشر الذين يعيشون عليها، تدور بانسجام مع جسم الأرض. وإن دوران الأرض حول محورها هو الذي يجعل النجوم تبدو مشرقة وغاربة ؛ ثم إن الكرة السماوية، شأنها شأن الشمس، ثابتة.

ويؤكد كوبرنيك أن الحركة المدارية للأرض هي السبب في كثير من الظواهر الطبيعية المتعلقة بالكواكب، مثل سطوعها المتغير، وحركاتها التراجعية، وتجمعها في السماء بين وقت وآخر. ويقول بأن غياب مثل هذه الظواهر في النجوم دليل على بعدها الكبير. ثم هو يقول: «بين زحل، وهو أبعد الكواكب، وبين كرة النجوم الثابتة، توجد فجوة إضافية كبيرة الحجم... وهي، بلا شك، واسعة جداً، فهي إنجاز مقدس متميّز لله العلي القدير». وهنا يعيد كوبرنيك إثارة الجدل في موضوع اختلاف المنظر النجمي، وذلك بترديده لتأكيد سلفه أرستارخوس بأن المسافة إلى النجوم كبيرة جداً (مع أنّ كوبرنيك، لأسباب مجهولة، استبعد الإشارة إلى نموذج أرستارخوس الشمسي المركز قبل إرسال مخطوطته إلى الطابع). وقد أقام كوبرنيك خط دفاع ثابت لمواجهة مؤيدي بطليموس،

الذي يحاج في أن غياب اختلاف المنظر النجمي يحول دون وجود كون شمسي المركز.

في الكتاب الثاني، يصف كوبرنيك نظام الإحداثيات السماوية، ويقدم كاتالوكاً (فهرساً) نجمياً مرافقاً. أما في الكتاب الثالث، فيقوم كوبرنيك بمراجعته لتقدير بطليموس لمبادرة الأرض ونتائج ذلك في طول السنة الشمسية وعدم انتظامها. (في أيام كوبرنيك، كان إصلاح التقويم موضوعاً ملحًّا؛ فتاريخ التقويم المعمول به كان منحرفاً قرابة أسبوع عن بدء الفصول، الذي يحدده موقع الشمس). وفي الأقسام الثلاثة الباقية من De Revolutionibus، قدم كوبرنيك وصفه ضمن النظام الشمسي المركز لحركات القمر والكواكب. وقد استبعد مفهوم نقطة الإيكوانت والحركة الكوكبية غير المنتظمة، التي فرضها بطليموس على النظام الأرضي المركز. وبدلاً من ذلك، افترض كوبرنيك أن كل كوكب يتحرك بسرعة ثابتة في دحروج صغير، مركزه يتحرك بانتظام حول الشمس، وهذا اقتراح سبقه إليه الفلكي المسلم ابن الشاطر قبل قرنين من الزمان. (لإيجاد انسجام بين نموذجه وأرصاده، اضطر كوبرنيك لوضع مركز مدار كل كوكب على مسافة ما من الشمس. وهكذا فإن هذا العالم الشمسي المركز كان يدور حول نقطة خالية في الفضاء، وهذا اقتراح مشكوك فيه في أحسن الأحوال).

كان نظام كوبرنيك يتسم بميزة كبيرة على منافسه: فترتيب الكواكب والفواصل بينها لم تعد كيفية. ففي عالم بطليموس لا مجال للتوثق مما إذا كان عطارد، أو الزهرة، أقرب إلى المركز الكوني. ثم إن الحجم الذي عُيِّنَ نظرياً للنظام كله كان ذاتياً وليس موضوعيا: فقد افترض أن دحروج وناقل كل كوكب يقعان ضمن كرة بلورية مجوفة، لكن الفجوات الفاصلة بين الكرات البلورية المتعاقبة غير معروفة. (فضّل بطليموس كرات متداخلة بإحكام دون فضاءات دخيلة بينها). وبالمقابل، فإن نموذج كوبرنيك الشمسي المركز يضع رياضياً الكواكب المعروفة في ترتيبها السليم، ويعيّن حجم مدار كل كوكب. أول هذه الكواكب عطارد الذي يبعد عن الشمس بنسبة 0,38 من

بعد الأرض عنها، يليه الزهرة بنسبة 0,72، ثم الأرض. وإذا ابتعدنا أكثر، نجد المريخ الذي يبعد عن الشمس بمقدار 1,5 مرة من مثل بعد الأرض عنها، يليه المشتري بمقدار 5,2 مرة، وأخيرا زحل بمقدار 9,5 مرة.

وثمة نصر محقق آخر للنموذج الشمسي المركز يتجلى في تفسيره المنطقي للحركة التراجعية للكواكب. فهذا النموذج يصف الكواكب في ترتيبها الحديث، استناداً إلى المدة التي يستغرقها كل كوكب في إتمامه دورة كاملة حول الشمس. وكلما ابتعد الكوكب عن الشمس، تباطأت حركته في فلكه. وهكذا فإن المريخ يتقدم في مداره حول الشمس بسرعة أبطأ من سرعة الأرض في مدارها حول الشمس، ومن ثم يبدي حركة تراجعية في حركته عبر السماء في كل مرة تسبقه فيها أرضنا السريعة الحركة في مدارها.

لم يكن قبول نظام كوبرنيك الشمسي المركز مباشراً أو مؤكداً على الإطلاق. فاستعانة هذا النظام بحيلٍ مثل الدحاريج والمدارات الفلكية التي يختلف مركزها عن المركز الهندسي لها، أفقَدَ هذا النظام البساطة التي وعد بالتحلي بها. ثم إن تنبؤاته لم تكن أفضل من تنبؤات نظام بطليموس إلاّ بقدر ضئيل. وبعد أن التزم كوبرنيك مبدأ أرسطوطاليس في الحركة الدائرية، غدا عاجزاً عن تقديم كون شمسي المركز حديث حقاً. وبسبب تعلقه الشديد بالأفكار التي كان يتصورها سلفاً، فإن كوبرنيك يُضَمّ إلى قائمة أسلافه من قدماء العلماء، وليس إلى كاليليو، وكبلر، ونيوتن الذين أتوا بعده. وعموماً، فإننا نقدر الجانب الجمالي للنظام الشمسي المركز، لكنْ ثمة شعور بالضيق ينتابنا بوجود صدع في عمل كوبرنيك. فقد تكون موسوعته De Revolutionibus أطلقت الشرارة الأولى لما يسمى الثورة الكوبرنيكية، لكن هذه الشرارة لم تشعل نار الثورة الفلكية ذاتها.

من الصعب الجزم بدقة بالوقت الذي أصبح فيه النظام الشمسي المركز للكون يُعتبر حقيقة واقعة. وفي الحقيقة، فإن قبول أي نظرية يدور جدل

حولها، يتحقق تدريجياً خلال قيام العلماء بمزيد من الأرصاد التي تعزز هذه النظرية، وإجرائهم تحسينات نظرية عليها. وتجدر الإشارة إلى أن تيخو براهي Tycho Brahe، أعظم راصد فلكي في القرن السادس عشر، لم يستطع القبول بعالم شمسي المركز، وتقدّم بمخطط أرضي المركز منافس لنموذج كوبرنيك. أما كاليليو فقد أصبح مؤيداً قوياً لنظام كوبرنيك في مطلع القرن السابع عشر، وذلك بعد استكشافه للنظام الشمسي، مستعيناً بمقرابه (تلسكوبه). كذلك، فإن معاصره، يوهان كبلر، فضّل الترتيب الشمسي المركز، على الرغم من أن دراساته لحركات المريخ قادته إلى نبذ فرضية كوبرنيك القائلة بأن الحركة يجب أن تكون دائرية منتظمة. وما حدث هو أن تقديم كبلر للمدارات الكوكبية الأهليليجية (الناقصية) elliptical، قضى أخيراً قضاء مبرماً على السيطرة الكاملة لأفكار أرسطوطاليس على البحوث الكونية، وأعطانا النموذج الشمسي المركز الذي نعرفه الآن. هذا وإن اكتشاف كبلر أن الشمس، فضلاً على كونها مركزية، فلها أيضاً تأثير فيزيائي في الكواكب، مهّد الطريق لإسهامات إسحاق نيوتن Issac Newton في هذا الموضوع. ففي أواخر القرن السابع عشر، حين قدم نيوتن نظرياته في الحركة والثقالة (التي ارتقت بعد ذلك لتصبح «قوانين»، وهذا أعلى وسام يمكن للعلم أن يمنحه لتفسيرات الظواهر الطبيعية)، أرسى النظامُ الشمسيُّ المركز أخيراً قاعدته الفيزيائية: فالشمس الضخمة تُبقي الكواكب ضمن قبضتها التثاقلية، ثم إنها تعين المظاهر الأساسية لحركات هذه الكواكب في مدارات حولها.

في أيام نيوتن، كان النظام البطلمي، والنمط الكبلري للنظام الكوبرنيكي، يدرّسان جنباً إلى جنب في جامعات العالم. لكن التوجه كان ينحو باستمرار نحو النظام الكوبرنيكي. وفي اعتقاد معظم العلماء، أصبح الكون الشمسي المركز حقيقة واقعة. فقد غدت الأرض، في النهاية، حرة في الطواف دون عائق حول الشمس المركزية، تماماً مثلماً كان يتصور أرستارخوس قبل قرابة ألفي سنة. بيد أن ثمة عنصراً حاسماً ما زال مفقوداً لا تكتمل الصورة للكون بدونه: فلم يوجد حتى الآن برهان رصدي واحد غير

مشكوك فيه يثبت أن الأرض تتحرك في الفضاء. ولإثبات أن الأرض تتحرك حقاً في فلك واسع حول الشمس، يجب كشف اختلاف منظر لنجم واحد ـ أيِّ نجم ـ على الأقل. لذا بدأ البحث الحثيث عن اختلاف منظر نجمي.

obeikandl.com

**تيودوليت عمله صانع الآلات جسي رامسدن.**
**الشكل يستند إلى نقش يعود إلى سنة 1791.**
**المصدر**: مكتبة وولباخ، جامعة هارڤرد.