7

مواطن بيزا النزّاع إلى الجدل

من الذي سيعلّمك إذا لم تستطع عيناك تعليمك؟

ـ يوريبيدس، هيلين

يخبرنا الإنجيل كيف نذهب إلى السماء،
ولكنه لا ينبئنا كيف تتحرك السماوات

ـ الكاردينال بارونيوس، 1615، وغالباً ما يعزى هذا القول إلى كاليليو

★ ★ ★

كان كاليليو كاليلي Galileo Galilei، أستاذ الرياضيات في جامعة بادوا Padua، يعاني مشكلةً تتعلق بتلاقي النهايات. كان ذلك سنة 1609، بعد مرور 18 سنة على موت والده فنشنزيو Vincenzio. وفي المدة الفاصلة بين موت والده وعمله في الجامعة، أصبح رب عائلة كبيرة. فكان هو الذي يعيل والدته، كما يعيل، من وقت إلى آخر، شقيقاً وشقيقتين أصغر منه (بعد أن مات ثلاثة أخوة له في طفولتهم). تعهد عن طيب خاطر بدفع المهر المرهق ماديا لشقيقتيه فرجينيا وليفيا؛ وكانت الدفعة الأولى من مهر شقيقته ليفيا وحدها تعادل ضعف راتبه السنوي في الجامعة. ثم دفع كل المصروفات المترتبة على حفل زفاف ليفيا فيما بعد. وقبل ذلك بمدة طويلة، أخذ قرضاً

أعطاه لأخيه مايكل أنجلو، ليدفع تكاليف سفره إلى بولندا لدراسة الموسيقا. وكان مايكل أنجلو أقام احتفالاً بمناسبة زواجه قبل سفره بعام واحد على حساب كاليليو. وكان كاليليو نفسه، الذي كان يناهز الخامسة والأربعين من عمره في ذلك الوقت، مسؤولاً أيضاً عن إعالة أطفاله الثلاثة، وزوجته مارينا كامبا التي ربطه بها زواج عرفي؛ وكان كل من هؤلاء يعيش في بيت مستقل في بونتي كورفو، وهو حي لا يبعد عن مقر سكن كاليليو سوى بضع دقائق مشياً على الأقدام.

كان أساتذة الرياضيات في إيطاليا في مطلع القرن السابع عشر لا يتقاضون سوى قرابة سدس الراتب الذي يتقاضاه زملاؤهم الذين يدرِّسون في حقول تحظى بأهمية كبرى آنذاك، كالفلسفة أو الطب. ولزيادة دخله، كان يقوم بعمل آخر، هو إنتاج آلات للقياسات الدقيقة. وعندما اخترع آلة حسابية دعاها «بوصلة هندسية وعسكرية»، صار دخله جيداً. ومثل الكثير من زملائه، كان كاليليو يحصل على دخل إضافي عن طريق تدريس الطلاب وتأجيرهم غرفاً في بيته. ومع ذلك، كان عليه أن يطلب سُلَفاً على راتبه، بل ويقترض أموالاً من صديقه جيوفان فرانشيسكو ساكريدو Giovan francesco Sagredo، وهو من أعيان البندقية وعالم هاوٍ.

باختصار، كانت الحياة لكاليليو تمثل ساحة سباق مع الزمن. وكان يتوق إلى فرصة يتخلص فيها من عبء الضغوط المادية، ليوجه طاقاته كلها إلى بحوثه في الفيزياء والحركة، ولن يتحقق ذلك إلا إذا سنحت له الفرصة المناسبة.

ويبدو أن كاليليو ووالده فنشنزيو كانا من طبيعتين متماثلتين تماماً. فكلاهما كان يسلك طريقين مختلفين عن قصد، وهذا طَبَعَ مسيرة حياة كل منهما: كانا أحياناً كريميْن، وأحياناً حريصيْن؛ أحياناً مستقيميْن، وأحياناً مراوغيْن؛ أحياناً صريحيْن، وأحياناً كتومين. وفيما يتعلق بالسيرة العملية، كان فنشنزيو كاليلي تاجر أقمشة غير موفق في عمله؛ وفيما يخص الهوايات، كان شغوفاً بالموسيقا، وكتب مقالات في النظريات الموسيقية تتحدى التقاليد

الموسيقية. وفي بيان أصدره بعنوان «حوار في الموسيقا القديمة والحديثة»، وردت العبارة الصريحة التالية: «يبدو لي أن هؤلاء، الذين إذا ما أرادوا إثبات أمر، فإنهم لا يعتمدون على ما هو أكثر من سلطتهم، دون أن يدلوا بأي حجة تدعم ما يريدون إثباته، هم أناس جد سخفاء. وعلى العكس من هؤلاء، فإنني أتمنى أن يسمح لي بطرح أسئلة بحرية... وهذا هو الأسلوب السليم في البحث عن الحقيقة». وقد يكون بيان فنشنزيو هذا اتُّخِذَ شعاراً نهائياً لابنه كاليليو. ادرس الأب، تعرفْ من أين حصل الابن على شخصيته العنيدة ونزوعه إلى الجدال، وقدرته الفائقة على استجواب كل من الطبيعة والسلطة.

أبدى كاليليو في صباه موهبة فنية، إذ كان يعزف على العود؛ ثم إنه كان عنيداً. تلقى علمه في دير الرهبان البينديكتيين Benedictine في فالومبروزا Vallombrosa. بيد أنه عندما عبّر كاليليو المراهق عن رغبته في أن يصبح راهباً، أخرجه فنشنزيو من الدير وعاد به إلى البيت. وبحلول سنة 1581، كان فنشنزيو جمع ما يكفي من المال ليسجل كاليليو، الذي كان آنذاك في السابعة عشرة من عمره، في جامعة بيزا ليدرس الطب. كانت دراسة الطب في بيزا تستند، كما هو الحال في أي جامعة أوروبية، إلى تعاليم القدماء: علم تشريح كالينوس؛ وفلسفة وعلوم أرسطوطاليس؛ وعلم فلك بطليموس، لأنه كان يُظن أن جسم الإنسان يتأثر بدورات الكواكب والنجوم.

لم يكن كاليليو ينظر إلى تفسيرات القدماء بالكثير من الإعجاب، بل أبدى شكوكه بصراحة في حكمتهم، معتمداً في ذلك على قوة ملاحظته الخاصة. وقد خالف أساتذته حين كانوا يواجهونه بأسلوب يتضمن تصلُّباً في آرائهم، وكان غالباً ما يجيبهم بتهكم، وحتى بعدائية. هذا ووصف أحد المراقبين التقنية المفضلة التي كان يستعملها كاليليو في حواره كما يلي: «قبل التعليق على الحجج التي يقدمها محاوروه، كان يضخّم هذه الحجج ويقويها ويزوّدها بالأسس التي تجعلها تبدو وكأنه لا يمكن دحضها. لكنه عندما

يشرع بتفنيدها بعد ذلك، كان معارضوه يشعرون أنهم أصبحوا مدعاة للسخرية». وحتى بينه وبين نفسه، لم يكن كاليليو يكبت انزعاجه حين يواجَه بغباء. فعندما قرأ بحثاً خاطئاً عن المذنبات، كتب على حاشية ورقة البحث كلمات إيطالية تعبر عن استصغاره للباحث: سخيف، أخرق، ريفي ناكر للجميل، متطفل كسول. ومن السهل أن نتصور كاليليو يصرخ بأعلى صوته متأففاً من الإمكانات المتوسطة للناس الموجودين حوله. وقد أطلق أعضاء الهيئة التدريسية في جامعة بيزا اسم «المشاحِن» على كاليليو، ابن تاجر القماش المعتدّ بنفسه، بعد أن طفح بهم الكيل من مضايقاته وإغضابه لهم.

أصيب والده بالفزع عندما علم أن كاليليو هجر دراسته الطبية، وركّز اهتمامه على الفيزياء والرياضيات. وبمساعدة صديق العائلة أوستيليو ريتشي Ostilio Ricci، وهو رياضي يعمل عند دوق مقاطعة توسكانيا، بدأ كاليليو يدرس كتاب المبادئ Elements لإقليدس. وعندما ترك جامعة بيزا سنة 1585، كان رياضياً بارعاً، بيد أنه كان يتعيّن عليه دراسة عدة مقررات ليُمنح درجة علمية في الرياضيات. وقد صرف السنوات الأربع التالية في إجراء تجارب فيزيائية والبحث عن عمل. كان كاليليو يعلم أيضاً الرياضيات ويلقي محاضرات، ومن ضمنها محاضرة كلفته بها أكاديمية فلورنتين للتحدث عن موقع ومخطط جهنم، كما وردت في «جحيم» دانتي. وقد أمضى كاليليو كثيراً من الوقت في تكوين علاقات بشخصيات من الوسطين الفكري والسياسي لها وزنها في المجتمع.

يرى كاتب السِّيَرِ ستيلمان دريك Stillman Drake أن «صورة شخصية كاليليو، التي تنضح من خلال مراسلاته ونشراته، تعبّر عن رجل حكيم، لا يمكنه أن يقدم نتائج قبل أن يزن الأدلة عليها، ويعرف جيداً العادات الاجتماعية، وغير ميّالٍ إلى مخاصمة الشخصيات ذات المنزلة العالية في الكنيسة والدولة». ونعرف الآن أن كاليليو احتفظ لنفسه بالأفكار التي كانت مثاراً للجدل، ولم ينشر أي بحث أكاديمي، لكنه كان يوزع كتاباته، بشكل مخطوطات فقط، على أصدقائه. كان رجلاً تقياً، ولم يكن راغباً في اعتباره

نبياً أو ثورياً. ومع انه متحدث ذلْق اللسان، فقد كان كاليليو يعي أن التقدم في حياته العملية لن يحدث نتيجة الهجوم بصوت عالٍ على الأفكار والتقاليد السائدة.

سنة 1589 قطع كاليليو اتصالاته السياسية، ولكن ليس نهائياً. وقد أصاب الغمّ أعضاء الهيئة التدريسية في بيزا عندما عيّن كاليليو أستاذاً للرياضيات في الكلية التي تخرج منها. وقد نَظَرَ إلى وظيفته المنخفضة الدخل على أنها نقطة انطلاق إلى مركزٍ أرفع مكانة وأعلى دخلاً. في الوقت نفسه، كان كاليليو يعتمد، في متابعته لأموره، على أصدقائه من أصحاب النفوذ. وأخيراً استقر عمله في التعليم، وإجراء البحوث، و«مشاحنة» المحافظين جداً من زملائه. وقد أثار عدم تقيده بارتداء اللباس الجامعي التقليدي حفيظة معارضيه، الذين زادت وتيرة انتقاداتهم له. وبعد أن تقلّد كاليليو منصبه في جامعة بيزا مباشرة، بدأت مجموعة من أساتذة الجامعة بذل مساعيها لمنع تجديد عقده الذي يمتد ثلاث سنوات.

عندما كان جياكومو دلاّ بورتا Giacomo della Porta، الذي كان في وقت من الأوقات أحد معاوني مايكل أنجلو، يضع اللمسات الأخيرة على قبة القديس بطرس الفخمة، كان كاليليو يقوم باكتشافاته الأولى في الحركة الطبيعية. أول ما أنجزه هو التوصل إلى الأساس الفيزيائي لعمل الساعة الرقاصة. وقد أثبت أن الوقت الذي يستغرقه النواس (البندول) ليتم نوسة كاملة يظل على حاله حتى لو كبرنا قوس النوسان. أما السبب الذي يجعل النواس يستغرق نفس الوقت في حالتي النوسة الكبيرة والصغيرة، فهو أن النواس في حال نوسانه على قوس كبير، يتحرك بسرعة أكبر تلغي بالضبط أثر المسافة الطّولى التي يقطعها. هذا هو السبب الذي يجعل ساعة قديمة تتكّ بنفس المعدل في بداية تعبئتها وعندما توشك هذه التعبئة على النفاد. (وفي الواقع، فإن ملاحظة كاليليو هذه صحيحة، عندما لا تكون سعة النوسان كبيرةً جداً). ووفقاً لما يقوله واحد من تلامذة كاليليو السابقين، فإن هذه الفكرة قفزت إلى ذهن كاليليو نتيجة مراقبته لاهتزاز شمعدان معين معلّق

في سقف كاتدرائية بيزا. لكن ثمة رواية تقول بأن الشمعدان المقصود ركِّب بعد سنواتٍ من تسجيل كاليليو لفكرته عن حركة النواس.

هذا وقد خالف كاليليو أيضاً نظرية أرسطوطاليس التي مفادها أن الأجسام الثقيلة تسقط نحو الأرض بسرعة أعلى من سرعة سقوط الأجسام الخفيفة، وذلك بعد ملاحظته أن حبات البرد تصل إلى الأرض بحجوم مختلفة. فلو كانت نظرية أرسطوطاليس صحيحة، لوصلت حبات البرد الكبيرة إلى الأرض أولاً، وبعدها الحبات الأصغر فالأصغر. لذا قام كاليليو بإسقاط قذيفتي مدفع لهما وزنان مختلفان من برج بيزا ليثبت أنهما تصلان إلى الأرض معاً. ومن المحتمل جداً أن يكون كاليليو أجرى هذه التجربة، لكن ليس من أعلى هذا البرج المشهور. استنتج أن أرسطوطاليس كان مخطئاً، ذلك أن كل الأجسام تسقط بنفس السرعة، بقطع النظر عن أوزانها. وفي الحقيقة، لا بد أن تكون القذيفة الأثقل وصلت قبيل وصول القذيفة الخفيفة بقليل، بسبب التأثيرين غير المتعادلين لمقاومة الهواء في القذيفتين. كان كاليليو يدرك هذا الأمر جيداً، ذلك أن إثبات تَطابُقِ سرعاتِ الأجسام الساقطة لا يمكن إثباته إلا في الخلاء. (وفي المحاضرات التي أُلقيها في علم الفلك، أقوم سنوياً بعرض الشريط السينمائي الذي يظهر فيه رائد فضاء على القمر وهو يترك مطرقة وريشة صقر ليسقطا من ارتفاع متر تقريباً عن سطح القمر. يرى المشاهدون أن الريشة تسقط بنفس سرعة سقوط المطرقة، وأنهما كلتيهما تبلغان السطح القمري في اللحظة نفسها).

سنة 1592، تحققت رغبات أعداء كاليليو في جامعة بيزا. فبعد أن حصل «المشاحن» على بعض الشهرة نتيجة لأفكاره واختراعاته، وصار قادراً على الإفادة من صلاته ببعض السياسيين، قبل وظيفة في جامعة بادوا بدخل أعلى. كان كوبرنيك، قبل قرابة قرن، درس في هذه الجامعة علم الطب. وبادوا، التي تبعد عن البندقية نحو عشرين ميلاً فقط، كانت آنذاك أكثر ليبرالية وتنوّراً من مدينة بيزا، وذلك يعود إلى أن بادوا استفادت من ستة أجيال من حكام البندقية المتسامحين. وقد امتدت البيئة الفكرية لجامعة بادوا

إلى خارج أسوار الجامعة. ففي بادوا، وجد كاليليو كثيراً من العلماء الذين لهم فكر مشابه لفكره، والذين دعموا بحوثه في طبيعة الحركة، وإن لم يؤمنوا دوماً بنتائجها. وفي بادوا أيضاً، قابل كاليليو صديقته مارينا كامبا وبدأ معها حياة عائلية.

في أغسطس/آب سنة 1597 تسلم كاليليو كتاباً بعنوان Mysterium Cosmographicom، أي «سرّ الكون»، ألفه رياضي ألماني شاب اسمه يوهان كبلر. ومع أن هذا الكتاب كان مفعماً بالشطحات الصوفية، ودراسة معاني الأعداد المستعملة في التنجيم، فإنه كان أيضاً يتضمن أفكاراً عميقة في انسجام نظام كوبرنيك. وفي رسالة الشكر التي بعث بها كاليليو إلى كبلر، ذكر له أنه اعتمد تعاليم كوبرنيك منذ عدة سنوات، لكنه لم يعلن ذلك على الملأ خوفاً من السخرية التي كان من الممكن أن يقابلها في عمله. ومن الواضح أن كبلر كان مبتهجاً بسماعه هذا الكلام من هذا المثقف الأجنبي. وقد وصف كبلر كاليليو لصديق له بقوله «إنه إيطالي اسمه الأخير مثل اسمه الأول تماماً». وجواباً عن رسالة كاليليو، بعث كبلر بتاريخ 13 أكتوبر/تشرين الأول سنة 1597 برسالة إلى كاليليو حثه فيها على مجاهرته بتأييد نظام كوبرنيك. وقد وردت في رسالته العبارة: «امض قدماً، يا كاليليو!».

في هذه الرسالة، سأل كبلر كاليليو عما إذا كان لديه أي آلات فلكية تسمح بقياس مواقع النجوم بدقة قريبة من جزء في الألف من الدرجة. وقد صرح كبلر أنه بمثل هذه الدقة يستطيع كاليليو اكتشاف اختلافات منظر النجوم، ومن ثم إثبات الحركة المدارية للأرض حول الشمس. «وحتى لو لم نتمكن من كشف انزياح أبداً، فإننا سنتقاسم أكاليل الغار لكوننا بحثنا في أكثر المسائل نبلاً، التي لم يستطع أن يتصدى لها أحد قبلنا». لكن كاليليو لم يشارك نظيره الألماني حماسه، لأن التبجّح الذي برز من خلال كلامه لم يَعْنِ سوى انه متعصب جداً لنظرية كوبرنيك، وكان فعلاً كذلك. ومهما يكن من أمر، فقد كان كاليليو عاجزاً جداً عن فعل أي شيء يتعلق بموضوع اختلاف المنظر. لم يكن متخصصاً في علم الفلك الرصدي، ثم إنه لم يكن

يقتني آلة تتصف بالدقة التي اقترحها كبلر، ولم تكن تتوفر لديه النية لصنع مثلها. وستنقضي اثنتا عشرة سنة قبل أن يكتب كاليليو إلى كبلر ثانيةً عن نبأٍ مذهل غيّر مسار العلم. في الوقت نفسه، كان كبلر عثر على فلكي يملك آلات تحظى بالدقة المطلوبة: إنه تيخو براهي.

مع اقتراب سنة 1605 من منتصفها، راجع كاليليو كاليلي ما أنجزه في العقد السابق الذي قضاه في بادوا، فوجده عقداً وافر الإنتاج. صحيح أنه كان مثقلاً بالأعباء المالية، ومنزعجاً من المقاطعات التي كانت تتخلل دوماً نشاطه البحثي، إلا أنه وفر لعائلته دخلاً مادياً معقولاً، وحصل على شهرة بوصفه صانع أجهزة دقيقة وخبيراً في ميكانيك الحركة. لقد كان عقداً من التجارب المبتكرة التي تضمنت تجربة المستويات المائلة والكرات التي تتدحرج عليها، التي استخلص منها العلاقات بين المسافة والسرعة والتسارع. وخلال تلك المدة، لم تتجه اهتمامات كاليليو العلمية نحو ميدان علم الفلك إلا مرة واحدة فقط.

ففي شهر أكتوبر/تشرين الأول سنة 1604 بزغ نجم جديد في السماء، ثم ذوى ولم يعد من الممكن رؤيته، تماماً كما حدث سنة 1572. ومثلما فعل سلفه، فإن نجم سنة 1604، المتطفل الساطع، لم يبد أي اختلاف منظر للراصدين عبر أوروبا؛ فقد كان نجماً بعيداً جداً حقاً. ألقى كاليليو ثلاث محاضرات انتقد فيها بصراحة اعتقاد أرسطوطاليس القديم القاضي بأنه لا يتغير أي شيء البتة في عالم النجوم. كانت النتيجة خلافاً علنيّا بين كاليليو وشيزار كريمونيني Cesare Cremonini، وهو أستاذ كبير للفلسفة في جامعة بادوا. لكن الخلاف سُوِّيَ عندما عاد كاليليو إلى معتقداته السابقة بثبوت الأرض وعدم حركتها. والآن، كما في السابق، أبقى كاليليو عينيه مفتوحتين، لا على مجرد عجائب الطبيعة، ولكن على أي فرصة لتحسين وضعه بعد أن حدث ما حدث.

في وقت ما من ربيع سنة 1609، نسب صديق قديم لكاليليو اسمه

باولو ساربي Paolo Sarpi، وهو سياسي وعالم لاهوت في مجلس شيوخ مدينة البندقية، إلى كاليليو إشاعة انتشرت في الدوائر الدبلوماسية مفادها أن صانع نظارات هولندياً مجهولاً يعتقد أنه ابتكر آلة بصرية تجعل الأشياء البعيدة تبدو قريبة. لا بد أن يكون كاليليو سمع بإشاعات من هذا النوع قبلاً. وكان ذلك الوقت حافلاً بتقارير مشكوك فيها عن تجهيزات سحرية، وظواهر خارقة، ووحوش غريبة. أما كاليليو فربما ظن أن «منظار» ساربي لم يكن سوى واحدةٍ من الإشاعات التي راجت آنذاك.

بيد أن ساربي روّج في شهر يونيو / حزيران سنة 1605 خبراً مذهلاً مفاده أن تلميذاً سابقاً لكاليليو، اسمه جاك بادوفير Jaques Badovere، رأى منظاراً معروضاً للبيع في واجهة محلٍ لبيع النظارات بباريس. وفي وقت لاحق، صرح ساربي لكاليليو أن تاجراً أجنبياً عرض على مجلس شيوخ البندقية، بسعر مرتفع، منظاراً بدائياً للاستخدامات العسكرية. لم يكن يوجد في ذلك الوقت سور دفاعي للبندقية، لكنها كانت تعتمد على أسطولها في دفاعها عن نفسها من الهجمات البحرية؛ ولو كان بإمكان هذه المدينة كشف سفن العدو الحربية بطريقة أسرع، لكان لديها مزيد من الوقت لتنظيم دفاعاتها عن نفسها. وقدم ساربي نصيحة لمجلس الشيوخ بعدم شراء منظار ذلك الأجنبي، لأنه كان واثقاً بأن صديقه القديم كاليليو قادر على صنع ما هو أفضل منه، وهذا يجعله يحصل على الفوائد المالية المترتبة على ذلك.

لا بد أن يكون كاليليو رأى أن أبواب الشهرة ستُفتح أمامه عن طريق صعب التحقيق، هو جهاز بصري بسيط، ونعني به المنظار. فإذا فكر مجلس شيوخ البندقية في شراء آلة من مستوى متدنٍّ من شخص غريب، فلا بد أن يقبلوا شراء آلة أحسن من أحد مواطنيهم من العلماء المرموقين. كان كاليليو في موقع مثالي في وقت مثالي؛ فقد كان يمتلك الدراية الفنية بالآلات البصرية، والمهارة اليدوية والعُدَد اللازمة لصنع منظاره. لكنْ كان عليه أن يعمل بسرعة، ذلك أن وصول تاجر للمناظير إلى البندقية، يعني أن يتبعه آخرون.

وباستخدام كاليليو لمعرفته في ميدان علم البصريات، استطاع استنتاج تصميم المنظار الهولندي: كان هذا المنظار عدسة جسمية محدبة ضعيفة مدمجة بعينية مقعرة قوية. لذا اشترى الزجاجتين المطلوبتين من صانع نظارات محلي وركبهما داخل أنبوب رصاصي. وكان كل ما استغرقه كاليليو من الوقت، بدءاً من التصميم إلى الإنجاز الكامل، يوماً واحداً فقط. كان تكبير هذا الجهاز طفيفاً، كما توقع كاليليو، لذا لم يعلن أي شيء عن خصائص هذا الجهاز الضعيف أمام مجلس شيوخ البندقية. وللحصول على مكافأة مجزية من هذا المجلس، كان لا بد أن تقدَّم إليه آلة لم يسبق لها مثيل وغير متوقعة، وأفضل بكثير من تلك الآلات التي يسوِّقها الباعة المتجولون. كان كاليليو يعي تماماً أن المناظير المصنوعة من العدسات العادية المستعملة في النظارات لن تكبِّر صورها بأكثر من ثلاث مرات. لكنْ لو تيسر له شحذ وصقل العدسات التي صممها، باستعماله أفضل أنواع الزجاج الشفاف المصنوع في البندقية، لكان بمقدوره إنتاج آلة متميزة تسمح بتكبير الصور بقدر يعادل ضعف أو ثلاثة أمثال تكبير أي آلة أخرى موجودة في القارة الأوروبية. ولا بد أن يكون كاليليو أدرك تماماً وبوضوح أن قوة منظاره هي سبيله لبلوغ مستقبل مجيد.

بعد كثير من التجارب التي أجراها كاليليو في شحذ الزجاج وصقله باستعمال دولابٍ دوّارٍ كاشط، توصل إلى كشف النقاب عن سبب زيادة قوة تكبير المناظير من النمط الهولندي. فيتعيّن عليه أولاً أن يمنح العدسة الجسمية المحدبة أدقّ تقوس ممكن؛ وهذا يعني أنه يجب عليه جعل طولها البؤري كبيراً. ثم إن عليه، بعد ذلك، أن يحدث، عن طريق الشحذ، تقوساً عميقاً نسبياً في العينية المقعرة، وذلك لجعل طولها البؤري صغيراً. وكلما زاد التباين في هذين الطولين البؤريين، ازدادت قوة التكبير. وبعد أن توصل كاليليو إلى منظار يكبر صور الأجسام تسع مرات، طلب مباشرة من ساربي أن يعيّن له موعداً لمقابلة مجلس الشيوخ. وكان له ما أراد: ففي 25 أغسطس/آب سنة 1609 اصطحب كاليليو أعضاء مجلس شيوخ البندقية إلى برج القديس مرقص San Marco لإطلاعهم على آلته. وقد كتب كاليليو عن

هذه الحادثة فيما بعد ما يلي: «حضر الكثير من أعضاء مجلس شيوخ البندقية ووجهائها. وبرغم كبر سنهم، صعدوا أكثر من مرة سلالم أعلى أبراج الأجراس الموجودة في البندقية، ليروا القوارب الشراعية البعيدة، التي كان عليها الإبحار ساعتين كاملتين، أو أكثر، بأقصى سرعتها، كي تصبح مرئية دون الاستعانة بمنظاري».

قدم كاليليو آلته هدية لمدينة البندقية. وقام مجلس الشيوخ، الذي ذهِل، دون ريب، بمنظار كاليليو وبكرمه (المحسوب)، بمضاعفة راتبه، وبإصدار توجيه كي يتقاضى راتباً مدى الحياة من جامعة بادوا. لكن كاليليو لم يعرف بعض التفصيلات إلا في وقت متأخر: فلم يضاعف راتبه إلا على مدى سنة واحدة، ولم يكن ثمة وجود لزيادات مستقبلية في الراتب، ولم تخفض أعباؤه التدريسية. ولما كان كاليليو مؤمناً أن بإمكانه الحصول على ما هو أفضل، سافر إلى فلورنسا التي بقي فيها مدة قصيرة. هناك عرض منظاره على حاكم مقاطعة توسكانيا الدوق كوسيمو الثاني الذي ينتمي إلى عائلة مديتشي Mdici، والذي كان تقلّد منصبه الجديد قبل وقت قصير، والذي كان كاليليو مدرسه الخاص في وقت سابق.

توجه كاليليو إلى كوسيمو بطلب ـ مدروس جيداً ـ لتوظيفه فيلسوفاً ورياضياً في قصره. وفي نفس الوقت، انقطع كاليليو عن نشاطه التدريسي وكرّس كلّ وقته للتوصل إلى اكتشافات تمجّد آل مديتشي. وخلال تفكير كوسيمو بعرض كاليليو، عاد الأخير إلى بادوا وحوّل ورشته هناك إلى معمل حقيقي للمناظير. وبحلول شهر نوفمبر / تشرين الثاني سنة 1609، كان توصَّلَ إلى منظارٍ تكبيره عشرون مرة. وبعد ذلك بشهرين أنتج منظاراً تكبيره ثلاثون مرة، بفتحةٍ لا تزيد عن إنش واحد إلا قليلاً. هذان المنظاران هما اللذان وجههما كاليليو شطر السماء، التي اكتشف فيها روائع سماوية لم يرها أحد منذ أن خُلِقَ العالم.

وإذا تعبت من الإمساك بعينيتين وإبقائهما مثبّتتين أمام عينيك، فقد توافق على الأسلوب الذي طبّقه كاليليو حين كان يوجّه منظاره الذي تكبيره

مقراب كاليليو الذي تبلغ قوة تكبيره 21 مرة.
المصدر: معهد ومتحف تاريخ العلوم في مدينة فيرنزي.

ثلاثون مرة إلى السماء الليلية. إن تكبير النور السماوي في آلة ضوئية بصرية يُرافَقُ دوماً بظاهرة مزعجة هي تكبير الاهتزازات التي تحدث على الأرض. فكل ارتعاشة لليد، وكل حركة للقدم، وكل شهقة للهواء تخلف أثراً سيئاً في وضوح الصورة في العينية. وهذا يجعل المشهد من خلال هذا الثقب الزجاجي حساساً دوماً لأي حركة. عندئذٍ تصبح عملية الرؤية صعبة جداً، وتشبه محاولة مشاهدة صورة تلفزيونية من على ظهر حصان يسير في قافلة. وعادة يحبس الهواة من الفلكيين أنفاسهم إلى أن تزرقّ أجسامهم، ويحاولون عدم الارتعاش من هواء الأمسيات الباردة، وهم يفعلون ذلك لإبقاء أجسامهم وآلاتهم ثابتة. راقِب الفلكي وهو ينظر في عينية منظاره تشاهدْ تمثالاً حيًّا. ولاستقرار مشهد السماء التي كان يرصدها، كان كاليليو يثبت منظاره بمنصة صلبة يمكن وضعها على منضدة. ولم يكن يلمس آلته إلا عندما كان يقوم بتوجيهها لرؤية جرم سماوي.

كل فلكي يعرف أيضا أن عينية المقراب تغطَّى بطبقة ضبابية ناشئة عن رطوبة زفير الراصد. ويبدو أن الضباب يحدث، بوجه خاص، في لحظات الإثارة، التي تستقبل فيها العين مشهداً يولّد خفقاناً في القلب ـ وجه القمر، أو غيمة سديمية ـ. وقد كانت العينيات الضبابية تلازم كاليليو، وهذا ليس أمراً مفاجئاً إذا ما أدخلنا في الحسبان المشاهد السماوية التي رآها.

تعرض كاليليو لتحدٍّ آخر فرضه عليه منظاره، وهو حقل الرؤية الضيق للمشهد الذي كان يرصده. خذ الأنبوب المصنوع من الورق المقوى (الكرتون) الذي طوله أحد عشر إنشاً، والموجود في قلب لفافة ورق التنظيف المستعمل في المراحيض. أغلق إحدى عينيك، وانظر عبر الأنبوب بالعين الثانية. عندئذٍ يحجب الأنبوب كل شيء باستثناء نافذة دائرية على ما يحيط بك، انفراجها 8 درجات فقط. تخيل الآن مشهداً للعالم، عبر مثيل لهذا الأنبوب طوله تسعة وعشرون قدماً، وهذا هو طول النفق الذي كان ينظر عبره كاليليو باستعمال أقوى مناظيره. كان حقل الرؤية ضيّقاً جداً إلى درجة أنه لم يكن يظهر فيه سوى ربع القمر. وبالطبع، فلن يشتري أحدٌ آلة مثل منظارِ كاليليو؛ ففي المعايير الحديثة، لا يوفر منظار كاليليو إلا تكبيراً محدوداً؛ أضف إلى ذلك أن المشهد الذي يُرَى بواسطته لا تزيد مساحته عن المنظر الذي يمكن مشاهدته عبر مدخنة مدفئة. ولا بد أن تكون رؤيةُ نجم أو كوكب معين من خلال مثل هذا المنظار مهمةً شاقة. ثم إن إبقاء الجسم ضمن حقل الرؤية كان أمراً بالغ الصعوبة أيضاً. (الأجرام السماوية تنزاح عن حقل الرؤية بسبب دوران الأرض حول محورها). لذا فعند قراءتك بعد قليل لاكتشاف كاليليو، تذكّر أن مجرّد القيام بتوجيه منظار نحو السماء هو عملية أعقد مما يُظَن.

في 30 نوفمبر / تشرين الثاني سنة 1609، قام كاليليو، خارج بيته في بادوا، بتوجيه نظره عبر منظاره الذي يكبّر القمر عشرين مرة. ولا بد أنه رأى مباشرة أن القمر لا يشبه ذلك الجرم السماوي الذي افترضه الأقدمون، الذين اعتبروه أملس ولا تشوبه لطخات. وقد كتب فيما بعد أن «السطح القمري غير منتظم، وخشن، ويعج بالمنخفضات والانتفاخات». كشف المنظار أيضاً فوهات بركانية، ووديااناً، وجبالاً ذات نتوءات حادة. وكانت بعض الجبال عالية جدا بحيث أن القمر عندما صار هلالاً أو نصفاً، كانت أعالي تلك الجبال تضاء بنور الشمس في الوقت الذي كانت قواعدها تقبع في الظلام. واستناداً إلى أطوال الظلال التي تحدثها ذرى تلك الجبال، تمكّن كاليليو من التوصل إلى أن أعلى جبل كان يرتفع أربعة أميال عن السهول المحيطة به.

لم يكن هناك شيء «سماوي» متميّز في القمر عندما شوهد مكبّراً عشرين مرة، ولم يكن هناك ما يميزه عن عالمنا. حتى إن إحدى البقاع القمرية التي تغشاها الفوهات البركانية ذكّرت كاليليو ببوهيميا. وقد كتب يقول: «القمر شبيه بوجه الأرض ذاتها»، وكان محقاً في ذلك، فعندما نظر إلى القمر، رأى ما بدا له أنه كوكب آخر.

بعد ذلك وجّه كاليليو منظاره شطر النجوم، وأسفر ذلك عن إضافة أعدادٍ هائلة من النجوم الجديدة التي لا ترى بالعين المجرّدة إلى النجوم المعروفة للأقدمين. ففي كوكبة الثريا وحدها، التي لم يَرَ فيها هيبارخوس وبطليموس إلا سبعة نجوم، أحصى كاليليو فيها ثلاثة وأربعين نجماً. وقد ذكر أنه «أيا كانت المنطقة [من السماء] التي توجه إليها منظارك، فستجد مباشرة عدداً ضخماً من النجوم الواضحة للعيان». «ودرب التبانة الذي يتلألأ بضَعف، والذي كان موضوعاً للجدل طوال آلاف السنين، رآه الآن كاليليو بوضوح: إنه ضوء جماعي لزمرة واسعة من النجوم. وخلافاً للقمر، الذي أصبحت صورته أكبر مع زيادة قوة التكبير للمناظير، فإن النجوم بقيت مجرد نقاط من الضوء، حتى لو استُعمل أشد تكبير لها. وكما توقع كوبرنيك، لا بد أن تكون النجوم بعيدة جداً، وهذا ما جعل القوة التكبيرية للمناظير غير فعالة.

ومع أهمية الأرصاد الاستثنائية التي أجراها كاليليو للقمر ودرب التبانة، فإن أهم اكتشافاته كانت أقمار المشتري. فعندما كان يواصل رصده لهذا الكوكب بدءاً من 7 فبراير / شباط حتى 2 مارس / آذار سنة 1610، لاحظ كاليليو صفاً مثيراً للفضول من أربعة نجوم تحيط بصورة المشتري. ومن ليلة إلى أخرى، كانت هذه النقاط المرافقة للكوكب تغير مواقعها، لكنها لم تبعد قط كثيراً عن الكوكب، ولم تغير البتة ترتيبها الخطي. أدرك كاليليو أن هذه لم تكن نجوماً بالمفهوم العادي، لكنها أجرام سماوية شبيهة بالقمر لم تكن تُرى سابقاً، وتدور حول المشتري. وهكذا لم يعد نظام الأرض القمر فريداً من نوعه. فلكاليليو، كانت صورة المشتري، محاطاً بجماعة من الأجرام الصغيرة، تشبه نسخة مصغّرة لنظام كوبرنيك الشمسي المركز.

كنت في كل سنة، مع طلابي الذين أعلّمهم الفلك في سنتهم الجامعية الثانية، أضع برنامجاً للبلانيتاريوم planetarium الكمبيوتري لإظهار مواقع المشتري وأقماره، كما كانت تظهر من بادوا بعد ساعة من غروب شمس يوم 7 يناير/كانون الثاني سنة 1610، وهي الليلة التي اكتشف فيها كاليليو هذه الأقمار. ونستطيع القول بثقة إن شاشة الكمبيوتر تظهر الترتيب الدقيق الذي سجله كاليليو في دفتر ملاحظاته في ذلك التاريخ. إن البدء بصورة بِكْسِلِيَّة[1] pixel image دقيقة للمشتري وأقماره، يثير لديّ دوماً صورة ذهنية موازية، وهي صورة يدٍ كانت قبل مدة طويلة ترسم بثبات وتأنٍّ كوكباً وأقماراً على ورقة بواسطة ريشة قلمية. وفي الأرصاد اللاحقة التي أجراها كاليليو للمشتري، رصد كوكب نبتون دون أن يعلم. إن الكوكب الثامن من النظام الشمسي معلّم كنجم قرب المشتري في سجلين خلّفهما كاليليو، تاريخ أولهما 28 ديسمبر / كانون الأول سنة 1612، وتاريخ ثانيهما 28 يناير/ كانون الثاني سنة 1613، وذلك قبل 200 سنة من الاكتشاف «الرسمي» لنبتون من قبل الفلكي الألماني يوهان كالي Johannes Gale سنة 1846.

في شهر مارس / آذار سنة 1610، أصدر كاليليو كتاباً صغيراً عنوانه Sidereus Nucius، أي «المراسل النجمي». (يرى المؤرخ إدوارد روزين Edward Rosen أن ترجمة العنوان بالصيغة «رسالة من النجوم» قد تكون أكثر انسجاماً مع ما كان وارداً في ذهن كاليليو). في هذا الكتاب بدأ كاليليو بنشر أرصاده السماوية التي أجراها في الشهور السابقة. وكان قصده واضحاً بدءاً من أول سطر كتبه في افتتاحية الكتاب حيث قال: «في هذه الرسالة المقتضبة، أقترح أموراً عظيمة كي يقوم بفحصها وتأملها أي مستكشف للطبيعة». لم يكن Sidereus Nucius رسالة عظيمة علمية موجّهة للأكاديميين، بل كان دعوة علمية لجماعة المثقفين تقول: زوروا العالم الجديد، عالمكم، وليس ذلك العالم الذي كرسه حكماء العصور القديمة غير الجديرين بالثقة.

(1) الصورة البكسلية هي تمثيل بيانيّات لونيّة في ذاكرة الكمبيوتر. (المعرّب)

في هذا الكتاب، تتفجّر حماسة كاليليو من خلال عبارات مثل «مشهد جميل مثير للبهجة»، وَ «تميّز طبيعي»، وَ «حداثة مطلقة». ثم إن وقوفه إلى جانب كوبرنيك واضح، وذلك عندما كتب أن المشتري وأقماره «تكمل دوراتها الكبيرة كل اثنتي عشرة سنة حول مركز العالم، أي حول الشمس ذاتها».

أهدى كاليليو بذكاء Sidereus Nucius إلى كوسيمو الثاني Cosimo II دوق توسكانيا، آملاً أن يقلده كوسيمو منصباً علمياً رفيعاً في بلاطه. وفي حال لم يدرك كوسيمو مقصد كاليليو، فقد كان يدور في ذهنه أن يسمّي العوالمَ المكتشفة حديثاً حول المشتري باسم «نجوم آل مديتشي»، وهم كوسيمو وإخوته الثلاثة. وقد اقترح كبلر في رسالة بعث بها إلى كاليليو أن يتجنب تسمية الأجرام التي تدور حول المشتري نجوماً، وأن يطلق عليها بعد الآن اسم sattelites ـ أي سواتل أو توابع ـ من الكلمة اليونانية satellos، التي تعني «التابع» أو «المرافق».

ومع النسخة المجلدة من كتاب Sidereus Nucius، أرسل كاليليو إلى كوسيمو المنظار الحقيقي الذي استعمله في اكتشاف سواتل المشتري. كان رد فعل كوسيمو تماماً مثلما كان يأمل كاليليو: فقد قلده منصب الرياضي والفيلسوف الرسمي لبلاط توسكانيا، ومنحه راتباً مجزياً. (أضاف لقب «الفيلسوف» إلى كاليليو قدراً أكبر من الاحترام، ولم يكن يحظى بذلك لو اقتصر اللقب على كلمة «الرياضي»). وقد عين أيضاً الدوق كاليليو كبير رياضيي جامعة بيزا، لكنه أشار في قرار التعيين إلى أن كاليليو معفىً دائماً من واجباته التدريسية. وفي الحقيقة، لم تطأ قدما كاليليو حرم الجامعة قط. وفي شهر سبتمبر/أيلول سنة 1610 انتقل كاليليو من بادوا إلى فلورنسا عائداً إلى توسكانيا التي كان لها في قلبه منزلة خاصة.

إن المنظار الشهير الذي استلمه كوسيمو من كاليليو، تُرك في نهاية المطاف ليأخذه أكبر أبناء كوسيمو، ووريثه فرديناندو الثاني Ferdinando II. وعلى مر القرون انتقلت عدسة الآلة من آل مديتشي إلى عدة معارض

ومتاحف. والعدسة، التي يوجد فيها شق يخترقها عبر مركزها، تقبع الآن في متحف تاريخ العلوم بفلورنسا.

جلب Sidereus Nucius لكاليليو شهرة عالمية. وقد ورد في رسالة بعث بها كاليليو إلى كوسيمو أن الطبعة الأولى من الكتاب، التي عدد نسخها 550، نفدت خلال أسبوع. وحملت البعثات التبشيرية اليسوعية هذا الكتاب معها مسافات بعيدة وصلت إلى الصين. وكثير من النقّاد الذين رفضوا تصديق أرصاد كاليليو، توقفوا عن انتقاداتهم في أواخر سنة 1610، عندما أثبت الفلكيون اليسوعيون في روما صحة الاكتشافات المشهورة باستعمال منظارهم الخاص. واستجابة لالتماس من كاليليو، نشر كبلر رسالة دعم له وزعّت على نطاق واسع عنوانها «حوار مع المراسل النجمي».

بحلول نهاية سنة 1610، مال القبول العام لآراء كاليليو بقوة لمصلحته. وعندما زار روما في ربيع سنة 1611، نظمت لكاليليو مقابلة مع البابا بولص الخامس، الذي كرّمه بمنعه من البقاء راكعاً على قدميه في حضرته. احتفل الفلكيون اليسوعيون بكاليليو، واصطف رجال الدين هناك ليروا السماوات عبر إحدى آلاته التي جلبها معه. وفي 14 إبريل / نيسان أقام الأمير فريديريكو شيزي Frederico Cesi وجمعيته العلمية (أكاديمية لينشيي) Academia Dei Lincei، وليمة على شرف كاليليو على منحدر تلة قريبة جداً من روما. وبعد الانتهاء من تناول الطعام، أذهل كاليليو الضيوف بتوجيهه أحد مناظيره إلى أقمار المشتري ونجوم درب التبانة، وعندما سدّد جهازه نحو كنيسة تبعد أكثر من ميل، اندهش الضيوف عندما رأوا النقوش واضحة على واجهة مبنى الكنيسة. وقد أعلن المضيف، فريديريكو شيزى، أن جيوفاني ديمزياني Giovanni Demisiani، وهو رياضي لدى الكاردينال كونزاكا Gonzaga، ابتكر اسماً لمنظار كاليليو يمكّن من فهم قدرات هذه الآلة بوضوح أعلى، ومن تمييزها عن مثيلاتها من المناظير البدائية التي لا تضاهيها في قدراتها. وصرح شيزى أن هذا الاسم مقتبس من كلمتين من اللغة اليونانية التي هي اللغة الأصلية لديمزياني: tele، التي تعني «البعيد جداً»، وskopéo أي «النظر». ومنذ ذلك الوقت عرف منظاره باسم telescope، التي نترجمها إلى العربية بكلمة مقراب.

واصل كاليليو أرصاده التلسكوبية من بيته في فلورنسا. خلال تلك الفترة، اكتشف أن لكوكب زحل رفيقين مثيرين للفضول، لكن مقرابه لم يملك ما يكفي من القوة لكشف طبيعتهما الحقيقية. (كان هذان حلقتي زحل). وقد واصل مسحه لأقمار المشتري أملاً في قياسه لأدوارها المدارية. رَصَدَ البقع الشمسية واستنتج أنها «لطخات» على سطح الشمس، وليست كواكب مارة أمامها. لكن أرصاده للزّهرة هي التي أحدثت أكبر أثر في مجرى حياته المهنية. فقد وجد كاليليو أن الزّهرة تمر بأطوار كأطوار القمر، وعلى مر الشهور، تغيّر مظهر الزهرة في العينية تدريجياً من قرص مضاء كلياً تقريباً إلى هلال، وذلك قبل أن تتحول ثانيةً إلى قرص مضيء. في نفس الوقت، كان حجم الزهرة يبدو متغيراً: فكان أكبر ما يمكن عندما تكون هلالاً، وأصغر ما يمكن عندما تكون بدراً. وأياً كانت العواطف التي يكنّها كاليليو لنظام كوبرنيك، فقد أصبح متوثقاً تماماً من صحة هذا النظام بعد هذا الاكتشاف. وفي عالم بطلميٍّ، من المستحيل على الزهرة إبداء هذا المدى الواسع من الأطوار؛ فلما كانت الزهرة واقعة دوماً بين الأرض المركزية والشمس التي تضيئها، فلا يمكن لها أن تبدو بدراً. إن نظامي كوبرنيك وتيخو وحدهما يسمحان بنشوء المدى الكامل للأطوار؛ وفي كلتا الحالتين، فإن الطور الذي تكون فيه بدراً يحدث حين تدور الزهرة في الجانب البعيد من الشمس المقابل للأرض. وكان كاليليو قد صرف نظره منذ أمد بعيد عن نموذج تيخو، لأنه اعتبره غير منطقي. وهكذا كان نموذج كوبرنيك هو الخيار الوحيد القابل للحياة.

يتضح من كتابات كاليليو وخطبه في وقت لاحق، أن ولاءه لنظام كوبرنيك أصبح تامّاً وغير قابل للتغيّر. وهكذا استقر على رأي واحد، وهذا ما نصحه به كبلر قبل أكثر من عقد من الزمان. وبحماسة المبشرين، بدأ يحاول إقناع الكنيسة نفسها بصحة نظام كوبرنيك. اعتقد كاليليو أن لن يمضيَ سوى وقت قصير قبل أن يكتشف الفلكيون الذين يستعملون المقاريب الدليل القاطع على حركة الأرض: وهو اختلاف المنظر النجمي. وإلى أن يحين ذلك الوقت، كان يأمل من الكنيسة ـ كنيسته، قبل كل شيء ـ أن تنحاز إلى

جانب الحق في الصراع الدائر حول النظام العالمي الصحيح. وما حدث هو أن قوة العناصر المحافظة داخل الكنيسة كانت آخذة في النمو في مطلع القرن السابع عشر. وقد أحدث الإصلاح البروتستانتي في القرن السادس عشر إصلاحاً مقابلاً داخل الكنيسة الكاثوليكية. وقد خشي كاليليو أن تتخذ الكنيسة، إذا ضُغِطَ عليها بقوة من داخلها، خطوة قاتلة بإعلانها أن النظام البطلمي هرطقي. وهذه خطوة تطلب إبطالها جهوداً مضنيةً في المستقبل. في ذلك الوقت، شعر كاليليو أنه ما زال في مأمن، ذلك أنه كان له حلفاء أقوياء داخل التسلسل الهرمي للكنيسة، وصولاً إلى البابا نفسه.

في رسالة كتبها كاليليو بتاريخ 1 ديسمبر / كانون الأول سنة 1611، تنبأ بثقة بانتصار «النظام الكوبرنيكي العظيم، الذي أيدته الكشوف العظيمة». وقد جعل كاليليو من نفسه مصباحاً يضيء بيت كوبرنيك. بيد أنه كانت تلوح في الأفق نذر «عاصفة غير مواتية» كان يعتقد كوبرنيك أنها لن تحدث.

من عجائب التقادير، أن المعارضات الدينية لأفكار كاليليو انطلقت أولاً من العالَم الأكاديمي، وبخاصة من قلعة أصحاب مذهب أرسطوطاليس، وهي جامعة بيزا التي تخرج منها. فقد ظهرت هناك منشورات ورسائل تدين كاليليو. كان رد كاليليو عنيفاً، وذلك من خلال سيل من الرسائل والخطب التي احتوت على بعض العبارات الفظة. وفي سنة 1616 قرر البابا بولص الخامس تسوية هذا النزاع. وبرغم توسّلات كاليليو إلى الكنيسة للفصل بين ميداني العلم والكتاب المقدس، فقد أعلن البابا أن النظام الكوبرنيكي مخالف لكلام الله، وصنف كتاب كوبرنيك De Revolutionibus (في دوران الأجرام السماوية) ضمن قائمة الكتب المحظورة التي تحتاج إلى «تصحيح». وقد حُظِرَ على كاليليو أن يعلّم أن الأرض تدور حول الشمس، لكنْ سُمح له بمتابعة بحوثه ومناقشة اعتقاداته في ندوات خاصة.

لم يُلْقِ كاليليو لومه فيما يتعلق بالاعتراضات البابوية على الكنيسة، وإنما على الفلاسفة المحافظين من أتباع مذهب أرسطو، الذين كان لهم ضلع كبير في الإجراءات التي اتخذها البابا. وكتب في هذا الصدد يقول:

لقد حاولوا إشاعة الرأي القائل بأن افتراضات كوبرنيك كانت مخالفة عموماً للكتاب المقدس، ومن ثم فهي تستحق اللعنة لكونها مشوبة بالهرطقة. . . وخلافاً لمعاني الكتاب المقدس وتعاليم آباء الكنيسة، فإنني أعتقد، إذا لم أكن مخطئاً، بأنهم يتدخلون حتى في العلوم الفيزيائية الصرفة التي ليس لها علاقة بالإيمان. إنهم يطلبون منا أن نتخلى عن العقل وما تتقبله حواسنا لمصلحة بعض الكلمات الواردة في الكتاب المقدس، مع أنه قد يكمن تحت المعنى السطحي لهذه الكلمات معنىً مختلف.

وحتى في هذه الأيام، تحاول بعض الأحزاب الدينية أن تتحكم في المناهج الدراسية العلمية، مقدمة بدائل من الكتاب المقدس تخالف النظريات التي تتعلق بتطور الأنواع ونشوء الكون وتطوره.

التزم كاليليو الحظْر البابوي، وانهمك في أعمال غير فلكية طوال العقد التالي. وفي سنة 1623، أصبح الكاردينال مافيو باربريني Maffeo Barberini، وهو صديق قديم لكاليليو وعضو في أكاديمية لينشيي العلمية، البابا إيربان الثامن Urban VIII. وبوجود مثل هذا الشخص على رأس الكنيسة، رأى كاليليو أنْ لا خطر من إجراء مقابلة بين نظامي بطليموس وكوبرنيك وتسجيل هذه المقابلة في مطبوعة. وخلال السنوات الست التالية، شرح كاليليو الخلاف بين هذين النظامين العالميين بالكلمة والقلم من وجهة نظره الخاصة. وفي شهر يناير / كانون الثاني سنة 1630، أنهى كاليليو كتابه:

بعنوان: Dialogo... sopra i due massimi sistemi del mondo
«حوار بين النظامين الأساسيين للعالَم». ويصف المؤرخ الإيطالي جيورجيو دي سانتلانا هذا الكتاب بأنه " قصة فكر السيد كاليليو. لكنه فكر رجل يعرف جيداً إلى أين هو ذاهب. وفي ثنايا هذا الكتاب تجد وصفاً للشخصية الكاملة له: الفيزيائي، والفلكي، والشخصية العالمية، والأديب، والمناظر والمجادل العنيف، بل والصوفي أحياناً؛ وإضافة إلى هذا كله، تجد شخصاً معبراً تماماً عن عصر النهضة».

توصل كاليليو إلى إدراك أنه في غياب اختلاف المنظر النجمي، لا يستطيع إثبات السمة الأساسية للنظام الكوبرنيكي المتمثلة بدوران الأرض

حول الشمس. وبدلاً من ذلك، قرر إقناع قرائه باتباع نهج الحوار المنطقي، وهذا أسلوب طبع حياته كلها. كان جوهر حواره غير متعلق بأرصاده المقرابيّة. حاجّ كاليليو في أن حوادث المدّ والجزر لا يمكن أن تنشأ إذا كانت الأرض غير متحركة. وقد ابتدع مخططاً مفصلاً يبيّن أن حركتي الأرض المدارية والدورانية هما اللتان تولدان حركة المياه. (تبيّن فيما بعد أنه مخطئ، لأن نيوتن أثبت أن ثقالة القمر هي التي تثير حوادث المد والجزر).

منح البابا كاليليو الإذن بتأليف الكتاب، بل شجعه على ذلك. لكن ما قدمه كاليليو كان شيئاً آخر يختلف عن كتاب كوبرنيك De Revolutionibus، الذي تعيّن على العدد القليل من قرائه ـ الذين كانوا كلهم من المتخصصين ـ أن يكونوا مسلّحين بالثقافة الرياضية، وإلاّ أربكهم تعقيد الكتاب. وبالمقابل، كان Dialogo كتاباً مقنعاً ومسلياً، لا يحوي تقريباً تقنيات رياضية، ومن الممكن اعتباره مقدمة لنظرية كوبرنيك، ومؤيداً لها.

يورد Dialogo جدلاً طويلاً مفعماً بالإثارة والحيوية بين: سالفياتي saliviati، الذي يمثل كاليليو؛ وساكريدو sagredo، وهو نبيل منفتح العقل من البندقية ـ ساكريدو اسم صديق لكاليليو ـ؛ وسمبليسيو Simplicio الساذج البطيء الفهم الذي يدعم أفكار أرسطوطاليس، والذي يتعثر مراراً وتكراراً بمنطقه. وكون الدروس في نظرية كوبرنيك الواردة في الكتاب تَرِدُ على لسان شخصية خيالية، لم يحجب الصوت الحقيقي للأستاذ إلا قليلاً. هذا الصوت هو صوت كاليليو. أكثر من ذلك، كان النص بالإيطالية؛ وكل شخص مثقف يمكنه قراءته. ولو كتب كاليليو عمله باللاتينية العادية، لكان من المحتمل أن يتمكن رجال الدين من نسب أفكار الهرطقة إلى أكاديمية لينشيي. لكن انتشار Dialogo بين الجماهير مكّن العناصر المحافظة داخل الكنيسة من الضغط لمقاضاة المؤلف، وسرعان ما أقنعوا البابا أن وراء الواجهة الهرطقية لكتاب Dialogo دعاية كوبرنيكية. وربما انصاع كاليليو لكتاب الحظر البابوي الذي صدر سنة 1616، لكن روحه لم تكن كذلك قطعاً.

اعتبر المسؤولون الكنسيون كتاب Dialogo انتهاكاً لحظر تعليم النظرية

الكوبرنيكية، هذا رغم كون رجال الرقابة الكنسية ـ وحتى البابا نفسه ـ وافقوا مبدئياً على نشره. (وافق كاليليو على تنقيحات الرقابة قبل النشر). وفي 12 أبريل / نيسان سنة 1633، حين كان كاليليو في السبعين تقريباً من عمره ومتوعك الصحة، استُدعي للتحقيق. ويكتب سانتلانا معلقاً على هذا بقوله: «لقد قامر بكل شيء، ولم يقم بأي مراوغة، وإنما كان يحاول إقناع زعماء الكنيسة، أو منحهم فرصه على الأقل، قبل أن يتوصلوا إلى قرارهم الحاسم بإدانة نظام كوبرنيك لقبول هذا النظام... كان رجلاً ينتمي إلى عصر النهضة، وكان مسيحياً أصيلاً. لم يكن يعني له هذا الجهاز العصري، الذي يعتمد الرقابة على الفكر والدعاية للإصلاح الذي فُرض لمقابلة البروتستانتية، إلا القليل».

تحت التهديد والوعيد بالتعذيب، شجب كاليليو أفكاره الكوبرنيكية. وقد مُنِعَ من نشر أي أعمال في المستقبل، وفُرضت عليه إقامة قسرية طوال حياته في بيته خارج فلورنسا. في هذه العزلة الإجبارية، وبرغم معاناته آثار تقدمه في السن وموت ابنته المحبوبة فرجينيا، أجرى كاليليو أرصاداً فلكية متفرقة، وكتب أهم أعماله وهو:

Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno à due nuove scienze

«حوارات في علميْن جديديْن». وفي كتابه Discorsi هذا، يفصّل كاليليو أفكاره فيما يتعلق بخاصيات المادة وطبيعة الحركة. ومخطوطة هذا الكتاب ـ التي انتظرت إسحاق نيوتن ليقوم بتقديم التفسير الرياضي لعلم الميكانيك الوارد فيها ـ، هرِّبت من إيطاليا وطُبعت في هولندا البروتستانتية. وبحلول الوقت الذي ظهر فيه Discorsi سنة 1638، كان كاليليو مصاباً بالعمى الكلي. وقد كتب إلى صديق له قائلاً: «هذا العالم، الذي كبّرته بأرصادي المذهلة مئة مرة، إن لم يكن ألف مرة، خارج الحدود التي رآها حكماء كل العصور الماضية، يبدو لي الآن أنه صُغِّر إلى حد بعيد؛ لقد تقلص إلى درجة لا تتجاوز حدود جسمي».

ولو كُشِفَ اختلاف منظر حتى لجرم واحد في أيامه، فلربما تفادى

كاليليو المضايقات التي تعرض لها. فاختلاف المنظر النجمي كان ما يزال الحلقة المفقودة في أحجية كوبرنيك. وحتى بدون هذه الحلقة، كانت الصورة الكوبرنيكية العامة للكون واضحة لمفكرين من أمثال كاليليو وكبلر، الذين عللوا عجزهم عن كشف اختلاف المنظر الذي يُدعم في نظام كوبرنيك بافتراضهم أن النجوم كانت بعيدة جداً. لكن غياب اختلاف المنظر النجمي كان للكثير من المتشددين إلغاءً كاملاً للصورة الكوبرنيكية للكون. وقد وجه كاليليو لكل ساذج مثل «سمبليسيو» الفقرة التالية في كتابه Dialogo على لسان سالفياتي:

> سنقول، أنا وأنت، في حال اكتشاف اختلاف المنظر هذا، أنه لم يبق شيء قابل للجدل فيما يتعلق بحركة الأرض. لكن حتى إذا لم يظهر هذا الاختلاف ظهوراً محسوساً، فإن هذا لن يلغي حركتها أو عدم حركتها، لأن من الممكن، كما يجزم كوبرنيك، أن يكون البعد الهائل للكرة النجمية هو الذي يجعل اختلاف المنظر هذا، الصغير جداً، غير قابل للرصد؛ وربما لم تجر محاولات جدية للبحث عن مثل هذه الظاهرة. وحتى لو بُحِثَ عنها، فإن هذا البحث لم ينفذ بالطريقة الواجب اتباعها، وبالدقة اللازمة لكشف مثل هذا التغيّر الطفيف جداً؛ لكن هذه الدقة يصعب بلوغها لسبب آخر هو عجز الآلات الفلكية التي تتعرض لمؤثرات كثيرة، والأخطاء التي يرتكبها أولئك الذين يستعملونها، والذين يبذلون جهوداً أقل مما هو مطلوب منهم.

وحتى كبير الراصدين، تيخو، لم ينجح في قياس اختلاف منظرٍ لنجم. لكنه كان يستعين بعينه المجرّدة، مثلما فعل كل فلكي قبله. وبقطع النظر عن جودةِ الآلات التي صنعها، أو دقةِ قراءته للسلالم المدرجة لهذه الآلات، فقد كان مقيداً بالتحديدات الطبيعية المفروضة على عينه. وكان الحل الذي توصلت إليه شخصية سالفياتي التي ابتدعها كاليليو هو «الاستفادة من الآلات بقدر أكبر بكثير، واستعمال آلات أدق كثيراً من تلك التي استعملها تيخو، هي المقاريب المتقنة الشديدة الحساسية».

في كتاب Dialogo يرسخ كاليليو كلاً من الأساس والطرائق التي تسمح لأجيال المستقبل من الفلكيين بقياس اختلاف منظر نجم باستعمالهم مقاريب أقوى وأدق من مقرابه. كان الموضوع الأساسي، من وجهة نظر صيادي

اختلاف المنظر، هو كيفية كشف انزياح صغير جداً في موقع نجم خلال مدة طولها ستة أشهر، ليس بالشرح النظري للطريقة التي يُنفذ بها هذا الكشف، ولكن بشرح الخطوات المحددة الواجب اتخاذها في المقراب ليعطي فرصة معقولة للنجاح. أدرك كاليليو منذ البداية أن هذا الإجراء لن ينفذ ببساطة عن طريق إضافة «مقياس للموقع» إلى المقراب، وتوجيه الآلة إلى نجم، والتحقق مما إذا تغيّرت قراءة الموقع على مدى ستة أشهر. وبقطع النظر عن جودة تقسيم مثل هذا المقياس، فإن التغير في اختلاف المنظر لنجمٍ هو أصغر من أن يُكشف بهذه الطريقة.

يتصور كاليليو، من خلال شخصية سالفياتي الذي يمثله، طريقتين قد تسمحان بقياس اختلاف منظر نجمي. أولاهما هي تثبيت مقراب بدقة بإطار أو عمود، وذلك كي يكون موجهاً باتجاه واحد فقط. ولأسباب سنذكرها في وقت لاحق، فإن التوجيه الرأسي هو الأفضل. ومع أن المقراب غير قابل للحركة، فإنه غير مستقر؛ فالدوران اليومي للأرض حول محورها يحرك فتحة المقراب عبر السماء النجمية. وفيما يتعلق بالفلكي الذي يحدّق في العينية، تتحرك النجوم ببطء في الحقل الدائري للرؤية، كما لو كانت السماء سير ناقلة conveyor belt كبيراً يُحْضِرُ الأجرام السماوية كي نراها. ويقوم كل نجم برسم خط عبر حقل المقراب. ويحدث أن تظهر بعض النجوم مندفعة وسط الحقل، في حين تظهر نجوم أخرى أقرب إلى حافته. لنفترض أن الفلكي يرصد نجماً يندفع على طول خط منتصف الحقل تماماً، بحيث يمر النجم عبر المركز بدقة. فإذا كانت الأرض تدور حقاً حول الشمس، فإن كوكبنا ـ ومن ثم المقراب الذي يحمله هذا الكوكب ـ سيكون بعد ستة أشهر بعيداً عن النقطة التي كان فيها. تذكّر أن المقراب لم يُعدّل البتة؛ وهو ما زال يشير إلى الموقع الذي ظهر فيه النجم قبل ستة أشهر. وهكذا فلا بد أن يكون موقع النجم انزاح قليلاً؛ ولما كان النجم سلك طريقاً وفق خط منتصف حقل الرؤية، فإن النجم سينزاح قليلاً إلى إحدى جهتي الخط. (وللحصول على أعظم أثر، فإن النجم المختار يجب أن يكون واقعاً باتجاه عمودي تقريباً على مستوى مدار الأرض حول الشمس).

إن اختلاف الموقعين الحالي والسابق للنجم عبر ساحة المقراب، يُعْزَى إلى اختلاف منظر النجم عندما يرى من الطرفين المتقابلين لمدار الأرض. وقد كان كاليليو يفكر أنه إذا لم يكن النجم بعيداً جداً، وكان المقراب قوياً بقدر كافٍ، فقد يكون انزياح النجم قابلاً للقياس.

يبدأ أسلوب كاليليو الثاني في كشف اختلاف المنظر النجمي بهدم الخرافة القديمة المتعلقة بالكرة السماوية. ويتحدث سالفياتي عنها إلى ساكريدو قائلاً: «أنا لا أظن أن النجوم تنتشر على سطح كروي، وأن لها بعداً واحداً عن مركز مشترك، لكن مسافاتها عنا مختلفة جداً إلى درجة أن بعضها يبعد عنا بمقدار ثلاثة، أو أربعة أمثال، بعد غيرها عنا». وبهذا يكون كاليليو أبعد النجوم عن كرة أرسطوطاليس السماوية ونَثَرَها عبر الفضاء. بهذه الطريقة، يكون حوّل العالم البطلمي الضيق والمغلق الذي يعج بالكرات إلى عالم كوبرنيكي حديث.

ترى، إلى أي عمق تنتشر النجوم في هذا العالم الجديد؟ يَرى كاليليو في كتابه Dialogo أن أبعدها عنا ربما كانت تقع على مسافة تعادل «ضعف أو ثلاثة أمثال» المسافة التي تفصل أقربها منا. لكن هذه المسافات غير نهائية، إذ ربما كان بين النجوم ما كانت أبعادها تتجاوز هذه الحدود. وهو يعتقد أن العالم ربما كان يمتد بلا حدود. وهكذا فربما يقابل كلَّ نجم «قريب» عدد لا يُحصى من النجوم الأخرى التي لها أبعاد عن الأرض لا يتخيلها عقل. هذه النجوم البعيدة هي التي توفر لكاليليو الوسيلة لكشف اختلافات منظر النجوم القريبة. إن اختلاف منظر كل نجم بعيد هو مقدار تافه. وخلال تأرجح الأرض من نهاية إلى أخرى أثناء دورانها في مدارها حول الشمس، يبدو النجم البعيد ثابتاً في موقعه، حتى لو رصدناه بمقراب قوي. لذا فإن النجم البعيد يقوم مقام مَعْلَم مثبت في السماء شبيه بالحجر الغرانيتي الذي يثبته المساحون في إحدى زوايا فناء بيتي الأمامي لتعيين الحدود الذي تفصله عن فناء جاري. وهذا صحيح في حال النجوم البعيدة جداً عن النجم الذي نريد قياس اختلاف منظره: فكل منها هو حجر مضيء للمسّاحين السماويين، لأنه يمثل معْلماً مثبتاً تقاس بالنسبة إليها حركات الأجرام السماوية التي هي أقرب إلينا، مثل الكواكب، أو المذنبات، أو، في حالة كاليليو، النجوم

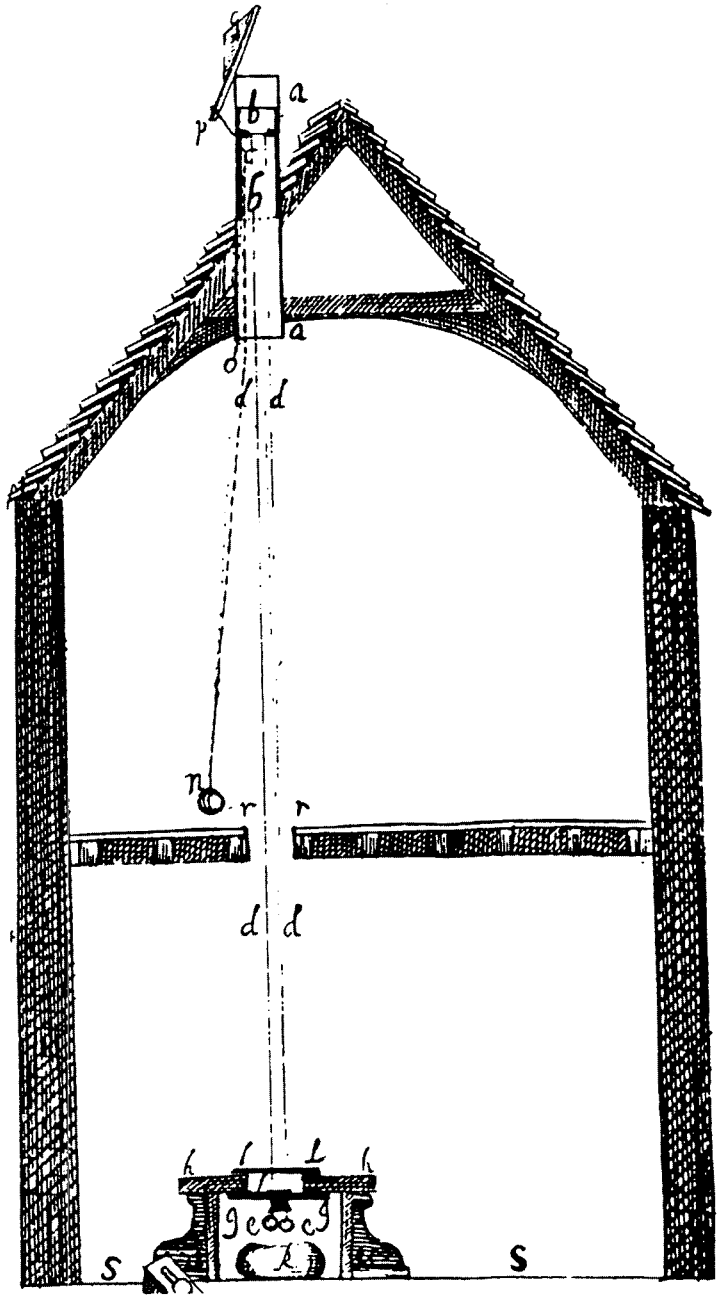
القريبة. لكن هذه المعالم النجمية مبعثرة على رقعة واسعة من السماء، لذا أدرك كاليليو أن قياس اختلاف منظر صغير لنجم قريب يتطلب أن يكون النجمُ المَعْلَمُ واقعاً جنباً إلى جنب مع النجم القريب في حقل رؤية المقراب. ومع طواف الأرض حول الشمس، يجب أن يكون التذبذب الحادث في اختلاف منظر النجم القريب ظاهراً بوضوح بالنسبة إلى «شريكه» النجم غير المتحرك. ومن جهة المبدأ، فإن إجراء كاليليو قابل للتطبيق على النجوم التي تفصلها مسافات كبيرة؛ لكن تحريك المقراب من النجم «المستهدف» في بقعة من السماء، إلى نجم مَعْلَم في بقعة أخرى من السماء، يقلل من دقة القياس. وكي ينجح أسلوب كالِيليو، يجب أن يكون النجم المستهدف والنجم المَعْلَمُ قريبين أحدهما من الآخر في العينية.

ثمة كثير من الحوادث التي يقع فيها نجمان جنباً إلى جنب في السماء. ويسمي الفلكيون هذه الأزواج نجوماً مضاعفة (أو ثنائية) double stars. وكمثال شهير عليها نورد الزوج الذي يطلق عليه اسم الإزار، الواقع في «مقبض» كوكبة الدب الأكبر. (الإزار هو نفسه نظام نجمي مضاعف لأنه يحوي أربعة نجوم معاً). وفي مقراب من النمط الذي كان يستعمله كاليليو، يبدو الإزار نقطتين مومضتين مجتمعتين معاً في حقل الرؤية. وفي بعض النجوم المضاعفة يكون كل من النجمين قريباً جداً من الآخر في الفضاء، وما يشد أحدهما إلى الآخر بقوة هو جذب الثقالة المتبادل بينهما. بل ثمة حالات تكون فيها الفجوة بين مثل هذين النجمين المرتبطين فيزيائياً صغيرة إلى درجة يتداخل فيها غلافهما الغازيان. وبالمقابل، فكثير من النجوم الثنائية زائفة: فقربهما في السماء لا يعني أنهما يكوّنان نجماً ثنائياً في الفضاء. فقرب أحدهما من الآخر، كما يراه راصد أرضي حدث مصادفة. وفي هذه النجوم الثنائية الزائفة، يمكن أن يكون أحد النجمين قريباً نسبياً من الأرض، في حين يحتمل أن يكون شريكه واقعاً على مسافة كبيرة جداً منه. وكان هذا هو بالضبط نظام النجوم الثنائية الذي ادّعى كاليليو أنه صالح لتطبيق طريقته في كشف اختلاف المنظر. لكن كيف يمكنه معرفة أي من النجوم المضاعفة الكثيرة هي أزواج كل منها مؤلف من نجم قريب وآخر بعيد؟

شدّت كاليليو زمرة جزئية خاصة من النجوم الثنائية: وهي تلك التي يكون في كل زوج منها نجم باهت جداً وآخر شديد السطوع. وقد فكر في أنه إذا كان السطوع مقياساً لبعد نجم عنا، فإن النجم الباهت في نجم مضاعف يجب أن يكون بعيداً جداً، في حين يجب أن يكون النجم الساطع قريباً نسبياً. اقترح كاليليو على الفلكيين تحديد موقع مثل هذه الأزواج الباهتة ـ الساطعة، ومراقبة الفجوة بين النجمين طوال عدة أشهر. عندئذٍ لا بد أن يفضح اختلاف منظر النجمِ الساطِع القريبِ نفسَه من خلال التمدد والتقلص الدوريين لهذه الفجوة.

لم يحاول كاليليو البتة كشف اختلاف منظر نجمي؛ فقد كان يعرف قطعاً صعوبات الاضطلاع بهذه المهمة، هذا إضافة إلى العاصفة التي لا يمكن تفاديها من الانتقادات التي ستكيلها الكنيسة إذا نجح في مسعاه. ترتب على هذا أن قام آخرون بتحويل " مقرابه المتقن الحساس " من منظار عظيم إلى أداة ميكانيكية للقياسات السماوية. كان كاليليو مقتنعاً بأن اختلاف المنظر النجمي المراوغ حقيقي، لكن صغره الشديد لا يسمح بكشفه الذي لا يمكن أن يحدث إلا باستعمال مقراب قوي جداً ومصنوع بعناية فائقة. كاليليو هو مؤسس علم الفلك المقرابي telescopic astronomy؛ وقد أدرك أن هذا الميدان ما يزال في مهده، وأن عليه أن يتطور ويبلغ سن الرشد قبل أن تتاح لأكثر الأرصاد تعقيداً الفرصة للنجاح في مهماتها.

لم يمض وقت طويل حتى توصل الفلكيون إلى ما كان يطمح إليه كاليليو. وقد ضمّوا جهودهم لقياس اختلاف المنظر النجمي ونيل شرف إثبات صحة النظام الكوبرنيكي عن طريق الرصد المباشر. بدا لهذا الجيل الجديد من الراصدين الذين كانوا يستعملون المقراب، مثلما بدا لأسلافهم من الفلكيين الذين كانوا يستعينون بالعين المجردة، أن خط النهاية في السباق لكشف اختلاف المنظر النجمي موجود وراء المنعطف القادم. بيد أنهم عندما بلغوا ذلك المنعطف لم يَرَوا خط النهاية أبداً. لذا فقد تحول سباق المسافات القصيرة إلى سباق الماراثون.



مقراب روبرت هوك السمتي. وردت صورة هذا المقراب في مقالة كتبها هوك سنة 1674 عن اختلاف المنظر النجمي.

المصدر: أوين جنكريتش.