9

قبو فحم حجري تشاهَد منه السماوات

الاضطراب، والقلق، وعدم الرضا، والعذاب، عناصر تغذي العلم.
وبدون قلق حقيقي، لا وجود لبحث حقيقي.

ـ جاك مونو، حامل جائزة نوبل في الطب، 1965

التخيل هو فن رؤية الأشياء غير المرئية.

ـ جوناثان سويفت، Thoughts on Various Subjects, 1711

★ ★ ★

عندما كان المذياع يبث هذا الصباح مقطوعة موسيقا المياه، التي ألفها الموسيقار الشهير هاندل، قفزت إلى ذهني مباشرة صورة الكاهن جيمس برادلي James Bradley التي أصبحت مألوفة في هذه الأيام. ولسبب ما، فإن مشهد هذا الرجل ذي اللغد الكبير والشعر المستعار، الذي له نظرة تشبه نظرة الموناليزا (الجوكندا)، يثير في خاطري أصوات أبواق الصيد. ربما كان ذلك يعود إلى أنه في أواخر العشرينيات من القرن الثامن عشر، عندما أجرى برادلي أرصاده الاستثنائية، كانت تصدح في أوروبا موسيقا تتميز بقوة وتقنية لم يُسْمَعْ مثيل لها من قبل: فكان جورج فردريك هاندل يؤلف أوبراته في

لندن، ويوهان سباستيان باخ يكتب مقطوعته الموسيقية شغف القديس ماثيو St. Matthew Passion، وأنطونيو فيفالدي يتربع على عرش مجده الموسيقي، وبارتولوميو كريستوفوري يكمل عمله الميكانيكي المتعلق بتطوير لوحة مفاتيح آلة البيانو. كان ذلك الوقت عصراً جديداً لعلم الفلك أيضاً. فالمقاريب التي كانت جديدة، وإن كانت بدائية تقنياً، والتي كان يستعملها روبرت هوك ومعاصروه، فسحت المجال لآلات أكثر تطوراً، وهي آلات حقيقية مخصصة للقياسات السماوية، ركبت بإتقان، وجرت موازنتها بدقة. وفي العشرينيات من القرن الثامن عشر، لم يكن ثمة أجدر من الكاهن جيمس برادلي بالاستفادة من مثل هذه الآلات.

في المساعي التي بذلها جيمس برادلي لرصد اختلاف المنظر النجمي، كان يقتفي آثار خُطا روبرت هوك. لكن الرجلين كانا من طبقتين مختلفتين تماماً. ففي حين كان هوك مستعراً nova متفجراً، كان برادلي الشمس الثابتة الراسخة. لقد تصدى روبرت هوك لميادين العلم كافة، أما برادلي فقد وهب نفسه لعلم الفلك دون غيره. ثم إن هوك كان ينتقل بسرعة من موضوع إلى آخر، وفقاً لما تمليه عليه أهواؤه المتقلبة، أما برادلي، فكان يقوم ببحوث موسعة تستمر عدة سنوات، برباطة جأشٍ وصبرٍ جميل. وفيما يتعلق بالبحوث، كان برادلي يتميز بتشبث وعناد غير عاديين جعلا المؤرخ أكنس كلارك Agnes Clerke يعلق عليهما بقوله: «كان أقل انسجام بين ما توصل إليه وما توقعه يثير قلقاً شديداً عنده، ولم يكن يهجر التزامه موضوعاً ما إلاّ إذا حصل على نتيجة تقنعه».

ويتجاوز التباين بين روبرت هوك وجيمس برادلي طبيعتيهما المهنيتين. ففي حين كانت الحياة الشخصية لهوك مضطربة وحافلة بالهم والغم، كانت حياة برادلي تتميز بهدوء فريد من نوعه. وقد كتب فلكي القرن التاسع عشر هربرت هول تيرنر Herbert Hall Turner يقول: «أظن أننا سنميل إلى الإقرار بأنه لو وُجدت في الدنيا حياة سعيدة، لكنها تتسم بكدح لا ينقطع، لكانت هذه حياة جيمس برادلي». وقد مر هوك بعلاقات غرامية عديدة قصيرة

الأجل، أما برادلي، فيبدو أن ارتباطاته العاطفية لم تبدأ إلا بعد بلوغه الواحدة والخمسين عندما تزوج. وفي حين كان هوك يناصب زملاءه العداء آماداً طويلة، فإنه يبدو أنه لم يَسُدْ جوٌّ من العداوة بين برادلي وأقرانه، لكونه «يتمتع بأخلاق كريمة نبيلة». وفي الحقيقة، فإن إيرل أف ماكلسفيلد Earl of Macclesfield، عندما رشح برادلي لشغل منصب الفلكي الملكي Astronomer Royal سنة 1742، كتب يقول: «شخصية برادلي متميزة من جميع النواحي، ثم إنها لا تشوبها شائبة. وأنا أتحدى ألدّ أعدائه (إن وجدوا) أن يقدّموا أي اعتراض، مهما كان، على ما أقول». وفي مقابل احتقار إسحاق نيوتن المعروف لروبرت هوك، كان نيوتن يرى أن جيمس برادلي «هو أفضل فلكي في أوروبا».

يمكنني بسهولة تصور روبرت هوك شخصاً أحدب، يتمتع بطاقة عالية، يجول مسرعاً في شوارع لندن، كما لو أنه كان دوماً متأخراً عن موعده خمس دقائق. وبالمقابل، تمثل تقاريرُ معاصره برادلي شخصاً هادئاً رابط الجأش، يسير بخطى مدروسة، ويتسم بتواضع جم لأنه، بكل المقاييس، شخص متواضع. وإنني بوصفي مربياً أشعر بقرابة معينة تربطني ببرادلي المعلّم. ومع أن برادلي لم يُمدَحْ بوصفه محاضراً ملهماً، فقد قيل إنه كان يتفاعل جيداً مع طلابه، ويقوم بشرح المفاهيم المبهمة بصبر وتؤدة. وفيما يتعلق بالدور التربوي الآخر المشترك بيننا ـ وهو التفاعل مع الجماهير ـ فإنني أشعر هنا أيضاً بوجود صلة بيني وبين سلفي الذي عاش في القرن الثامن عشر. ونتيجة لخبرتي التي امتدت سنوات، يمكنني بثقة أن أتوقع مجرى الحديث الذي سيدور بيني وبين شخصٍ بعد أن قدمني أحد الموجودين إليه في مناسبة اجتماعية. فبعد الانتهاء من الحديث الأوّلي مع هذا الشخص، يجري دوماً طرح السؤال التالي الذي يتعلق بمهنتي: ما الذي تفعله لكسب عيشك؟ إنك فلكي، ولم يسبق لي قط مقابلة فلكي من قبل. ثم تُطرح الأسئلة عن الثقوب السوداء أو الصحون الطائرة، أو عن سبب كبر قرص القمر عند وجوده فوق الأفق مباشرة. إنني أتوقع أن يكون الحديث مختلفاً قليلاً في أيام برادلي، عندما كان الناس يتساءلون عن ترتيب الكواكب، وعن

تركيب النجوم، وعن سبب كبر قرص القمر عند وجوده فوق الأفق مباشرة. كان برادلي المتحفظ القليل الكلام «ينفر من الأحاديث المختلطة التي كان يتطرق إليها الناس آنذاك، لكنه إذا اضطر إلى ذلك، فكان «يكيف نفسه بكياسة وتهذيب لفهم أولئك الذين يحدثونه».

أخذ برادلي علم الفلك عن خاله الكاهن جيمس باوند James Pound، وهو قسيس في وانستيد Wanstead قرب لندن، حيث كان برادلي يقيم مراراً. وُلِدَ باوند سنة 1669، في نفس السنة التي وجه فيها روبرت هوك محرّكه الأرخميدي نحو السماء؛ وقد سبق باوند ابنَ أخته جيمس في الدراسة بأكسفورد. وطوال ثلاث عشرة سنة، درس باوند مواضيع مختلفة، من ضمنها الطب، وذلك قبل أن يغامر سنة 1700 بالعمل قسيساً ملحقاً بمستوطنةٍ في جزيرة بولو كندور القريبة من شواطئ فيتنام. وقد عاد إلى إنكلترا سنة 1706 مع عدد قليل من الذين نجوا من عصيانٍ مسلح قام به سكان الجزيرة. أما كيف ومتى عمل جيمس باوند في فن الرصد الفلكي، فأمر ما يزال مجهولاً. أحب برادلي الصغيرُ خاله جيمس حباً جما؛ وقد دعم الخال برادلي مادياً، ورعاه حينما أصيب بالجدري سنة 1717، ثم إنه غرس فيه حب علم الفلك.

وبحلول الوقت الذي بلغ فيه برادلي العشرينات من عمره، بدأ مع عمه يجريان أرصاداً مشتركة. وقد حظيت مهارتهما باحترام وتقدير كل من إسحاق نيوتن وإدموند هالي، اللذين عهدا إليهما في مناسبات عدة بتنفيذ مهمات رصدية. وقد عيّن برادلي وباوند، بدقة لم يسبق لها مثيل، مواقع النجوم والسدم، ورصدا حوادث كسوف أقمار المشتري، وقاسا قطر كوكب الزهرة (بواسطة مقرابٍ طوله 212 قدماً) واختلافَ منظر المريخ. وَحَسَبَ برادلي نفسُه فَلَكَيْ مذنبينِ نتيجةَ رصدِ موقعيهما عدة مرات في السماء.

سنة 1721، أخبر جيمس برادلي أبرشيته في بردستو Bridstow أنه سيغادرها. وبتوصيةٍ من إسحاق نيوتن، عُيِّنَ أستاذاً لعلم الفلك في أكسفورد. كانت الهيئة التدريسية في أكسفورد تحوي دوماً بين أعضائها

فلكيين، بيد أن مقتنياتها من تجهيزات الرصد كانت قليلة. وبسبب راتبه السنوي المتدني، وهو 140 جنيها، لم يتمكن برادلي من السكن في حرم الجامعة، لذا أقام مع خاله في وانستيد، ولم يكن يزور الجامعة في أكسفورد إلا لإلقاء المحاضرات المطلوبة منه.

سنة 1724، جرى حادثان غيّرا مجرى الحياة المهنية لبرادلي: أولهما موت خاله الذي كان يُكِّنُ له حبا جما؛ وثانيهما انضمام رفيقٍ جديد إليه للعمل في الرصد اسمه صاموئيل مولينو Samuel Molyneux، وهو فلكيٌّ هاوٍ ثريٌّ، وعضو في البرلمان من كيو Kew خارج لندن. وبعد أن قرأ مولينو محاولة هوك الفاشلة لكشف اختلاف منظر نجمي، قرر إعادة التجربة في مرصده الخاص به، ولكنْ باستعمال تجهيزات فضلى. وكل ما كان يحتاجه هو توجيه خبير. وهكذا بدأت أرصاد جيمس برادلي لنجم إنكلترا «الموجود فوق الرأس» كاما دراكونيس، وهذا أدى إلى أهم الاكتشافات غير المتوقعة في تاريخ علم الفلك.

سنة 1745 عهد مولينو إلى الحرفي الماهر جورج كراهام George Graham بصنع مقراب سمتيّ شبيه، من جهة المبدأ، بمحرك هوك الأرخميدي. كان كراهام أفضل صانع للمقاريب والساعات الدقيقة، حتى أن تقريراً صدر حديثاً يقول إنه كان «أفضل ميكانيكي في عصره». كان للمقراب السمتي الذي صنعه كراهام أنبوب مصنوع من صفيحة من القصدير طوله 24 قدماً، وكان عرض فتحته أقل قليلاً من أربعة إنشات. وقد ربط مولينو هذه الآلة رأسياً بمجرى مدفئة في شقته القريبة من كيو كرين Kew Green. ولإيواء المقراب، أُحْدِثَتْ فتحات في السقف وبين الطوابق (الأدوار). وقد ثُبِّتت النهاية العليا للأنبوب بمفصّلة حديدية بحيث يكون بالإمكان تدوير نهايته السفلى التي تحوي العينية إلى الشمال أو الجنوب بواسطة تدوير برغي طوله مكرومتر. وكان يُقْرَأ الميلان الحاصل للمقراب على قوس مدرجة، نقطة الصفر عليها تشير إلى وضعه الرأسي. وحُدِّدَتْ هذه النقطة بخيط عمودي يتدلى من قمة المقراب. وعندما يكون الأنبوب موازياً للخط العمودي، يكون المقراب موجهاً مباشرة إلى السمت.

وفي كل مرة كان يمر فيها كاما دراكونيس فوق الرأس تقريباً، كان يعدَّل ميل المقراب بحيث يظل النجم في مركز حقل الرؤية خلال حركته الطبيعية من الشرق إلى الغرب. وفي اللحظة التي يبلغ فيها النجم ارتفاعه الأعظم خلال الليل، كان يُسَجِّلُ قراءة الميل. حتى أن كراهام أدخل شعرتَي تعامد رفيعتين في عينية المقراب للمساعدة على تحديد موقع النجم بدقة. صُمِّمَ كل عنصر في المقراب بطريقة مثالية لغرض وحيد هو قياس اختلاف منظر كاما دراكونيس. (خطرت فكرة شعرتي التعامد للفلكي الإنكليزي وليام كاسكوين William Gascoigne سنة 1640 تقريباً، بعد أن نسج عنكبوتٌ بيته في أنبوبِ مقرابه. ومن المحزن أن كاسكوين قُتل سنة 1644 خلال الحرب الأهلية التي اجتاحت إنكلترا، وكان عمره آنذاك 24 سنة).

كان يعرف برادلي ما هو متوقع حتى قبل شن هجومه مع مولينو على كاما دراكونيس. وبعد معرفة موقع كاما في السماء، استنتج برادلي كيف أن حركة الأرض في مدارها حول الشمس تؤثر في موقع النجم في العينية خلال العام. وعموماً، يجب أن يبدو النجم متذبذباً سنوياً على طول خط الشمال ـ الجنوب: فيكون في أقصى الجنوب في شهر ديسمبر/كانون الأول، وفي أقصى الشمال في شهر يونيو/حزيران؛ وفي شهري مارس/آذار وسبتمبر / أيلول، يجب أن يكون النجم واقعاً في نقطة منتصف خط التذبذب السنوي. كان من المتوقع ألاّ يكون معدل التغير rate of change في موقع النجم من ليلة إلى أخرى ثابتاً: أي أن يحدث تغير بطيء قرب طرفي التذبذب، وتغير سريع نسبياً قرب نقطة المنتصف. أما المعرفة الدقيقة للمسافة التي يقطعها كاما دراكونيس في تذبذبه شمالاً أو جنوباً، فلم يكن يعرفها لا برادلي ولا مولينو.

اكتمل تركيب مقراب كيو Kew السمتي في 26 نوفمبر/تشرين الثاني سنة 1725. وفي ديسمبر / كانون الأول استلقى مولينو على أريكة تحت العينية، وأجرى أول رصد لكاما دراكونيس لدى مروره في أعلى السماء، وذلك بعد مرور القمر بوقت قصير. (لم يصل برادلي إلى كيو إلا بعد ذلك بأسبوعين).

وقد أتبع مولينو هذا الرصد بثلاثة أرصاد أخرى في 5 و11 و12 ديسمبر/ كانون الأول. وكما هو الحال في آلة روبرت هوك، وُجد أن مقراب كيو حساس جداً للتأثيرات البيئية. فحرارة أجسام ثلاثة أشخاص مجتمعين قريباً من المقراب أحدثت اضطراباً في الهواء جعل خط الشاقول يتذبذب. وكان من الضروري القيام بانتظام بإبعاد شعرتي التعامد عن خط الشاقول، خشية أن تنزاح علامة الصفر التي كانت تُحْسَب منها كل القياسات. ومع ذلك، أدى مقراب كيو عملاً رائعاً عندما أعلن برادلي أنه استطاع قياس موقع نجم بتقريب ثانية قوسية واحدة. ومثل هذه الدقة لم يسبق لها مثيل. وفي الحقيقة، تجاوز هذان الفلكيان الإنكليزيان قدرات الربعيات (ذوات الربع) quadrants المشهورة التي استعملها تيخو في أورانيبورك بعامل قدره 60. وبغية المقارنة نقول إن تيخو كان يحاول قراءة كتاب خلال زجاج يشوه النظر؛ لقد كان بمقدوره تمييز النور عن الظلام، لكن الكلمات المكتوبة على الصفحة كانت ضبابية إلى درجة لا يمكنه قراءتها. وبالمقابل، فإن برادلي ومولينو كانا قادرين على تمييز النقاط على الحروف.

حينما وصل برادلي إلى كيو في 17 ديسمبر / كانون الأول، ذكر مولينو أن كاما دراكونيس بقي قابعاً في مكانه دون تغيير خلال أربع عمليات رصد أجراها. ويبدو أن هذا دعم توقع برادلي بأن النجم في ديسمبر / كانون الأول لا بد أن يكون متهادياً حول أقصى نقطة جنوبية في تذبذبه السنوي؛ ولم يكن يتوقع حدوث حركة من الشمال إلى الجنوب خلال الأسابيع القليلة التالية. لذا لم يكن ثمة حاجة إلى رصد كاما دراكونيس في ليلة وصول برادلي. لكنْ لو كان جيمس برادلي مثل أي فلكي آخر عرفته من العاملين بالرصد، فربما لن ينتظر كثيراً قبل أن يضع يديه على الآلة الجديدة. وقد ذكر في وقت لاحق ما يلي: «يبدو أن الفضول هو العامل الرئيسي الذي أغراني... للاستعداد لرصد النجم في 17 ديسمبر / كانون الأول».

كم كانت دهشة كل من برادلي ومولينو عارمة عندما انزاح كاما

دراكونيس بقدر محسوس منذ رصده في 12 ديسمبر / كانون الأول. ليس هذا فحسب، بل إن النجم تحرك بالطريق «الخطأ»: فقد ابتعد الآن مسافة أبعد جنوباً عن النقطة التي كان يفترض سابقاً أن تكون أقصى نقطة جنوبية يمكنه بلوغها. ثم تابع النجم تحركه أكثر فأكثر نحو الجنوب مع مرور الليالي، والأسابيع، وأخيراً الشهور. وهنا حدث انزياح لا مجال للخطأ فيه في موقع كاما دراكونيس، لكن هذا الانزياح كان مخالفاً للنموذج المفترض لأثر اختلاف منظرٍ نجمي. ولم يتوقف زحف النجم جنوباً إلاّ في مارس / آذار سنة 1726، حينما كان النجم موجوداً جنوب موقعه في ديسمبر / كانون الأول مبتعداً عن هذا الموقع بعشرين ثانية قوسية كاملة. ونعني بهذا أنّ المقراب مال الآن عن توجيهه الابتدائي في ديسمبر / كانون الأول، بزاوية قدرها عشرون ثانية قوسيّة، وهذا أقل ممن 6/1,000 من الدرجة؛ أصبحت العينية الآن موجودة على بعد قدره 3/100 من الإنش عن الموقع التي كانت فيه في البداية. ومع مرور أيام شهر مارس / آذار غير النجم اتجاه حركته التي تحولت نحو الشمال. وفي يونيو/ حزيران، اجتاز موقعه السابق الذي كان يشغله في أوائل ديسمبر / كانون الأول، ثم واصل انزلاقه باتجاه الشمال إلى أن بلغ أعظم انحراف له، وقدره عشرون ثانية قوسية في شهر سبتمبر / أيلول. ثم غير اتجاهه مرة أخرى، متجهاً جنوباً الآن. وأخيراً، في ديسمبر / كانون الأول، استعاد موقعه الذي كان يشغله قبل سنة.

واصل برادلي ومولينو أرصادهما لكاما دراكونيس خلال قسم كبير من سنة 1727، وجمعا ما مقداره ثمانون قياساً لموقع النجم حصلا عليها خلال سنتين. (وبالمقابل، أجرى روبرت هوك أربعة أرصاد خلال أربعة شهور). وقد تبين أن كاما دراكونيس كان يتذبذب بزاوية «هائلة» قدرها أربعون ثانيةً قوسيّة في السنة. وإذا أدخلنا في اعتبارنا دورة الأيام التي عددها 365، فإننا نستنتج أن هذا التذبذب مرتبط دون ريب بالحركة المدارية للأرض حول الشمس. لكن توقيت التذبذب كان مخالفاً لما كان متوقعاً للانزياح نتيجة اختلاف المنظر: فقد حدث أكبر انحراف في جهة الجنوب للنجم في مارس / آذار، وليس في ديسمبر / كانون الأول؛ ثم إن أكبر انحراف في جهة

الشمال حدث في سبتمبر / أيلول، وليس في يونيو / حزيران. لقد كان دراكونيس «متأخراً» دوماً ثلاثة أشهر. وهذا يعني أن ثمة شيئاً موروباً إما في المقراب أو الكون. وقد قرر مولينو فحص المقراب أولاً.

قام الفلكيان بفحص كل جزء عامل في آلتهما، وأقنعا نفسيهما بأن المقراب يعمل عملاً سليماً. لاحظ مولينو أنه حتى بعد «ليلة ممطرة عاصفة»، ثم بعد «صاعقة قوية غير عادية، لم يحدث لها مثيل منذ عدة سنوات»، كان تراصف alignment المقراب يظل على حاله دون تغيير. وقد فكر برادلي ومولينو فيما إذا كانت الأرض نفسها تتذبذب مرة كل سنة، ويبقى كاما دراكونيس ثابتاً في موقعه في الفضاء، في حين يتذبذب الخط الشاقولي الذي يفترض استقراره، والذي يُستعمل للقياس. ومثل مسافريْن يريان منارة بعيدة من ظهر قارب يبحر ببطء، ربّما ظن الفلكيان أن المنارة النجمية البعيدة كانت تتهادى، في حين أن ما كان يتهادى في الحقيقة هو القارب الذي كانا فيه. بيد أن قيامهما بأرصاد لاحقة لنجم ثانٍ أقلّ سطوعاً جعلهما يستبعدان وجود أي تمايل سنوي لكوكبنا. وقد فكر برادلي ومولينو أيضاً فيما إذا كان التذبذب الذي أسيء توقيته هو نتيجة انكسار جوي غريب، لكنهما، هنا أيضاً، كانا يفتقران إلى الدليل.

وإلى أن فُسّر التذبذب المحير، جرى التشكك في كل قياس موقع نجمي، وفي كل اختلاف منظر نجمي مزعوم. وعندما استُدعي مولينو فجأة إلى أداء خدمته في البحرية البريطانية، تعيّن على برادلي ملاحقة كاما دراكونيس وحيداً. كانت خطوته الأولى البحث فيما إذا كان للتذبذب الغريب أثر في نجوم أخرى خارج حدود الرؤية التي يفرضها مقراب كيو. ومن مدخراته الخاصة القليلة، عهد برادلي إلى جورج كراهام بصنع مقراب ثان، طوله نصف طول مقراب مولينو ـ الذي كان 24 قدماً ـ ويتميز بساحة رؤية أوسع. وفي أغسطس / آب سنة 1727 عاد برادلي إلى بيت خاله الراحل، جيمس باوند، في وانستيد. وبعد أخذ الإذن من خالته، قصّ فتحتين في السقف والأرض، وركّب المقراب الجديد شاقولياً على المدفأة. كان البيت

مؤلفاً من طابق واحد فقط، وكان السقف الذي تبرز منه المدخنة مائلاً. ونتيجة لذلك، فإن أنبوب المقراب، الذي طوله اثنا عشر قدماً، جعل العينية والأريكة موجودتين تحت الطابق الأول. وهكذا تعين على جيمس برادلي النظر إلى السماوات من قبو للفحم الحجري.

كان بإمكان المقراب الجديد أن يدور على قوس قياسها اثنتا عشرة درجة، وهذا يَكْبُرُ مدى آلة مولينو بمئة مرة. لذا صار بالإمكان النفاذ إلى نحو 200 نجم ساطع نسبياً، بدلاً من العدد القليل السابق منها.

كان مقراب وانستيد أدق حتى من آلة كيو: فكل دورة كاملة لبرغيّه المكرومتري كانت تزيح نهاية الأنبوب التي تحوي العينية بمقدار 2/100 من الإنش فقط؛ وإن نسبة 1/80 من هذه الدورة كانت تحرف المقراب بزاوية قدرها نصف ثانية قوسيّة. وبرغم التصميم الرائع للمقراب، فقد كان من نتيجة تجارب برادلي عليه أنْ «دمره تقريباً قبل أن يبدأ بالاعتماد عليه». بعد ذلك أعلن أن المقراب هو تطور جديد في عملية الرصد الفلكي. فخلال سنة، كان جمع قدراً كافياً من البيانات استخلص منها أن التذبذب القريب لم يكن مقتصراً على كاما دراكونيس؛ بل كان يحدث في كل نجم رصده. لكنه لم يتمكن من تفسير السبب في ذلك.

قرر صامويل مولينو أن يعمل بالترادف مع برادلي، مواصلاً مراقبة كاما دراكونيس من كيو خلال دراسة برادلي نجوماً أخرى من وانستيد. لكن مولينو مات فجأة في أبريل / نيسان سنة 1728 وهو في التاسعة والثلاثين من عمره. وإثر ذلك، بيع بيته، ثم هدم. أما مقراب كيو فقد ضاع. ولو قُيّضَ لمولينو أن يعيش بضعة أشهر أخرى فقط، لشهد قطعاً برادلي يعرّج على بيته ليخبره بنبأ مثير، يفسر له معنى الحركات النجمية الشاذة التي اكتشفها.

إن أمراء سرنديب Serendip الثلاثة، الذين وردت أسماؤهم في قصّة خرافية فارسية قديمة، «كانوا يقومون دوماً باكتشافات لم يسْعوا إليها، إذ إنها كانت تحدث مصادفةً نتيجة للحكمة التي كانوا يتحلون بها». هذا ما كتبه

الكاتب الإنكليزي هوريس والبول Horace Walpole إلى صديقه الدبلوماسي سير هوريس مان Sir Horace Mann سنة 1754. وقد أطلق والبول على هذا الالتقاء القوي بين المصادفة والعقل المنفتح السريع التلقي السرنديبية serendipity. وقد ارتبطت السرنديبية طويلاً بالتقدم العلمي، بدءاً من الالتماعة القديمة لذهن أرخميدس ـ وجدتها ! Eureka! ـ إلى تفاحة نيوتن الساقطة من الشجرة، إلى المكتشفات الحديثة في العصر الحديث لفلكرو Velcro وفرن الموجات المكروية microwave oven. وقد أسهمت السرنديبية أيضاً في حادثة طريفة أخرى.

لقد كان جيمس برادلي مهيأً تماماً للسرنديبية التي حالفته عندما كان يفكر ملياً في نجمه المتذبذب طوال قرابة ثلاث سنوات دون أن يتوصّل إلى تفسير لهذه الظاهرة. وفي بداية خريف سنة 1728 قفز الجواب إلى ذهنه على نحوٍ غير متوقّع. كان هذا الفلكي المحبَط يقوم برحلة استجمام في نهر التيمز، كان النسيم خلالها لطيفاً عليلاً. وهذا جوٌّ لا يحتمل أن تخطر فيه لإنسان قاعدة لحلّ لغز كوني. لكن هذا ما يجعل السرنديبية آسرة ومذهلة جداً ـ إنه استحالتها الفعلية. ويروي توماس طومسن Thomas Thompson حكاية برادلي مع السرنديبية في كتابه تاريخ الجمعية الملكية History of the Royal Society الذي ألفه سنة 1812 كما يلي:

> وأخيراً، عندما يئس برادلي من كشف سبب الظاهرة التي رصدها، خطر له تفسير مقنع بسرعة في وقت لم يكن يبحث فيه عنه. كان يشارك في حفلة للهو على متن قارب في نهر التيمز، وكان القارب مزوّداً بصارٍ رُكِّبَ في أعلاه دوّارة لتدل على اتجاه الريح. هبت ريح معتدلة الشدة، جعلت القارب يعلو ويهبط في النهر مدة طويلة. لاحظ الدكتور برادلي أنه في كل مرة يدور فيها القارب، كانت الدوّارة المركبة في أعلى الصاري تنزاح قليلاً، كما لو كان هناك تغير طفيف في اتجاه الريح. لاحظ هذه الظاهرة ثلاث أو أربع مرات دون أن يتكلم؛ وأخيراً ذكر ما كان يراه للبحارة، وعبّر عن دهشته من أن الريح كانت تغير اتجاهها بانتظام في كل مرة يدور فيها القارب. لكن البحارة أخبروه أن الريح لم تغير اتجاهها، لكن التغير الظاهري الذي رآه ناشئ عن التغير في اتجاه القارب، وأكدوا أن هذا يحصل دوماً في كل الحالات. لقد قادته هذه

الملاحظة التي حصلت مصادفة إلى الاستنتاج أن سبب هذه الظاهرة التي حيّرته كثيراً هو الحركة المركبة للضوء والأرض.

أدرك برادلي أنه لم يتمكن في أرصاده من أن يقدر بدقة أثر دوران الأرض في المواقع المرصودة للنجوم. لقد كان يفتش فقط عن الأثر المؤكد للموقع المتغير للأرض في رصد السماء، وهو اختلاف المنظر النجمي. لكنه بهذا كان يهمل، دون أن يعلم، ظاهرة أهم بكثير: وهي أثر سرعة velocity الأرض المدارية في أرصاده. فكون الأرض تجد نفسها، بمرور الزمن، في مناطق مختلفة، يغير المواقع المرصودة للنجوم؛ وكون الأرض متحركة على الدوام، يغير مواقع النجوم أيضاً.

نشأت فكرة جيمس برادلي الجديدة عندما ربط العناصر الأساسية لأرصاده المقرابية بحادثة تبدو ظاهرياً أنْ لا علاقة لها بالموضوع، وهي إبحاره في نهر التيمز. لنتصور أنفسنا واقفين على ظهر المركب مع برادلي في يوم خريفي من سنة 1728 عندما داهمته السرنديبية. القارب الشراعي يمخر عباب التيمز متهادياً بين شاطئ وآخر، والرذاذ يرتفع فوق مقدمة القارب، والهواء العليل يداعب شعرنا. في لحظة ما، يتحول انتباه برادلي عن خط الشاطئ الجميل. القارب الذي نبحر فيه، والريح التي تملأ أشرعتنا، والدوّارة المركبة في أعلى الصاري تشترك فجأة في مسرحية فلكية، ممثلوها ثلاثي مكوّن من القارب والريح والدوّارة. القارب المتحرك يؤدي دور الأرض المتحركة؛ والريح تصبح أشعة الضوء التي تسلك أقرب طريق من النجم إلى كوكبنا؛ ودوّارة القارب، التي تشير باستمرار إلى اتجاه الريح، تمثل الآن مقراب برادلي الذي يشير إلى موقع النجم.

افترض برادلي أن دوّارة القارب تسلك سلوك ديك الرياح الذي يوضع فوق سقف المنازل لإظهار اتجاه الرياح، والذي يتجه مباشرة باتجاهها. ذكر البحارة لبرادلي أن هذا صحيح إذا كان القارب غير متحرك. لكن ما أن يتحرك القارب، فإن سرعته الخاصة تتدخل أيضاً في توجيه الدوّارة. وفي

الحقيقة فإن حركة القارب نحو الأمام تشبه ريحاً تهب من مقدمة القارب إلى مؤخرته. ولو كان القارب يندفع عبر الأمواج بسرعة عشرة أميال في الساعة، وكانت الريح هادئة، فإننا سنشعر بنسيم سرعته عشرة أميال في الساعة يهب علينا. والنتيجة هي أن اتجاه الدوّارة يُحَدّدُ بتركيب أَثَرَيْ سرعة الريح الحقيقية وسرعة القارب. ولهذا السبب نرى أن اتجاه الدوّارة يتغيّر في كل مرة يدور فيها القارب، حتى لو ظلت الريح ثابتة.

ويكمل الآن برادلي هذا التشبيه. فهو يحكم بأنه عندما يشاهد نجماً، يتعيّن اتجاه المقراب ـ «الدوّارة» ـ بتركيب أثر سرعة الضوء ـ «الريح» ـ والسرعة المدارية للأرض ـ «القارب». ولو كانت الأرض غير متحركة، كما افترضها بطليموس وتيخو، لأظهر مقرابه النجم في موقعه الحقيقي؛ وعندئذٍ يوجّه الأنبوب بموازاة أشعة الضوء الواردة من النجم، التي تسير دون عائق على طول الأنبوب. بيد أنه لما كانت الأرض متحركة، فإن المقراب يُحَرَّكُ على الدوام مع الأرض خلال مرور الضوء النجمي عبر الأنبوب. لذا فإن برادلي يخبرنا أنه لجعل نجم في مركز العينية، يجب إمالة مقرابه قليلاً في الاتجاه الذي تتحرك به الأرض؛ وإذا لم نفعل ذلك، فإن ضوء النجم سيصل إلى الجدار الداخلي للمقراب قبل وصوله إلى العينية. وكأن حزمة الضوء النجمي دخلت أنبوب المقراب بطريقة ملتوية. وهكذا يستنتج برادلي أنه يرى النجم لا في موقعه الحقيقي، وإنما منحرفاً بعشرين ثانية قوسية على الأكثر باتجاه حركة الأرض.

أطلق الفلكيون على هذه الظاهرة المكتشفة حديثاً اسم الزيغ aberration. ولهؤلاء، من أمثالي، الذين يجهلون أمور الملاحة، ثمة حادثة أكثر شيوعاً للزيغ نقابلها عندما نمشي في عاصفة ممطرة. فحتى لو كان المطر يسقط رأسياً، عليك إمالة مظلتك نحو الأمام لإبعاد المطر عن ساقيك. فخلال تساقط قطرات المطر، تقوم باعتراضها بقيامك بحركة نحو الأمام. وكأنك تقف ساكناً وقطرات المطر تتساقط مائلة. وأياً كان الاتجاه التي تتحرك به، يبدو المطر يتجه نحوك من ذلك الاتجاه.

وبهذا التشبيه، تمثل أنت الأرض المتحركة، ويصبح المطر ضوءاً نجمياً، ومظلتُك المائلةُ المقرابَ الذي جرت إمالته. الزاوية التي يجب أن تحرف بها مظلتك لحجب المطر عنك، تتوقف على سرعة مشيتك بالنسبة إلى سرعة سقوط قطرات المطر. وبقياس ميلان مظلتك وسرعتك، يمكنك حساب سرعة سقوط قطرات المطر. أجرى برادلي هذا الحساب باستعمال ميلان المقراب وسرعة الأرض في مدارها. استنتج أن الضوء يتحرك بسرعة كبيرة بحيث لا يستغرق وصوله من الشمس إلى الأرض إلا ثماني دقائق واثنتي عشرة ثانية، وهذا ينسجم كثيراً مع قياسات عصرنا الحديث. لذا فإن رؤيتنا في هذه الدقيقة للشمس تبيّن الشمس كما كانت قبل ثماني دقائق ونيف. وإذا اعتمدنا تقدير برادلي للقيمة الدنيا للمسافة التي تفصلنا عن كاما دراكونيس، فإن الضوء الصادر عنه يستغرق ست سنوات على الأقل ليبلغ كوكبنا.

أعلن برادلي عن اكتشافه للزيغ سنة 1729 في رسالة وجهها إلى إدموند هالي الفلكي الملكي. وقد طُبعت هذه الرسالة في المحاضر الفلسفية Philosophical Transactions للجمعية الملكية بعنوان «وصف لحركة مكتشفة حديثاً للنجوم الثابتة». وباكتشاف برادلي ومولينو للزيغ، فإنهما قدّما إثباتاً لدوران الأرض حول الشمس يحظى بنفس قوة إثبات اختلاف المنظر النجمي لإثبات هذا الدوران. لقد أثبت هذان الفلكيان صحة عالم كوبرنيك.

واصل برادلي أرصاده باستعمال آلة وانستيد، حتى بعد أن باعت خالته البيت سنة 1732. وقد سمحت له المالكة الجديدة، إليزابيث وليامز، بدخول البيت لاستعمال مقرابه الذي بات الآن مشهوراً. (هذه الآلة معروضة حالياً في مرصد كرينتش الملكي). وبعد انقضاء 18 سنة على إعلانه اكتشاف الزيغ، نشر برادلي الثمرة التالية لأرصاده من قبو الفحم الحجري، وهي أن محور الأرض يتهادى في حركة دورية تسمى الترنّح nutation. وقد تنبأ إسحاق نيوتن بأن الترنح ناشئ عن الشد التثاقلي الذي يحدثه القمر في الأرض المفلطحة الشكل. ينشأ عن هذه الحركة الترنحية أيضاً تغير في مواقع

النجوم (بنحو تسع ثوان قوسية)، هذا التغير الذي تشارك فيه أيضاً المبادرة precession، والزيغ، وانكسار الضوء النجمي بفعل الجو، إضافة إلى تذبذبات المقراب نفسه. وهكذا أصبح تعيين المواقع الحقيقية للنجوم مهمة يتزايد تعقيدها.

بعد أن ذاع صيت برادلي بسبب اكتشافه للزيغ، وجد أن محاضراته في أكسفورد ازدادت أهميةً فجأة، وهذا وضع يؤثر في زيادة راتبه. وبحلول سنة 1732، استطاع برادلي أخيراً أن يعيش قريباً من الجامعة. فانتقل إلى بيت جميل في زقاق اسمه New College Lane، عاش فيه مع خالته واثنين من أبنائها، لكنه كان يذهب كثيراً إلى بيته السابق في وانستيد ليواصل أرصاده بالمقراب السمتي. وفي سنة 1742، خَلَفَ برادلي إدموند هالي في منصب الفلكي الملكي، وأصبح مدير المرصد الملكي في كرينتش طوال العشرين سنة التالية. وبرغم المركز الرفيع الذي شغله، ظل محافظاً على تواضعه: فقد رفض عرض الملك ليصبح قسيس كرينتش، ورفض معه راتبه العالي؛ وقد علل ذلك بأن ضميره لن يكون مستريحاً إذا قبل وظيفة يجب عليه أن يخصص لها كامل وقته. وخلال عمله في كرينتش، قدم جيمس برادلي إسهاماً آخر في مجال البحث عن اختلاف المنظر النجمي: وهو تطوير علم الفلك العالي الدقة.

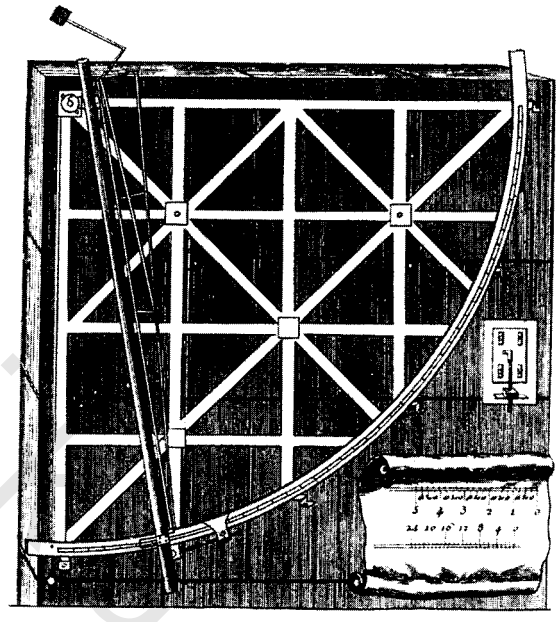
أسّسَ المرصَد الملكيَّ ملك إنكلترا تشارلز الثاني بغية تحسين مستوى الملاحة وواحد من أقرب المواضيع إليها، وهو علم فلك تحديد المواقع positional astronomy. ومنذ تأسيس المرصد الملكي، سنة 1675، حتى سنة 1742 ـ حين أصبح برادلي مديراً له ـ عانى المرصد ضآلة تمويله، وأيضاً قلة اهتمام إدموند هالي بما يحتاجه المرصد من الآلات الفلكية. وخلاصةً، وجد برادلي أن هذا المرفق يفتقر إلى كثير من التجهيزات، وأنه بحاجة إلى ترميم جذري. هذا وإن جون فلامستيد، الفلكي الملكي في إنكلترا (أو المراقب الفلكي Astronomical Observator، كما كان يُسمى في ذلك الوقت) وفر للمرصد آلاته الأولى التي كانت متوسطة الجودة، من تبرعات شخص محب

لعلم الفلك. ففي سنة 1688 ابتاع فلامستيد أجهزة أفضل من ثروته الخاصة، لكن هذه الأجهزة، ومعها معظم أوراقه، أخذتها أرملته بعد موته سنة 1719. (أعيدت الأوراق بعد عقود؛ أما الأجهزة فضاعت). لذا عندما باشر برادلي عمله في المرصد بوصفه ثالث فلكي ملكي، لم يجد فيه سوى آلتين لقياس المواقع النجمية، وقد اشتريت كلتاهما بمعرفة هالي.

كانت هاتان الآلتان التخصصيتان مصمّمتين لتسجيل موقع نجم ما في لحظة عبوره خط الزوال، الذي يعدّ أحد المراجع الرئيسية للسماء الليلية (خط الزوال قوس مرجعي يتّجه من الشمال إلى الجنوب عبر السمت ويقسم السماء إلى نصفين). وبسبب الدوران اليومي للأرض حول محورها، فإن النجوم الواقعة شرق خط الزوال ترتفع، في حين تهبط النجوم الواقعة غربه. لذا عندما يبلغ نجم خط الزوال، يكون موجوداً في أعلى ارتفاع له خلال الليل، أي أنه يكون واقعاً في منتصف المسافة بين الأفقين الشرقي والغربي.

كان أول جهاز تركه هالي لخلفه مخصصاً للقياسات المتعلقة بخط الزوال. طول هذا الجهاز ثمانية أقدام، وله ربعية quadrant جدارية ذات إطار حديدي، وهي جوهرياً نموذج مقرابي لربعية تيخو الجدارية العظيمة في أورانيبورك. الربعية الجدارية هي ربع دائرة معدنية مدرجة تركّب منبسطةً على جدارٍ يمتد من الشمال إلى الجنوب. ويثبَت مقراب المشاهدة بالربعية بواسطة محور، بحيث يكون أنبوب المقراب حراً في الدوران حول المحور على طول قوس يمتد من الأفق حتى السمت. المقراب موجه إلى النجوم التي تعبر خط الزوال، ويُقرأ البعد السمتي zenith distance لكل نجم ـ أي زاويته محسوبة بدءاً من السمت ـ على المقياس المدرج للربعية. صَمَّمَ هذه الآلة جورج كراهام، الذي صنع المقرابين السمتيين لكل من مولينو وبرادلي، وهذا وفر لكراهام مشروعاً تجارياً مربحاً، لأن ربعياته الجدارية انتشرت آنذاك في مراصد القارة الأوروبية.

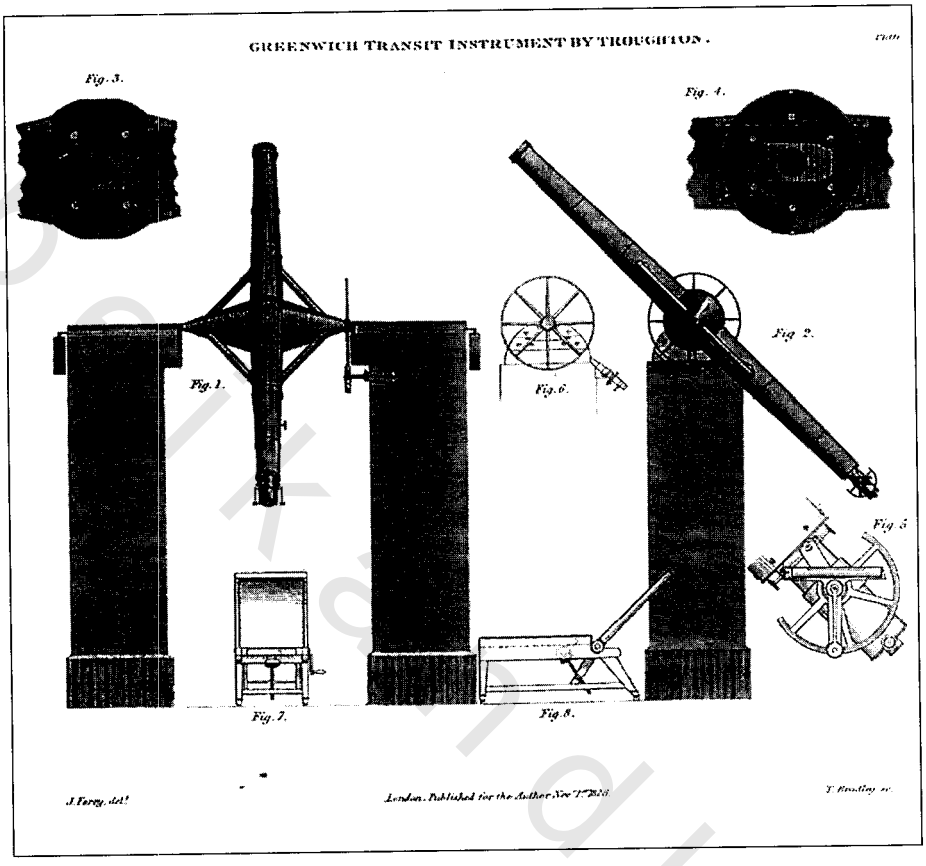
كان جهاز القياس الثاني الذي ورثه برادلي عن هالي مقراب عبور transit telescope طوله خمسة أقدام، قيل إنه كان موجوداً، في وقت من



ربعية هالي الجدارية، التي يبلغ قياسها ثمانية أقدام. من ريبسولد (1908).
المصدر: مكتبة وولباخ، جامعة هارڤرد.

الأوقات، عند روبرت هوك. مقراب العبور هذا، الذي ابتكره الفلكي الدانمركي أولي رومر Ole Romer سنة 1689، ركّب عرضانياً على جزع axle أفقي، قَصَرَ حركة المقراب على خط الزوال. وقد استُعملت ساعة رقّاصة لتعيين اللحظة الدقيقة التي يجتاز فيها نجم خط الزوال. كانت بيانات هذه الأوقات تحوّل إلى واحد من الإحداثيات التي يستعملها الفلكيون لتحديد مواقع النجوم.

كانت قياسات مقراب العبور والربعية الجدارية تعين بدقة الإحداثيات السماوية لنجم. وابتغاء بلوغ أعلى دقة ممكنة، كان برادلي يقيس مواقع النجوم عدة مرات، ثم يجري على القياسات التعديلات اللازمة آخذاً في اعتباره آثار المبادرة، والزيغ، والترنح، والانكسار الجوي، وعيوب الآلة. وقد أخضع هذه الإحداثيات «المصحّحة» لتحليل إحصائي دقيق قبل اعتمادها. كان هذا النوع من «الكدّ المتواصل» هو بالضبط الذي طبع معظم



مقراب عبور من صنع إدوارد تروتون. من بيرسون (1824).
المصدر: مكتبة وولباخ، جامعة هارڤرد.

حياة برادلي. وقد رُوي أنه كان يجد متعة بالغة في ذلك. وثمة عمل نموذجي قام به في ليلة 8 أغسطس / آب سنة 1743، عندما قاس في سياق إجراءاته الرصدية مواقع نجوم عددها لا يقل عن 225 نجماً. واللافت للنظر أنه فعل ذلك خلال مواصلة عمله الرصدي الروتيني من قبو لخزن الفحم الحجري في وانستيد.

بعد عدة سنوات من عمله في المرصد الملكي، أقنع برادلي المسؤولين الحكوميين بتخصيص منحةٍ قدرها 1،000 جنيه إسترليني لإصلاح عيوب المرصد. وقد استعمل برادلي هذا المبلغ لشراء ربعية جدارية ثانية، مصنوعة

كلياً من النحاس، ركبها على الجانب الآخر الذي عَلَّقَ هالي ربعيّته عليه. وتمكن برادلي، نتيجة استعمال هاتين الربعيتين ترادفياً، من مسح كل نجم تجاوز خط الزوال، وذلك بتخصيص ربعية هالي للنصف الشمالي من خط الزوال، وربعية برادلي للنصف الجنوبي. ركب برادلي أيضاً مقراب عبور طوله 8 أقدام حسّنه جون بيرد John Bird من لندن، إضافةً إلى مقرابه السمتي الشهير الذي أحضره من وانستيد. وقد بيّنت دراسات أجريت على أرصاده بعد وفاة برادلي أنه قام فعلاً بقياس مواقع النجوم بدقة تقارب ثانية قوسية واحدة. وهذا يكافئ إزاحة مقراب الرؤية للربعية الجدارية على طول قوسها المدرج بزاوية أقل من سمك ملاءة من الورق.

كان روبرت هوك محقاً عندما جزم بأن آلات الرؤية المباشرة أقل جودةً من تلك التي تستعملُ المقاريب للرؤية، وبخاصة إذا كان يَستعمل المقرابَ شخصٌ ماهرٌ مثل جيمس برادلي. وبعد إجراء اختبارات مستفيضة للتوثق من عدم وجود أقل قدر ممكن من الشذوذات الميكانيكية، مثل التواء الربعية الحديدية القديمة، واهتراء المحامل المعدنية، وغير ذلك، وضع برادلي برنامجاً طويل الأمد لتحديد مواقع نجمية بدقة عالية. وقد كوّنت هذه المواقع النجمية، في نهاية المطاف، أساس الشبكة النجمية الواسعة التي استعملتها الأجيال المستقبلية من الفلكيين لمعايرة حركات الكواكب والمذنبات، وأخيراً حركات النجوم نفسها. كانت أرصاد برادلي هي أيضاً نقطة البداية لعملٍ مَثَّلَ تقدماً علمياً مفاجئاً أنجزه سنة 1818 فلكي ألماني شاب اسمه فردريش ولهلم بسل Friderich Wilhelm Bessel، الذي أثار اهتمام العالم ببحوثه في اختلاف المنظر النجمي.

ومع أن جيمس برادلي أخفق في اكتشاف اختلاف المنظر النجمي، فإنه، مع ذلك، استطاع استخلاص نتيجةً مهمةً من النتيجة السلبية التالية: كان مقرابا كيو ووانستيد دقيقين جداً بحيث أنه لو زاد اختلاف منظر كاما دراكونيس ثانيةً قوسيّةً واحدة فقط، لكُشِفَ اختلاف المنظر هذا. لذا لا بد أن يكون كاما دراكونيس واقعاً على مسافة من الأرض تعادل على الأقل

400،000 مرة من بعد الشمس عن الأرض، أي 400،000 وحدة فلكية. لم تكن هذه النتيجة تخميناً تافهاً من برادلي، ولم تكن أيضاً مبنية على افتراضات مثيرة للجدل؛ ولتصديق هذا الرقم الهائل، لم يتعيّن على الفلكيين إلا الوثوق بأن برادلي كان قادراً على الرصد بالدقة العالية التي قدرها ثانية قوسية واحدة. وكان يدعم وثوقهم هذا الشهرة التي حظي بها برادلي، والتفصيلات الواردة في مقالته التي نُشِرَتْ سنة 1729. وقبل سنة واحدة فقط، كانت نُشرت مقالة إسحاق نيوتن التي عنوانها «رسالة في نظام العالم»، التي أورد فيها تقديراً أكبر للمسافة التي تفصلنا عن النجم الساطع، الشعرى اليمانية، Sirius.

بعد التوثق من الصعوبة البالغة في اكتشاف اختلاف المنظر النجمي، ابتكر نيوتن وكثير من معاصريه وسيلةً أخرى لتقدير المسافات التي تفصلنا عن النجوم، لخّصها الفلكي المعاصر أوين جينكريتش Owen Gingerich بالقول المأثور: البهوت يعني البعد. وخلافاً لرصد اختلاف المنظر، الذي هو، من وجهة المبدأ، قياس يميز المسافة النجمية، فإن طريقة نيوتن الفوتومترية (في قياس الضوء) photometric تستند إلى فرضية غير موثوقة مفادها أن جميع النجوم متطابقة في جوهرها؛ أي أن النجوم في السماء الليلية هي مجرد شموس بعيدة. ولو صحّت فرضية نيوتن، لولّدت جميع النجوم نفس القدر من الضوء مثل شمسنا. وكلما ازداد بهوت ضوء نجم في السماء، ازداد بعده عنا. وقد كونت هذه الفكرة البسيطة الأساس لعدد من دراسات المسافات النجمية في القرنين السابع عشر والثامن عشر. ووفق أسلوب نيوتن الفوتومتري، فإن تقدير المسافة إلى النجم تكافئ طرح السؤال التالي: ما هي المسافة التي يجب إبعاد الشمس بها إلى أن يصبح سطوعها مماثلاً لسطوع أحد النجوم في السماء الليلية؟

وتقتضي فرضيته التكافؤ بين الشمس والنجوم أنه حتى أقرب النجوم إلينا يجب أن يكون بعيداً جداً عنا. ولإثبات ذلك، قارن بين المظهر المتوهج للشمس وبين اللمعان الضعيف لنجم. وبالضبط، كم ستقل الشدة

الضوئية التي نتلقاها من الشمس إذا أبعدناها بطريقة ما إلى موقع أبعد من موقعها الفعلي؟ يبدو أن شدة ضوء جسم متوهج تتضاءل طردياً مع مربع المسافة التي يُبْعَد بها هذا الجسم. تصور مصباحين ضوئيين متطابقين أحدهما قرب الآخر. سيبدو المصباحان للراصد بنفس الشدة من التألق، لأن كلاً منهما يصدر نفس القدر من الضوء، ولأنهما يقعان على مسافة واحدة منه. فإذا أبعدنا أحد المصباحين بحيث يصبح بعده عن الراصد ضعف بعد المصباح الآخر عنه، فإن سطوعه يصبح 1/4 سطوع رفيقه المثبت، وإذا ازدادت مسافة الإبعاد ثلاث مرات، صار السطوع 1/9 سطوع الرفيق، وإذا زادت تلك المسافة أربع مرات، غدا السطوع 1/16 من سطوع الرفيق، وهلم جرا. لنفترض أن المصباح المثبت يظل بعيداً عنا بمقدار عشرة أقدام، وأن المصباح الآخر موضوع على مسافة غير معلومة من الراصد. يمكننا استنتاج مسافة المصباح الثاني بمقارنة السطوع النسبي للمصباحين. فمثلاً، إذا كان سطوع المصباح الثاني 1/5 سطوع الأول، فإنه يكون أبعد من الأول بخمس وعشرين مرة.

لنستعض الآن عن المصباح القريب بشمسنا، وعن المصباح البعيد بنجم شبيه بالشمس، يمكننا، من وجهة المبدأ، حساب مسافة النجم بواسطة حساب السطوع النسبي للنجم والشمس. وهكذا استطاع نيوتن ومعاصروه الحصول على مسافات غير دقيقة إلى النجوم دون الحاجة إلى الخوض في المهمة العسيرة، وهي كشف اختلاف منظرها.

وتجدر الإشارة إلى أنّ الطريقة الفوتومترية كانت صعبة التطبيق؛ فلم يكن ثمة أسلوب موثوق لمقارنة سطوع نجم بسطوع الشمس. ثم إن النجوم كانت تطلع في الليل، والشمس تشرق في النهار. حاول الفلكي الهولندي كريستيان هويكنز Christian Huygens إجراء مناورة للتغلب على هذه الصعوبة. ففي رسالة عنوانها نظريات الكون Cosmotheoros، شرح محاولته لتقدير المسافة إلى الشعرى اليمانية، وهو أسطع نجم في السماء. فعندما كان يرصد هويكنز الشمس عبر ثقب صغير في قرص، شرع بتصغير الثقب شيئاً

فشيئاً إلى أن صار سطوع الشمس بقدر سطوع الشعرى اليمانية الذي تخيله. واستناداً إلى حجم هذا الثقب، حسب هويكنز السطوع النسبي للشعرى اليمانية والشمس، واستنتج من هذا أن المسافة إلى الشعرى اليمانية تساوي 27،664 وحدة فلكية.

صمم نيوتن تقنية أفضل لمعايرة السطوع النسبي للشمس والشعرى اليمانية، مستنداً في ذلك إلى فكرة جاد بها سنة 1668 الفلكي جيمس كريكوري James Gregory. استعمل نيوتن كوكب زحل كوسيط بين الشمس والشعرى اليمانية. (استعمل كريكوري المشتري لنفس الغرض). تَصَوَّرْ زحلَ مرآةً عملاقةً، وإن كانت غير تامة، تعكس جزءاً من ضوء الشمس.

إن الجزء المنعكس من ضوء الشمس يتوقف على حجم هذه «المرآة الزحلية»، وعلى موقعها في النظام الشمسي، وعاكسيتها الطبيعية. استنتج نيوتن رياضياً السطوع النسبي للشمس وزحل، ثم قاس السطوع النسبي لزحل والشعرى اليمانية. ولمّا كان زحل مشتركاً في الحالتين، حَسَبَ نيوتن السطوع النسبي للشعرى اليمانية والشمس، واستنتج من هذا مسافة الشعرى اليمانية عن الأرض، التي وجد أنها مليون وحدة فلكية. وقد نفذ نيوتن هذا القياس سنة 1686، لكن النتيجة لم تظهر إلا سنة 1728؛ واتفق أن كان ذلك قبل سنة من إعلانه للمسافة إلى كاما دراكونيس. وبعد أن عزّى الفلكيون أنفسهم بأن اختلاف منظر الشعرى اليمانية الصغير، الذي يستعصي قياسه، ربما يكون شاذاً، ووجهوا بنتيجة مماثلة للنجم الثاني ـ وقد وردت النتيجتان كلتاهما من علمين من أعلام علم الفلك هما جيمس برادلي وإسحاق نيوتن. وقد أُكملت دراسات فوتومترية مشابهة للشعرى اليمانية سنة 1744 من قبل فيليب لوي دو شيزو Philippe Loys de Chésaux، الذي استنتج أن المسافة بين هذا النجم والأرض هي 240،000 وحدة فلكية؛ وفي سنة 1760 وجد لامبرت J.H. Lambert أن هذه المسافة هي 500،000 وحدة فلكية، ثم وجد جون ميشل John Michell سنة 1767 أنها 440،000 وحدة فلكية. (المسافة

الحقيقية للشعرى اليمانية عن الأرض هي نحو 600،000 وحدة فلكية).

من الواضح أنه في أيام برادلي، وربما بعدها بقليل، كانت فكرة وجود عالَم واسع مترامي الأطراف مألوفة لدى الفلكيين. لذا من المحتمل ألاّ يُصدِّموا بالنّتيجة القياسية التي توصل إليها برادلي في مقالة نشرها سنة 1729 في الزيغ قال فيها: «يجب أن نسلّم بأن اختلاف منظر النجوم الثابتة أصغر بكثير مما افترضه حتى الآن أولئك الذين زعموا بأنهم استنتجوه من أرصادهم». والحقيقة هي أن اختلاف المنظر النجمي ليس صغيراً جداً فحسب، وإنما يدخل فيه أيضاً عوامل أخرى حساسة لتغيرات مفاجئة تحدث نتيجة لجو الأرض وحركاتها، وأيضاً للشذوذات الحاصلة في المقراب نفسه.

وكما هو الحال في رسم زيتي تغطيه طبقات ضبابية من الورنيش، فإن التشوهات التي تُحدثها الأرض ـ والآلة ـ يجب «التخلص منها» قبل محاولة كشف الموقع الحقيقي للنجم. وأي تصدٍّ جاد لموضوع اختلاف المنظر النجمي، لا بد أن يتطلب مجموعة كبيرة مساعدة من التجهيزات والخصال العلمية، منها: مقراب حساس موازَنٌ بإتقان؛ ومثابرةٌ تفوق طاقة البشر؛ وإمكاناتٌ حاسوبية عالية لتخليص الانزياحات البالغة الصغر، التي تحدث نتيجة اختلاف المنظر، من جميع الظاهرات الأخرى التي تشوه موقع نجم ما.

خلّف جيمس برادلي نصيحة ثمينة حكيمة للفلكيين الذين قد يغريهم البحث عن اختلاف منظر نجمي. فقد تعلّم هو نفسه درساً قيّماً من محاولاته الخاصة لكشف اختلاف منظر كاما دراكونيس. استُهدف هذا النجم بعينه لكونه النجم الذي يمر «فوق الرأس» في سماء لندن، وهذا يجعله ملائماً كي يُرصد بواسطة مقراب سمتي يسهل صنعه نسبياً. وبرغم دوره الرئيسي في اكتشاف الزيغ، فقد أثبت كاما دراكونيس أنه مرشح ضعيف لكشف اختلاف منظره، إذ إنه كان بعيداً جداً. وهذا يعني أن اختلاف منظره كان أصغر من أن يُكشف، حتى باستعمال أكثر الآلات حساسية في تلك الأيام.

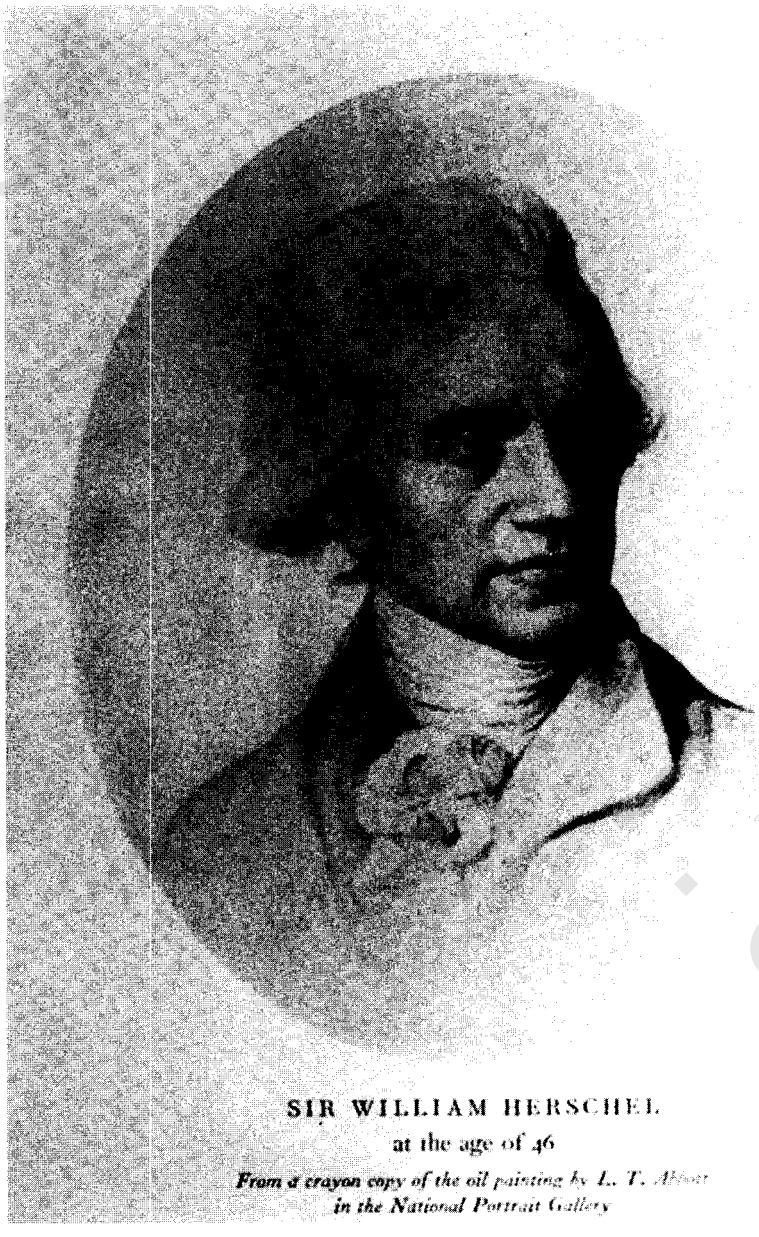
نصح برادلي الفلكيين أن يكونوا انتقائيين عند اختيارهم للنجم الذي ينوون كشف اختلاف منظره. فمن الحماقة إضاعة سنوات سدىً في جهود غير مضمونة النتائج لكشف اختلاف منظر نجم عشوائي، ثم يتبيّن أخيراً استحالة هذا الكشف بسبب البعد الشاسع للنجم. لذا يجب على الفلكيين أن يختاروا سلفاً من بين آلاف النجوم تلك القريبة من نظامنا الشمسي، لأن هذه هي النجوم الوحيدة التي يحتمل أن تبدي اختلاف منظر يمكن قياسه. وفي مقالة برادلي عن الترنح، التي نشرها سنة 1747، نصح الفلكيين بفحص النجوم التي تتمتع ببريق شديد، والتمسك بالعقيدة القائلة بأن البهوت يعني البعد. وإضافةً إلى دراسة نجوم ساطعة منعزلة، نصح برادلي بدراسة أنظمة النجوم الثنائية (المضاعفة) التي تجمع بين نجم ساطع وآخر باهت. وهو هنا يردّد أسلوب كاليليو الثاني في قياس اختلاف المنظر النجمي، حيث يفترض في النجم الساطع في النظام الثنائي أن يكون واقعاً قريباً نسبياً من النظام الشمسي، في حين يكون النجم الباهت بعيداً عنها.

في أيام برادلي، تبدّل الدافع الأساسي للبحث عن وجود اختلاف منظر نجمي. فلم يعد اختلاف المنظر النجمي مطلوباً لإثبات صحة النظام الكوني الشمسي المركز. فمعظم الفلكيين أصبحوا كوبرنيكيي المعتقد، أما أولئك المتردّدون، فقد اقتنعوا أخيراً بصحة نظام كوبرنيك بعد اكتشاف الزيغ من قبل برادلي. صار الغرض من كشف اختلاف منظر نجم هو تعيين المسافة إليه، ومن ثم تحويل الوهم من أن السماء الليلية هي قبة سماوية مرصعة بالنجوم إلى إيمانٍ بكونٍ شديد الانتفاخ ثلاثي الأبعاد. لذا غدا كشف اختلاف المنظر النجمي هدفاً في حد ذاته. وقد واصل الفلكيون التصدي لهذه المسألة، لأنها كانت تمثل أصعب تحد واجه علم الفلك ردحاً طويلاً من الزمان. ويمثل اختلاف المنظر النجمي إغراءً للفلكيين، كما تمثل قمة جبلية عالية لم تطأها أقدام بشر إغراءً لمتسلقي الجبال، وكما يمثل الأفق البعيد إغراءً للمستكشفين الجغرافيين.

وإلى أن تكتشف اختلافات المنظر، سيظل الفلكيون يعانون فشلاً

مضنياً، لأنهم لم يتمكنوا من كشف واحدةٍ من أهم السمات الأساسية للفضاء، ألا وهي المسافات إلى النجوم. وكما هو حال متسلقي الجبال والمستكشفين، فإن الفلكيين نادراً ما يسكتون عن فشلٍ أصابهم مدة طويلة.

obeikandl.com



SIR WILLIAM HERSCHEL
at the age of 46
From a crayon copy of the oil painting by L. T. Abbot
in the National Portrait Gallery

وليام هيرشل، من صورة رسمها بالكربون ل.ت. أبوت، وهي موجودة في معرض الصور الوطنية، لندن.

المصدر: مطبعة جامعة كيمبردج.