16

التذبذب المراوغ

مهما يكن من أمر، فإن الشيء المهم ليس تعيين أول اختلاف منظر جرى اكتشافه، إنما هو تعيين اختلاف المنظر الذي أزال، فعلاً، جميع الشكوك التي ساورت علماء الفلك المعاصرين في أن الشيء الذي طالما بحثوا عنه كُشف في نهاية المطاف... أنا اعتقد بأن من المهم التمييز بين النتيجة التي بدت مقنعة لمعاصري بسل وشتروفي وهندرسون، وبين ما نراه نحن، بعد أكثر من قرن من الإدراك المتأخر، بأنه كان أول اختراق ناجح «لحاجز» هيرشل.

ـ أوتو شتروفي، عالم فلك أمريكي، وأكبر أحفاد ولهلم شتروفي

لنخرج من جو التوتر الذي يلازمنا خلال عمل شيء، إلى السلام الذي ننعم به عندما يكون هذا الشيء قد أنجز.

ـ جوليا لويز وودراف

★ ★ ★

obeikandl.com

الآلة التي حدّق فيها فردريش بسل في كونكسبرك في شهر مارس / آذار سنة 1829، مثل الكثير من الآلات الأخرى التي أبدعها جوزيف فراونهوفر، كانت رائعة الجمال: أنبوبٌ من خشب الماهوغاني؛ ودواليب، وتروس، وأزرار مصقولة براقة؛ ومنصّة خشبية استوائية تنخفض إلى الأرض بواسطة مجموعة من الدعامات والقوائم الانضغاطية الممتدة بجمال ورشاقة. كانت هذه الآلة تحفة رائعة، كأنها تمثال منتصب بكبرياء وأنفة على قاعدته. لم يعش فراونهوفر ليرى اكتمال الآلة، التي استغرق صنعها خمس سنوات، لكنه كان أصدر تعليمات إلى مساعديه ليحققوا المواصفات الدقيقة التي طلبها بسل. إن إلقاء نظرة متفحصة على الطرف العلوي للمقراب تعطي المشاهد فكرة عنه: فهو نوع غير مألوف من المقاريب الكاسرة، له عدسة جسمية مشطورة، وعقد ضيق معدني مدفوع بزوج من براغٍ تدوَّر باليد قريباً من العينية. إنه هليومتر (مشماس) heliometer.

الهليومتر، الذي صنعه سنة 1753 جون دولوند في لندن ـ وهو نفس الشخص الذي سوّق أول مقاريب عاكسة لا لونية ـ له وظيفة وحيدة، هي قياس الزوايا الصغيرة في السماء. استُعملت آلة دولوند الأصلية لقياس القطر الظاهري للشمس؛ ومن هنا أخذ هذا المقراب اسم الهليومتر، نسبة إلى الكلمة اليونانية Helios التي تعنى آلهة الشمس. لكن بسل اقتنى هذا المقراب لغرض آخر، هو تعقب الزاوية بين نجم الدجاجة 61 ونجم مقارنة ثابت الموقع، وهي زاوية لا بد أن تتغير باستمرار إذا أبدى نجم الدجاجة 61 انزياحاً ممثلاً باختلاف منظره.

بدا الهليومتر الجديد شبيهاً جداً بمقراب كاسر عادي، لكن عدسته الرئيسية التي يبلغ قطرها ستة إنشات، شطرت بدقة إلى نصفين بأداة قاطعة قاسية. كانت فكرة فسخ هذه العدسة الخالية من العيوب تجعل أي فلكي محنك يرتعد خوفاً، إذ كانت أقل هفوة تكفي لكسر العدسة. لكن فراونهوفر والعاملين معه نادراً ما ارتكبوا الهفوات. وهذا وإن الفلكي جون هيرشل، الذي زار ورشة فراونهوفر خلال صنع الهليومتر، كتب فيما بعد يقول: «أذكر

جيداً أنني رأيت هذه العدسة في ميونيخ قبل قطعها، وأنني كنت مذهولاً بجرأة الصانع الذي سيتعامل معها، ولا بد أنه كان يرافق هذه العملية مجازفة كبيرة، لأنها تتعلق بشيء، كان يعتبر في إنكلترا في تلك الأوقات، لا يقدر بثمن».

ركّبت كلٌّ من العدستين نصف الدائريتين في إطارها المعدني، وأدّتا معاً وظيفة مقرابين موجودين جنباً إلى جنب يولّدان زوجاً من الصور، وكان لكل من الصورتين سطوع مشابه لسطوع العدسة غير المشطورة. كان من الممكن زلق هذين النصفين عرضانياً جنباً إلى جنب، وذلك بتدوير برغي يدوياً. كان ثمة مقياس مدرج نحاسي موصول بطريقة تسمح بقراءة المسافة التي تفصل بين نصفي العدسة. وهنا، يمكننا تصور أنه حتى بسل الشديد التمسك بالدقة ربما ذُهِلَ من ارتفاع مستوى الحرفيين الذين كانوا يعملون في ورشة فراونهوفر. كانت التقسيمات على المقياس المدرج النحاسي قريبة جداً بعضها من بعض، حتى أن بسل لم يتمكن من تمييزها إلا باستعمال مجهر (مكرسكوب).

في شهر أكتوبر / تشرين الأول سنة 1829، أكمل بسل البرج الخشبي الذي يبلغ طوله 44 قدماً لإيواء الهليومتر. صُمم البرج بالتشاور مع صديقه ولهلم شتروفي في دوربا بطريقة لم تجعل المقراب يرتفع فوق أعالي الأشجار المحيطة به فحسب، وإنما حالت أيضاً دون تأثره بأقل اهتزاز يحدث في أي مكان آخر من المبنى. كان الجزء المركزي من قاعدة البرج مبنيا من الحجر والخرسانة بارتفاع خمسة أقدام. وعلى قمة هذا الجزء وُضعت ألواح من الأحجار الرملية وطبقة من العارضات الخشبية. وقد استعملت مسامير ملولبة كي تثبّت بالعارضات سلسلة من الدعامات المقواة بالحديد، رفعت القسم العلوي من البرج، ودعمت المنصة التي استقر عليها الهليومتر. وقد تـُوِّجَ البرج بقبّة كانت تدور على اثنتي عشرة بكرة، وكانت القبة تحوي فتحة مشطورة تطل منها الآلة على السماء.

لابد أن كان بسل يعدّ الدقائق انتظاراً لغروب الشمس كي يبدأ بتجربة

آلته الجديدة. وعندما ساد الظلام أخيراً، وجّه الهليومتر إلى النجوم وحدّق في العينية. كانت صور النجوم واضحة بدرجة لا يمكن تصديقها، وهذا أمر أورده في تقرير كتبه سنة 1831. كانت حركة جذوع المقراب سلسة ومنتظمة، وكانت منصته ثابتة مثل صخرة. وكما كان متوقعاً، فعندما كان نصفا العدسة يوضعان معاً تماماً، كان الهليومتر يقوم مقام مقراب تقليدي، إذ كانت صورتا النجم من خلال النصفين تندمجان في صورة واحدة. وعندما كان بسل يباعد بينهما، كانت صورتاهما تبتعدان إحداهما عن الأخرى؛ كانت السماء تبدو مثلما يراها سكيّر، إذ إن الصورة النجمية كانت تتضاعف. قرر بسل أن يعمل بطريقة عكسية، أي أن يجبر الصورتين للنجمين المختلفين على الاندماج بتحريك العدستين النصفيتين. عندئذٍ يمثل مقدار التباعد بينهما الزاوية بين النجمين.

في سباق اختلاف المنظر النجمي، وفر هليومتر كونكسبرك لبسل تفوقاً مضاعفاً على مقراب شتروفي الكاسر الأقوى في دوربا. فقبل كل شيء، كانت ساحة رؤية الهليومتر أوسع من ساحة رؤية المقراب العظيم، وهذا يرفع من عدد نجوم المقارنة التي يقاس بالنسبة إليها انزياح اختلاف المنظر البالغ الدقة والصغر. ثم إن تصميم الهليومتر أزال نهائياً الأثر الضار الذي يحدثه الاضطراب الجوي في قياس المواقع النجمية. إن جوّنا غير المستقر يجعل كل صورة نجمية مقرابية تؤدي رقصة طويلة أمام أعيننا. إن تحديد موقع نجم في شعرة التعامد الثابتة في عينية المقراب، مثلما هو الحال في آلة شتروفي، أصبح عملية تدعو إلى الإحباط. ومع أن الصور المضاعفة في الهليومتر لم تكن أقل منها براعة في الرقص، لكن جميع النجوم كانت ترقص بتزامن وانسجام، وكان من السهل نسبياً إيجاد تطابق بين زوج معطى من النجوم.

كانت الإستراتيجية التي وضعها بسل للفوز في سباق اختلاف المنظر شيئاً من هذا القبيل: شَاهِدْ نجم الدجاجة 61 ونجم مقارنة أبعد منه بكثير بحيث يقع هذان النجمان معاً في حقل الرؤية. بَاعِدْ بين العدستين النصفيتين

للهليومتر إلى أن تتراكب صورة نجم الدجاجة 61 على صورة النجم الآخر. اقرأ الإبعاد على المقياس المدرج النحاسي. كَرِّرْ هذا الإجراء عدة مرات في كل ليلة صافية مدة سنة على الأقل. عندئذ يبدو نجم المقارنة ثابتاً، في حين يمثل اختلاف المنظر السنوي لنجم الدجاجة 61 ذبذبة طفيفة في حركته عبر السماء. قس مدى هذه الذبذبة، وأحسب المسافة إلى نجم الدجاجة 61، ثم توثق من أن الذبذبة تبلغ مداها الأقصى في يونيو / حزيران، ومرة أخرى في ديسمبر / كانون الأول، وهذا أمر يجب أن يحدث لنجم في اتجاه كوكبة الدجاجة. يجب أن تبلغ الذبذبة أقصى مداها في يونيو / حزيران وديسمبر / كانون الأول؛ وإذا لم يحصل ذلك، كان كل هذا مشكوكاً فيه.

وفي الحقيقة، فإن نجم الدجاجة 61 نجم مضاعف، وهو ليس من النمط الذي كان وليام هيرشل أو ولهلم شتروفي يبحثان عنه ـ إذ كانا يبحثان عن نجم ثنائي ظاهرياً، مكون من نجم قريب وآخر بعيد ـ هذا النجم مكوّن من نجمين واقعين على مسافة واحدة من الأرض، كل منهما مشدود إلى الآخر بفعل تثاقله الذاتي. قبل ذلك بأكثر من عشرين سنة، كان بسل اكتشف أن لكل من جرمي نجم الدجاجة 61 حركة مطابقة لحركة الآخر؛ فهما يتحركان بانسجام عبر السماء، وهذه دلالة قوية على وجود ارتباط فيزيائي بينهما، أي أنهما يكوّنان نجماً مضاعفاً. كانت الطبيعة الثنائية لنجم الدجاجة 61 تعني لبسل اختلافي منظر متطابقين، يوفر كل منهما معايرة للآخر.

كان من الصعب جداً استعمال الهليومتر بأي درجة من الاتساق، وإذا جرى استعماله بأيادٍ أقل مهارة من بسل، فربما أدّى ذلك إلى التوصل إلى نتائج مشكوك فيها. أمضى بسل خمس سنوات وهو يطبق ما يفرضه عليه مفهومه «للمقراب الذي يبنى مرتين» على هليومتر فراونهوفر؛ خمس سنوات من الاختبارات، والمعايرة، وتقييم الوثوقية الإجمالية للآلة؛ خمس سنوات كان يطلع فيها على كل محاولة قام بها غيره لقياس اختلاف منظر نجمي. لكن الأولوية المطلقة لبسل في ذلك الوقت كانت تنصب على إرضاء شخص نزّاع جداً إلى الشك، ألا وهو بسل نفسه. ولو لم يصبح متوثقاً مئة في المئة

من أن هليومتره كان مضبوطاً، لما شارك في سباق اختلاف المنظر. وأخيراً، في سبتمبر / أيلول سنة 1834، عندما صار بسل مقتنعاً بالهليومتر، شرع في قياس اختلاف منظر نجم الدجاجة 61. بيد أنه تعين عليه التوقف بعد بضعة أشهر عن متابعة مشروعه الذي حدّد له مدة سنة. السبب هو أن نجم المقارنة الذي اختاره كان باهت الضوء جداً، وكان يغيب عن الرؤية في كل مرة لم يكن فيها الطقس مثالياً.

وهكذا وجب عليه البدء من جديد مع نجم مقارنةٍ أشد سطوعاً. بيد أنه كان من المستحيل عليه تخصيص الأشهر الإثني عشر التالية لأرصاد مستمرة لاختلاف المنظر، لأن بسل كان وافق على قضاء ثلاثة أشهر في برلين للبحث في فيزياء النواس (البندول). إضافة إلى ذلك، كان مذنب هالي على وشك الاقتراب من الأرض، وهذا حدث يتطلب أن يخصص له المرصد كل ليلة صافية. ثم إن الحكومة رشحت بسل ليقوم بقياس طول درجة العرض في بروسيا.

كان لا بد من الانتظار إلى يوم 18 أغسطس / آب سنة 1837 كي يعود بسل إلى الاشتراك في سباق اختلاف المنظر. وقد كتب فيما بعد أن ما حفزه على ذلك هو خبر غير متوقع يفيد بأن ولهلم شتروفي في دوربا، حاول كشف منظر النسر الواقع بواسطة مقراب فراونهوفر الكاسر. إن أرصاد شتروفي السبعة عشر ـ التي أجراها بين نوفمبر / تشرين الثاني سنة 1835 وديسمبر / كانون الأول سنة 1836، ولكن بفجوة زمنية في وسط هذه المدة طولها ستة أشهر ـ أدرجت في مقدمة كاتالوك شتروفي الخاص بالنجوم المضاعفة الذي وضعه سنة 1837 وسماه Mensurae Micrometricae. ومن هذه الأرصاد، استخلص شتروفي اختلاف منظر أولياً قدره ثُمْنُ (0,125) ثانية قوسية، لكنه أقر بأن هذا العدد ينطوي على قدر كبير من الارتياب. وعندما راجع بسل نتائج النسر الواقع، لم يعثر على دليل حاسم على وجود اختلاف منظر نجمي ـ إذ كانت قياسات المواقع قليلة جداً ـ لكنه آمن بوضوح بأن شتروفي كان يقترب من هدفه. في 18 أكتوبر / تشرين الأول سنة 1837،

كتب بسل لمعلمه القديم أولبرز رسالة قال فيها: «أظن أن شتروفي يتصدّر مقدمة السباق، وذلك أنه أجرى محاولة تتضمن ـ برغم عدم بلوغها نجاحاً تاماً ـ إمكانات التقدم والفلاح».

لذا انكب بسل على عمله في موضوع اختلاف المنظر بكل همّة وحماس. في هذه المرة، لم يختر مَعْلَماً ثابتاً واحداً، بل اختار نجمين للمقارنة كي يعاير بالنسبة إليهما حركتي عنصري نجم الدجاجة 61. كان نجما المقارنة كلاهما ساطعين نسبياً، وهذا درس تعلمه من محاولته قياس اختلاف المنظر التي انتهت بالفشل سنة 1834. وخلال محاولته الإفادة من كل نواحي الدقة في الهليومتر، كان يرصد نجم الدجاجة 61 عشر مرات، أو اثنتي عشرة مرة، وأحياناً ست عشرة مرة كل ليلة، ثم يأخذ معدل القياسات ابتغاء مزيد من الدقة. وعندما كانت السيدة بسل تتوق إلى أن يرافقها زوجها في ليلة ما، لم يكن أمامها إلا أن تصلّي لله كي يجعل تلك الليلة ملبدة بالغيوم.

هذا وإن حقل رؤية الهليومتر الدائري المعتم، إبما كان يشغل أفكار بسل خلال النهار أيضاً. في المركز، كان يُرى نقطتان من الضوء لونهما برتقالي ضارب إلى الحمرة ـ نجم الدجاجة 61 نفسه ـ تشكلان مع نجمي المقارنة رباعية من البقع النجمية تبدو مواقعها النسبية ثابتة من ليلة إلى أخرى، لكنّ شكل هذه الرباعية قد يُبدي تغيراً طفيفاً خلال عام. وبحلول شهر أكتوبر / تشرين الأول سنة 1838، كان بسل جمع مئاتٍ من قياسات المواقع الموثوقة، التي استُخلصت من مئاتٍ من الأرصاد الفردية، وهي تكفي حتى لإرضاء المعايير البالغة الدقة التي يصّر عليها. وعندما أنعم النظر في القائمة الطويلة من الأعداد التي كانت تعين موقع نجم الدجاجة 61 من ليلة إلى أخرى، وجد أنها كانت تتغير بنفس الطريقة التي كان يتوقعها. كان التذبذب في الحركة الذاتية لنجم الدجاجة 61 طفيفاً جداً، لكن لا مجال للشك في وجوده. ومع تقدم الأرض في مدارها باتجاهٍ ما، كان نجم الدجاجة 61 يبدو متحركاً بالاتجاه المعاكس. بعد أشهر، عندما كانت الأرض تتقدم في الجانب الآخر من مدارها، عاود النجم انزياحه بعكس الاتجاه الجديد لحركتها. أهم ما لوحظ

هو أن الحركة التذبذبية بلغت أوسع مدى لها في شهري يونيو / حزيران وديسمبر / كانون الأول، كما كان متوقعاً. عندها عرف فردريش بسل أنه بلغ مبتغاه. لقد أصبح بصيص من الضوء الباهت قرب جناح كوكبة الدجاجة أوّل مَعْلَمٍ في المحيط الفضائي الذي بدا وكأنه لا نهائي.

ظهرت نتائج بسل في عدد ديسمبر / كانون الأول سنة 1838 من المجلة الفلكية الألمانية Astronomische Nachrichten بعنوان «تعيين المسافة إلى نجم الدجاجة 61». في الوقت نفسه، وجه بسل إلى جون هيرشل، رئيس الجمعية الفلكية الملكية في إنكلترا، رسالة تنبئه بخبر اكتشافه. هذا وإن بسل، الميال إلى التفصيل، كتب رسالته بلغته الأم ـ الألمانية ـ كي «يتوثق من أن معنى ما كتبه واضح وغير قابل للّبس». وقد اعتمد على هيرشل ليقوم بالترجمة الدقيقة للكلمات التي اختارها بعناية إلى اللغة الإنكليزية. من المعلوم أن كثيرين قبل بسل ادّعوا بأنهم نجحوا في قياس اختلاف منظر نجمي؛ كان يتعيّن على الفلكيين أن يفهموا بالضبط أرصاده وتحليله الرياضي إذا ما أرادوا التوثق من صحة نتائجه. وبتواضعه المعهود افتتح بسل رسالته بالكلمات التالية: «بعد نجاحي في الحصول على النتيجة التي طال البحث عنها، وانطلاقاً من معرفتي أنها ستستحوذ على اهتمام باحث سماوي عظيم ومتحمس مثل شخصكم الكريم، فإنني سمحت لنفسي بتوجيه هذه الرسالة إليكم. فإذا اعتبرتم أنها تحظى بدرجة من الأهمية تجعلكم تعرضونها على زملاء آخرين لكم من الفلكيين، فلن يكون لدي مانع فحسب، بل إنني أرجوكم أن تقوموا بذلك». كان هذا الخبر هو الذي ظل المجتمع الفلكي ينتظره طوال نحو 2،000 سنة.

ختم بسل رسالته إلى هيرشل بما يلي: «لقد سببت لكم الإزعاج بكثير من التفصيلات التي أوردتها؛ لكنني أرى أنْ لا ضرورة لتقديم اعتذاراتي عن ذلك... فلو بعثت إليكم بالنتائج فقط، فإنني لا أتوقع بأن تعتبروها يقينية لا ريب فيها، في الوقت الذي اعتبرها أنا كذلك». لم يترك العدد الاستثنائي والدقة اللذين اتسمت بهما أرصاد بسل، أي شك لدى الفلكيين بأن أول

اختلاف منظر نجمي قد سُجِّلَ فعلاً. قد يعترض بعض الفلكيين على «التفصيلات الزائدة»، كما سماها بسل، لكن النتيجة النهائية كانت بعيدة عن أي شك أو ارتياب. كان تساؤل جون هيرشل الوحيد عما إذا أدخل بسل في اعتباره أثر درجة الحرارة في معايرة المسمار اللولبي للهليومتر. وبالطبع، أدخل بسل ذلك في حسبانه. أدلى هيرشل برأيه الخاص أمام الجمعية الفلكية الملكية وقال: «لقد وضعت النتائج أمامكم. فإذا كان كل ذلك غير كافٍ لإقناعكم بصحتها، فإنه يبدو من الصعب معرفة ما يجب عمله لجعلكم تتوصلون إلى الاقتناع بها».

تَبَيَّن أن زاوية اختلاف منظر نجم الدجاجة 61 بالغة الصغر: فقياسها قريب من ثلث (0,314) ثانية قوسية، وهذا يعادل الحجم الظاهري لسيارة أجرة في مانهاتن عندما ترى من مدينة مكسيكو سيتي. أثبت بسل رياضياً أن نتيجته معرّضة لارتياب تجريبي نسبته 5 في المئة. وقد تبيّن أن المسافة المحسوبة إلى نجم الدجاجة تساوي زهاء 660،000 وحدة فلكية، أي أنه أبعد من الشمس بنحو 660،000 مرة، وهذا يعادل قرابة 60 تريليون ميل. لم يكن البعد الشاسع لنجم الدجاجة 61 غير متوقع؛ فقد كان الفلكيون يدركون أنه لو كانت النجوم أقرب بكثير، لجرى اكتشاف اختلافات منظرها منذ أمد بعيد. ومع ذلك فإن هذا العدد الضخم ـ الذي كان حقيقياً هذه المرة، وليس مخمناً ـ أثار خيال العلماء وغير العلماء على حد سواء، وتعيّن على مداركهم استيعاب فكرة الاتساع الرهيب للكون. كانت سرعة الحركة الظاهرية لنجم الدجاجة 61 في السماء، المندفع عبر الفضاء بسرعة، تساوي 5,2 ثانية قوسية في العام، وهذا يعني أن سرعته الحقيقية عبر الفضاء تعادل تقريباً 170،000 ميل في الساعة.

عند ذلك شعر بسل بالارتياح. قام بفك الهليومتر وفحص عمل كل قطعة فيه، ثم أعاد تركيبه وبدأ ثانيةً رصد نجم الدجاجة 61. وفي سنة واحدة فقط، قام بتسجيل أكثر من 400 موقع إضافي للنجم. وقد استنتج من تذبذب حركة النجم زاوية اختلاف منظر قدرها 0,384 ثانية قوسية، وهي قريبة من

الأصلية، إذا أدخلنا في اعتبارنا الصعوبات المرتبطة بهذا النمط من القياس. عند ذلك أصبح بسل راضياً عن عمله.

بعد شهرين من إعلان النصر الذي أحرزه بسل، نشر توماس هندرسون اختلاف المنظر الذي أكتشفه لنجم الحضار ألفا، والذي كان أكبر قليلاً من ثانية قوسية واحدة، وهذا جعل النجم يبعد عنا أقل من 200،000 وحدة فلكية، أي نحو ثلث بعد نجم الدجاجة 61 عنا. كان هندرسون أتم أرصاده عندما كان لا يزال في رأس الرجاء الصالح سنة 1833، أي حتى قبل أن يبدأ بسل عمله. ولأسباب غير مفهومة تماماً، أجّل هندرسون «العمل المضجر» بتحليل البيانات (المعطيات) إلى حين وصوله إلى إدنبره ليتقلد منصبه الجديد كفلكي ملكي لاسكتلندا. وحتى بعد وصوله، لم يكن في عجلةٍ من أمره ليكمل عمله وينشره. من المحتمل جداً أن هندرسون كان مرتاباً في صحة قياساته التي أجراها بواسطة الدائرة الجدارية التي كانت تعتبر جودتها من الدرجة الثانية، لذا كان ينتظر بيانات مؤيدة لبياناته من مساعده ميدوز، الذي كان يستعمل مقراب عبور. وربما كان هندرسون يعتقد أيضاً، أن نجاح بسل الذي كان ما زال حديث العهد في عقول الفلكيين، يجعلهم مستعدين لتقبل القياسات الأقل دقة لاختلاف منظر الحضار ألفا.

في تلك الأثناء، كان ولهلم شتروفي يستعمل المقراب الكاسر العظيم في دوربا كي يضيف 96 قياساً جديداً إلى قياساته الأولى الذي أجراها للنسر الواقع. وبحلول أواخر سنة 1839، توصل إلى أن اختلاف منظر النسر الواقع يعادل قرابة ربع (0,261) ثانية قوسية، وذلك بارتيابٍ قدره عشرة بالمئة، وهذا يعني أن النجم يبعد عن الأرض مسافة تقدر بزهاء 800،000 وحدة فلكية. إن مراجعة شتروفي لعمله بيّنت أن اختلاف منظر النجم أكبر بمرتين من ذاك الذي استنتجه في عمله الأوليّ الذي نشره سنة 1837، وهذا ألقى ظلالاً من الشك على مشروعه الكلي.

عززت القياساتُ الجديدةُ السمعةَ التي حظي بها بسل بأنه راصد شديد التدقيق في التفاصيل. فاختلاف المنظر الحقيقي لنجم الدجاجة 61 هو 0,287

ثانية قوسية، وهذه القيمة تختلف عن القيمة الأصلية التي قدّمها بسل بنحو 10 في المئة، أي أن هذا النجم يبعد عن الأرض مسافة إحدى عشرة سنة ضوئية. أما هندرسون وشتروفي فكانت نتائجهما أقل دقة بكثير. فنجم الحضار ألفا، أبعد بنسبة 25 في المئة عن الموقع الذي كان يظنه هندرسون للنجم، ثم إن النسر الواقع كان أبعد بمرتين تقريباً عن الموقع النهائي الذي وضعه شتروفي فيه.

باستعادة الأحداث الماضية، نرى أن تصدي شتروفي للنسر الواقع كان هو العمل المتسم بأكبر قدر من التحدي بين الأعمال الثلاثة. كانت المشكلة الكبيرة التي واجهت شتروفي في هذه الحالة ذات طبيعة هندسية: فكون المسافة التي تفصلنا عن النسر الواقع هي الكبرى، يعني أن اختلاف منظره هو الأصغر، ومن ثم فهو الأصعب كشفاً. كان يعرف منذ البداية أن نجم الدجاجة 61، الذي يتميز بسرعة ذاتية أكبر، مهيأٌ أكثر من النسر الواقع لإمكان قياس اختلاف منظره. لكن ساحة رؤية المقراب الكاسر العظيم كانت أضيق من أن تسمح باحتواء نجم الدجاجة 61 ونجمي المقارنة اللذين تفصلهما مسافة شاسعة. لذا ركز شتروفي جهوده على النسر الواقع ونجم المقارنة القريب نسبياً. ومن بين جميع النجوم، كان النجم الذي هو أسهل استهدافاً لقياس اختلاف منظره، نجم الحضار ألفا، الذي نعلم أنه أقرب نجم إلى النظام الشمسي. لكن الحضار ألفا لا يرى إلاّ من النصف الجنوبي للكرة الأرضية، لذا استحالت رؤيته من قبل بسل في كونكسبرك أو من قبل شتروفي في دوربا.

ومع أن بعض الفلكيين اقترحوا اعتبار شتروفي هو الفائز في سباق اختلاف المنظر، فإن شتروفي نفسه لم ينسب إلى نفسه هذا الشرف. وفي مقالة نشرت سنة 1848 أقر أن بسل سبقه في الحصول على أول اختلاف منظر محدّد ودقيق لنجم، ووصف عمل بسل بأنه «واحد من أعظم الاكتشافات في قرننا». وقد واصل بسل وشتروفي تنافسهما المهني الشريف، وكان كل منهما يثق بقدراته الخاصة، ويبتهج كثيراً بأي نجاح يحرزه الآخر.

في سنة 1956، كتب الفلكي الأمريكي أوتو شتروفي، الحفيد الأكبر لولهلم شتروفي الكلمات التالية: «من بين الذكريات التي بلغتني عن طريق أفراد عائلتي، فإن أعظمها هو التقدير العالي الذي كان يكنه جدي لبسل... لم تحدث ابدأ أي خصومة بين هذين الفلكيين، وكانت تربطهما عرى صداقة قوية... لم يكن جديّ يرى أي حرج في أن يقول عن بسل إنه هو الذي قام بأول تعيين مقنع تماماً لاختلاف المنظر النجمي».

يتميز فردريش بسل بين جميع الفلكيين بأنه كان أول من بشر بحلول العصر الحديث لعلم الفلك الرصدي. كان التقدم الذي أحرزه في الرصد السماوي وتحليل المعطيات أساسياً لعلم الفلك، تماماً مثلما كانت الفوتوغرافيا الفلكية astrophotography أساسية لعلم الفلك في أواخر القرن التاسع عشر، أو مثلما كان إدخال الكمبيوتر في العقود الأخيرة، مهماً لتطوير جميع فروع العلوم الفلكية. وفي الحقيقة، فإنه يسهل عليَّ، بوصفي فلكياً محترفاً، أن أتصور فردريش بسل في مرصد حديث، محاطاً بجميع التجهيزات الإلكترونية المعقدة، التي يستعملها روتينياً راصدو هذه الأيام. فلو كان موجوداً في أيامنا هذه، لامتلك المعرفة بالتقانة العالية اللازمة له، ولانطلق بعدئذٍ مباشرة في مشروع يتسم بتحد كبير. وسبب انطلاقه المباشر في المشروع الافتراضي هو أن الطرائق الأساسية الحاليّة للرصد الفلكي الدقيق، هي، وإلى حد بعيد، نفس الطرائق التي ابتكرها بسل ذاته.

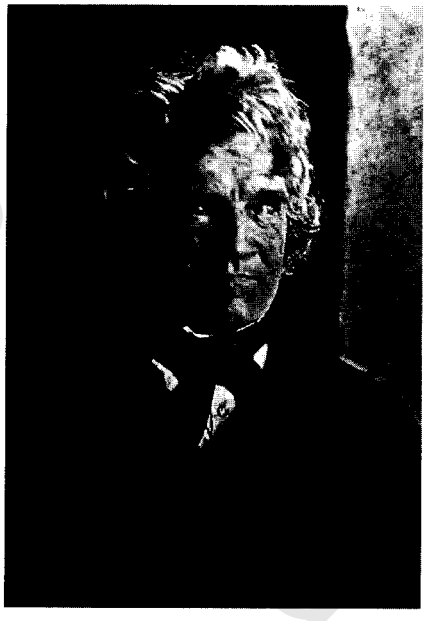
وخلال أشهر، دخل ثلاثة من الفلكيين أغوار الفضاء، ورفعوا أعلامهم في منطقة لها بعد كوني ثالث لم تحدّد معالمها سابقاً. ربما كان هذا الكلام ادعاءً متواضعاً في عالم ليس له عملياً حدود. لكنه زوّد الفلكيين بنفس شعور الإثارة الذي انتاب المستكشفين الأرضيين عندما وطئت أقدامهم شواطئ طالما توقعوا وجودها. أمّا أن الرحلة استغرقت قرابة 2،000 سنة، فإن هذا جعل النجاح الذي كان بعيد المنال أحلى طعماً. وبفضل عبقرية ثلاثة من الفلكيين وعنادهم، توقع زملاؤهم مستقبلاً مشرقاً، يستسلم فيه لآلاتهم نجم بعد الآخر.

سنة 1841، منحت الجمعية الفلكية الملكية مداليتها الذهبية لفردريش بسل. وقد خاطب جون هيرشل الحفل الذي اجتمع بهذه المناسبة بقوله: «أهنئكم وأهنئ نفسي بأننا عشنا لنشهد أن الحاجز الضخم، الذي حال حتى أيامنا هذه بيننا وبين ولوجنا الكون النجمي، والذي طالما أثار غضبنا عبثاً، جرى تجاوزه في آن واحد في ثلاث نقاط مختلفة. إنه لأعظم وأبهى نصر شهده علم الفلك العمليّ على مدى العصور». بعد ذلك عبّر هيرشل عن تنبؤ جريء من خلال الكلمات التالية: «بدأ الحاجز بالتلاشي، وسرعان ما سنقهره فعلياً». وكما لو كان توماس هندرسون يود إثبات صحة إحساس هيرشل بما عبر عنه، أعلن عن اكتشاف اختلاف منظر أوّلي لنجم الشعرى اليمانية ـ أسطع نجم في السماء ـ قدره ربع ثانية قوسية، لكن ما حدث بعد ذلك، هو أن هذا «الحاجز» بدا وكأنه يعود ليفرض نفسه ثانيةً، وبرُغم الجهود الحثيثة المضنية التي بذلها الراصدون على نطاق عالمي، لم يستطيعوا كشف اختلاف منظر نجمي آخر طوال عقود. بيد أن هذا الفشل وفر رؤية جديدة مفادها أن معظم النجوم الساطعة التي تتلألأ فوق رؤوسنا ليست قريبة من نظامنا الشمسي بالدرجة التي يمكننا بها قياس اختلافات منظرها؛ إنها عمالقة نجمية بعيدة جداً، تصدر طاقات أكبر بآلاف المرات من طاقات النجوم العادية مثل الشمس. وهكذا عرف الفلكيون أن الأصناف النجمية هي أكثر تنوعاً مما كانوا يتخيلونه.

أصبح وليام شتروفي مدير مرصد بولكوفا، الذي حوّله إلى أكثر المرافق الفلكية تقدماً في العالم. وبرغم انشغاله بأعماله في المرصد والرحلات الأوروبية، فقد صار شتروفي أباً لثمانية عشر طفلاً من زواجين، خرج منهم أربعة أجيال ممن عملوا في ميدان علم الفلك. ترك توماس هندرسون مرصد رأس الرجاء الصالح سنة 1833، وصار في هذا العام والعام الذي تلاه الفلكي الملكي لاسكتلندا وأستاذاً في جامعة إدنبره، حيث شغل كرسياً أنشئ بمنحة ملكية. وطوال العقد التالي، قام هندرسون، إضافة إلى اختزاله لبيانات مرصد رأس الرجاء الصالح، بتعيين المواقع المضبوطة لنحو 60،000 نجم في السماء الشمالية.

أمضى فردريش بسل بقية حياته في كونكسبرك، بعد أن رفض عرضاً مهماً جداً ليرأس مرصد برلين. لكنه توجه في شهر يونيو / حزيران سنة 1842 إلى إنكلترا، محققاً بذلك حلماً كان يراوده منذ أن كان صبياً متمرناً في بريمن، وهو زيارة المرافئ الأجنبية. وقد جرى تكريمه بمانشستر في مجلس الرابطة البريطانية لتقدم العلوم، ثم قام بجولة، مدتها 11 يوماً، طاف خلالها في بعض أنحاء إنكلترا واسكتلندا. أثناء هذه الرحلة أقام يومين في بيت رئيس الرابطة جون هيرشل في كولنكوود بكنت. هناك أخبر هيرشل باحتمال وجود كوكب ثامن، واستند في ذلك إلى الشذوذات التي لاحظها في الحركة المدارية لأورانوس، وهو الكوكب الذي اكتشفه والد هيرشل. (اكتُشف نبتون بعد أربع سنوات، سنة 1846، من قبل يوهان كالي Johann Galle في برلين). سافر بسل بعد ذلك إلى إدنبرة لمقابلة زميله في اكتشاف اختلاف المنظر توماس هندرسون. وفي 4 يوليو / تموز سنة 1842، أهدى هندرسون بسل صورة فوتوغرافية على لوحة فضية لمرصد كالتون هيل Calton Hill في إدنبره، وهذه الصورة موجودة اليوم في مصنفات (أرشيف) المرصد. ويُروى أن هندرسون وصف مقابلته لبسل بأنها واحدة من أهم الأحداث في حياته. بعد سنتين من ذلك، سنة 1844، مات هندرسون إثر إصابته بمرض في القلب، وكان آنذاك في السادسة والأربعين من عمره. ولم يُعثر له على صورة شخصية حتى الآن.

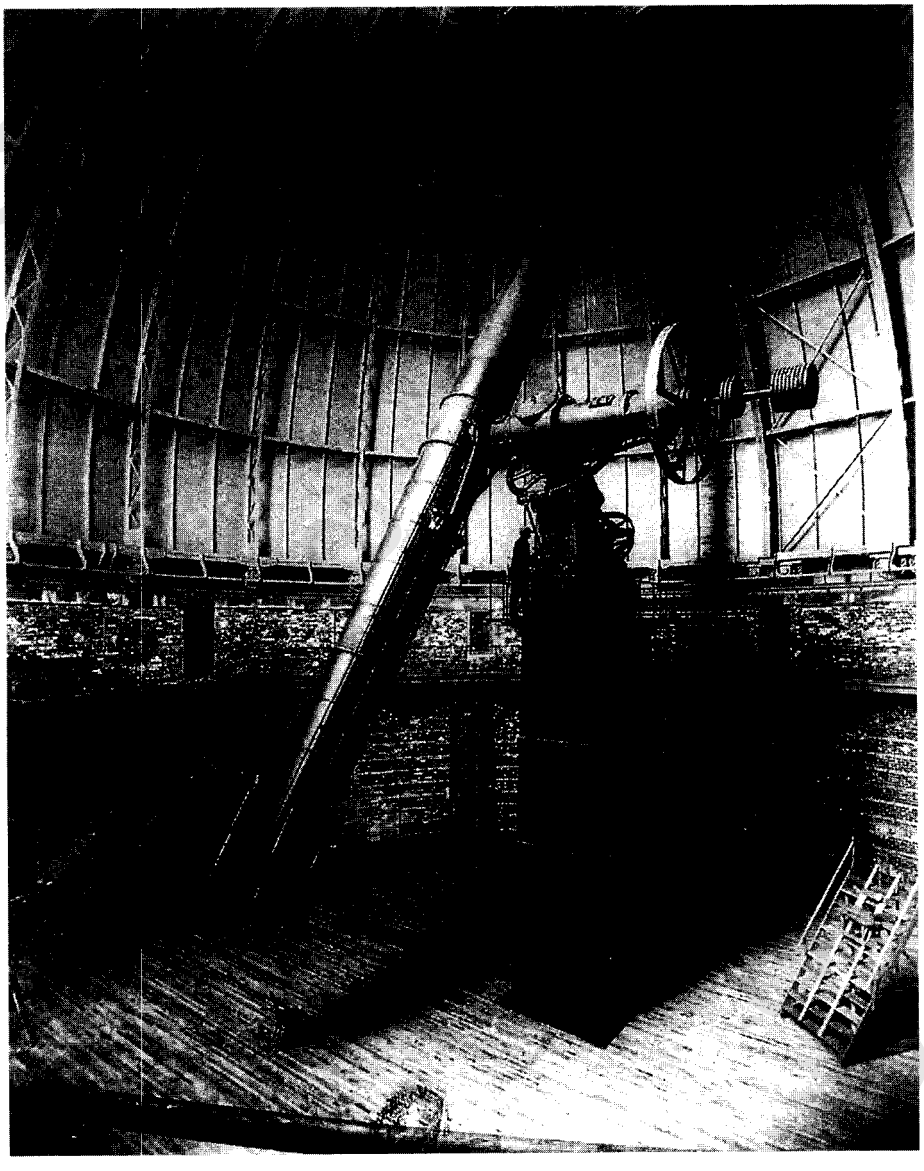
لم يعمّر بسل بعد موت هندرسون سوى سنتين قضاهما في مرض شديد. ومع ذلك، فلم يتراخ بسل في عمله إلا عندما أصبح قريباً جداً من نهايته. فقد بدا وكأن العمل يمدّه بالقوة والطاقة. وخلال معاناته آلاماً شديدة في رأسه وصدره استمرت شهوراً عدة، ختم رسالة خطّها في شهر سبتمبر / أيلول بالكلمات التالية: « Nun wieder in die Sternwarte, denn es ist wundervoll heiter!». وكلمة heiter الألمانية يمكن أن تترجم بطريقتين. فربما كان يقصد بها بسل الطقس، وعندئذٍ تترجم كلماته كما يلي: «عليّ العودة ثانيةً الآن إلى المرصد، لأن السماء صافية تماماً!» أو ربما كان يقصد ـ بسبب استمرار تدهور حالته الصحية ـ المعنى الآخر لكلمة heiter، وعندئذٍ



صورة داغرية daguerrotype **لفردريش ولهلم بسل، أخذها له لودفيك موزير، 15 سبتمبر/ أيلول سنة 1843.**
المصدر: متحف الصور الألماني، ميونيخ.

تكون الترجمة هي: «عليّ العودة الآن ثانيةً إلى المرصد، لأن حالتي الصحية حسنة تماماً!» ومن المعلوم أن حسن الحال وصفاء السماء هما شيء واحد للفلكي.

قبل وفاته سنة 1846، اكتشف بسل أمراً آخر بالغ الأهمية. فالحركة الذاتية لنجم الشعرى اليمانية، وفقاً لأرصاد بسل، كانت شاذة وغريبة بكل وضوح، كما لو أن هذا النجم كان يُشَدُّ ويُدْفَعُ بأيادٍ خفية. وقد كان يخمّن أن للشعرى اليمانية شريكاً غير مرئي له كتلة لا يستهان بها، وأن النجمين في هذا الزوج يدور كل منهما حول الآخر كأنهما راقصان، وأنهما واقعان تحت تأثير قوة تثاقلية. ومع أن النجم الآخر «المعتم» لم يفضح نفسه بالمقراب، فإن بسل كان متوثقاً من وجوده. وقد كتب إلى العالم والمؤرخ ألكساندر فون همبولت ما يلي: «لا وجود لسبب يجعلنا نفترض أن الضيائية هي خاصية لازمة للأجرام الكونية؛ فالعدد الكبير من النجوم المرئية لا يمثل سوى نسبة ضئيلة من النجوم غير المرئية الأخرى». لم يُكتشَف الرفيق المراوغ للشعرى اليمانية إلا سنة 1862، من قبل صانع المقاريب الأمريكي ألفان كراهام كلارك. كان النجم شديد الغرابة، حتى بالمعايير المعاصرة، ذلك أنه نجم بكتلة الشمس وحجم الأرض. إنه قزم أبيض. وكل فلكي يتمتع ببصيرة بسل، لابد أن يرى حتى النجوم غير المرئية.



مقراب كاسر طوله أربعون إنشاً، مرصد ييركس.
المصدر: مرصد ييركس.