12

المقراب (التلسكوب) الذي يُبْنَى مرتين

كنت أظن أن النهار هو أجمل شيء، إلى أن شاهدت ما يكشفه الليل.
كنت أظن أن هذه الأرض التي أعيش عليها هي كل العالم، إلى أن انبثق
من حولي عدد لا يحصى من العوالم الصامتة.

ـ والت ويتمان، قصيدة عنوانها «Night on the Praries»
من ديوان Leaves of Grass

الرياح والأمواج توفر دوماً دعماً وسنداً لأقدار الملاحين.

ـ إدوارد جيبون

★ ★ ★

كان مكتب والدي مملوءاً بآلات مبهمة. وحينما كنت طفلاً، كنت أتسلل إلى غرفته، وأفتح الأدراج، وأعبث بالبوصلة والفرجار النحاسيّين، وبأدوات منحنية غريبة مصنوعة من مادة لدنة لونها أصفر ضارب إلى الحمرة. لم يكن لديّ سوى فكرة مشوّشةً عن استعمال هذه الأشياء، لكنني كنت أعرف أنه عندما هرب والدي من النازيين سنة 1939، كانت هذه الأشياء من بين المقتنيات القليلة التي حملها معه.

obeikandl.com

كان والدي مهندساً، وكانت هذه الأشياء الغامضة أدوات يستعملها في مهنته. وفي الخمسينيات والستينيات من القرن الماضي، صمّم أبي صنابير للصواريخ، وذوات المحورين gimbals ـ أدوات لإبقاء شيء ما، كالبوصلة، في وضع أفقي ـ ومجموعة متنوعة من لوازم السفن الفضائية، ومن ضمنها ما أطلق عليه اسماً غير لطيف هو شِتْ مِتْ shit mitt، وهي نونيّة ذات تقانة ثبّتت بالبزّة التي ارتداها روّاد فضاء كوكب عطارد. وفي وقت لاحق، صَمّمَ الآليات الموجودة داخل الآلات التي تصنع البطاقات الائتمانية. كان يحوّل أفكاره بصبر وحيوية إلى رسوم ميكانيكية، يقوم آخرون بتحويلها إلى حقائق. ويمكنني التصور أنه، مثل جون هنري، قادرٌ على وضع أفضل برنامج رسم حاسوبي لهذه الأيام.

لا بدّ أن يكون والدي وجد سماتٍ مشابهة لسماته عند فردريش ولهلم بسل Friedrich Wilhelm Bessel. كان كلاهما رجلاً تقنياً دقيقاً يقدر الدقة ويسعى للكمال. كلاهما صمم وطبّق، ولو بطرق مختلفة جداً، آلات خاصة لتقصّي الفضاء.

الزمان هو سنة 1799، والمكان مندن Minden في ألمانيا. كانت نذر الثورة آنذاك ظاهرة في المجالات السياسية، والعلمية، والصناعية، والاقتصادية. كانت تلك الأيام أوقاتاً عصيبة في جميع أنحاء أوروبا، أوقاتاً تحدث فيها تغييرات جوهرية، أوقات حروب، وأوقات فرص الشبان الطامحين الأذكياء العاملين بهمة ونشاط. في هذه الأجواء المضطربة قرر فردريش بسل، الذي كان في الخامسة عشرة من عمره، والذي كان أبوه موظفاً حكومياً بسيطاً، أن يهجر بلدته التي ولد فيها ليبحث عن مستقبل أفضل في مكان آخر. ويتذكر بسل أن عائلته كانت على حافة الانهيار المادي. أما في مرحلة شبابه فكانت ظروفه الجديدة تسمح له بجمع ثروة لا بأس بها، وبالتحكّم في مصيره.

ترك بسل المدرسة حين كان في الصف الثامن. كان يرى أن بمقدوره أن يتعلم من الكتب كل ما يريد معرفته. وقد وفر له أبوه التدرب في المركز التجاري النشيط لمدينة بريمن. هذه المدينة التي عمرها 1،000 سنة، والتي

تقع على مفترق الطرق التجارية الرئيسية في القارة الأوروبية، أضحت في ذلك الوقت مركزاً يقصده تجار الطبقة المتوسطة سعياً لبلوغ الثروة والقوة. ومن ضفاف نهر ويزر Weser الذي كان يجتاز قلب تلك المدينة، كان بمقدور بسل أن يشم رائحة الهواء الذي يحمل ذرات ملح بحر الشمال الذي يبعد عنه قرابة أربعين ميلاً. هناك، كان يوجد عالمٌ أرحب، عالمٌ قرأ عنه، عالمٌ كان ينشد استكشافه.

في 2 يناير / كانون الثاني سنة 1799 شغل بسل وظيفة في شركة بابنشتراسي، وهي مركز استيراد وتصدير في بريمن يملكها أندرياس كولنكامب وأولاده. كان يعمل ستة أيام في الأسبوع من السادسة صباحاً حتى الثامنة مساءً، أما في أيام الآحاد فكان يعمل حتى الظهر. وكغيره من الموظفين المستجدين، كان يقضي الساعات من نهاره في كتابة ونسخ مراسلات الشركة. أمّا في الليل، فكان يتابع بعض الأعمال الكتابية للشركة، ويقرأ مجموعة من الكتب التابعة لصاحب الشركة، وهي كتب تبحث في الشؤون المالية والتجارة الخارجية. وكلما ازداد الطابع الكميّ للمادة التي كان يقرأها، ازداد تعلقه بها، لأنه كان في جوهره رجل «أعداد». وعندما بلغ بسل العشرين من عمره، كان حوّل نفسه إلى رياضي متخصص في معالجة الشؤون المالية المعقدة للشركة. وقد جعلته مهارته غير العادية في الحسابات التجارية والتحليل الرياضي نجماً صاعداً في شركة كولنكامب.

في الوقت نفسه، كان بسل يحلم بسفينة تبحر به في يوم من الأيام إلى بلاد بعيدة. علّم نفسه الإنكليزية والإسبانية استعداداً لمغامراته المستقبلية. كانت طاولته في البيت تئن تحت ثقل كتب العلوم الاقتصادية والجغرافية وعادات الشعوب الأجنبية. لكن زوجاً واحداً من هذه الكتب هو الذي أحدث انعطافاً في مسيرة حياته. الكتاب الأول من تأليف مور Moore، عنوانه: موجز في الملاحة العملية Epitome of Practical Navigation، والآخر من تأليف بوننبيركر Bohnenberger عنوانه: مقدمة إلى إيجاد المواقع الجغرافية Introduction to Geographical Position-Finding.

تطورت الملاحة الفضائية[1] celestial navigation من مجرد فن يمارسه البحارة، إلى علم رياضي يستعمل الأقواس، والزوايا، والسدسيات، والكرونومترات، ويتجاوز فهم معظم قباطنة البحار. لكن فردريش بسل لم يكن من هؤلاء. في البداية، كان كل همه أن يحرر القوارب التجارية من سلوكها طرقاً محاذية للشواطئ، وتمكينها من الإبحار في أواسط البحار. بيد أنه كلما زادت قراءاته في كتب الملاحة الفضائية، ازدادت رغبته في معرفة الأسس الفلكية لهذه الملاحة. تُرى، ما هي العوامل التي تحكم تواتر حوادث المد والجزر؟ لماذا ترسم الكواكب عُرًى في السماء؟ كيف يعين الفلكيون المواقع الدقيقة للنجوم؟ هل صحيح أن جميع النجوم هي في جوهرها نسخ عن شمسنا؟ وهكذا انطلق بسل في رحلة غير متوقعة بعيداً عن الشؤون العملية التي تتعلق بعالم الأعمال. وقد انقسمت حياته إلى نصفين: فكان يقوم نهاراً بواجباته في المركز التجاري، لكنه كان ينزوي ليلاً في غرفة منعزلة لدراسة الموضوع الذي شغف به، ألا وهو علم الفلك.

زُرعت بذور اهتمام بسل بالعلوم قبل أن يترك مسقط رأسه مندن. كان بسل ما يزال في الثالثة عشرة من عمره عندما أدرك أن بصره كان حاداً جداً. ففي ذلك الوقت بدا له نجم في كوكبة النسر الواقع Lyra أنه نجم مضاعف، في حين رآه أخوه بقعة ساطعة منعزلة. ولدى مراجعة بسل لخارطة سماوية، وجد أنه حتى واضع الخريطة، اعتبر ذلك النجم منفرداً وليس مضاعفاً. (في ذلك الوقت، كان يظن أن ضعف عيني أخيه ناتج عن الجهد الذي يبذله في دراسته بكلية الحقوق). وقد واصل بسل طوال حياته قياس حدة بصره عن طريق التحديق في النجم المضاعف المكوّن إبسيلون Epsilon والنسر Lyrae 5.

ثمة دافع ثانٍ زاد في حب بسل للعلوم، هو المدرس الذي كلفه والده بتدريسه بغية رفع علاماته المنخفضة في مدرسته. خلال أحد الدروس،

(1) تخطيط وتوجيه حركة مركبة (بحرية أو غيرها) من داخلها، وذلك برصد الأجرام السماوية. (المعرّب)

تحدث المدرس عن جهاز اسمه «Brennglass»، وهو مكوّن من عدسة تبئّر أشعة الشمس لجعلها تحرق قطعة من الورق. وبإصرارٍ من بسل، بُدّدَ الدرس التالي في نحت قطعة من الزجاج الذي يركّب في النوافذ بورق سنفرة لتتخذ الشكل المحدب المطلوب. ومع أن العدسة الناتجة لم تحرق الورقة، فإنها زرعت بذور الفضول العلمي في ذهن الشاب بسل.

في بريمن، انهمك بسل في قراءة كتابات كوبرنيك، وكبلر، ونيوتن، وهالي. وقد أسره شرحهم الرياضي المكثف لحركات الكواكب في مداراتها، وهذا جعله يختصر مدة نومه إلى خمس ساعات فقط كي يخزن كل المعلومات التي يقرؤها في رأسه. وسرعان ما علّم نفسه كيف يحسب هيئة وحجم وتوجيه فلك جرم سماوي بواسطة التحليل الدقيق لحركة الجرم من ليلة إلى أخرى عبر السماء. عند ذلك أصبح مستعداً لمواجهة التحديات. وإذا أردنا استعمال لغةٍ حديثة، فإننا نقول إن فردريش بسل كان «لاعباً رياضياً» رياضته هي الحسابات. كان بطلاً في القفز العالي العددي، وقد قرر هذا البطل رفع القصبة التي يثب فوقها وهو واثق بأنه سينجح في مهمته. كانت «القصبة» في هذه الحالة مسألة فلكية حقيقية هي: فلك مذنب هالي. فقبل قرابة 200 سنة، وتحديداً في سنة 1607، دار المذنب حول الأرض بعد غيابٍ عنها دام ثلاثة أرباع قرن. وكان الراصد الإنكليزي توماس هاريوت Thomas Harriot (الذي اتّهم زوراً بأنه شارك في المؤامرة الشهيرة لنسف البرلمان) سجّل موقع المذنب خلال زحفه عبر السماء الليلية. حصل بسل على نسخة من قياسات سبق أن أجراها هاريوت للمذنب دون أن ينشرها، وفي سنة 1804 أجرى حسابات مضنية لتعيين المدار الحقيقي للمذنب في الفضاء الخارجي. وقد ملأت حساباته هذه أكثر من 300 ورقة، كل منها كتب على وجهيها.

كان المدار الحاصل للمذنب ضيقاً وطويلاً؛ فقد تجاوز أورانوس بمسافة كبيرة، وهو أبعد كوكب معروف في تلك الأيام. ثم إن المذنب بدا وكأنه يتحرك بعكس اتجاه حركة الكواكب. الأهم من ذلك هو أن بسل

تحقق أن هذا المدار كان متطابقاً تقريباً مع ذلك الذي استنتجه إدموند هالي قبل قرن من الزمان. وقد شعر بأنه أنجز شيئاً جوهرياً، لكن كيف يمكنه التوثق من إنجازه؟ كان يتعين على المتدرب في عالم التجارة أن يكون فلكياً.

عند منقلب القرن، كانت بريمن مركزاً للتجارة، لا للعلوم الفلكية. لم يكن فيها جامعة رئيسية تحوي هيئة من الباحثين الفلكيين. لم تكن تحوي مرصداً كبيراً كالمراصد الموجودة في كرينتش أو باريس. في سنة 1801، كتب بسل لأخيه الأكبر، الذي كان طالباً في كلية الحقوق ببريمن، يقول: «اكتب لي الآن، أو فيما بعد عندما تجد الوقت المناسب، عن الأحوال الفكرية في بلدتنا. لا وجود لعلماء في بريمن. يبدو أن العلم مات كلياً في هذه البلدة، بيد أنه يوجد هنا شخص واحد يمكن الافتخار به».

كان ولهلم أولبرز Wilhelm Olbers أكبر عالم في بريمن. ومع أنه كان يمارس مهنة الطب، فقد «كان متحمساً جداً لعلم الفلك» منذ نعومة أظفاره. والآن، بعد أن بلغ منتصف الأربعينيات من عمره، كان قد جهز الطابق العلوي من بيته في بريمن بمرصد بسيط، وكان من الممكن أن يوجد فيه كل ليلة صافية تقريباً. كان المرضى الذين يحضرون إلى عيادة الطبيب أولبرز ليلاً يجدونه غالباً في الطابق العلوي، وكانوا يشرحون له أعراض مرضهم وهو يتطلع في مقرابه. وبعد مدة مارس فيها أولبرز الطب والفلك جنباً إلى جنب، قرر التفرغ لواحدٍ منهما. وعندما كان ما يزال طالباً للطب في الواحدة والعشرين، ابتكر طريقة مبسطة لحساب فلك (مدار) المذنبات، هي نفس الطريقة التي استعملها بسل. في سنة 1802، اكتشف الكويكب asteriod الثاني بالاس Pallas. (وفي وقت متأخر من حياة أولبرز، أثار دون قصد منه، «فزعاً مذنبياً» في أوروبا سنة 1832، عندما أعلن أن مذنب بييلا Biela سيجتاز فلك الأرض في طريقه التي ستفضي به إلى الدوران حول الشمس. كتبت الصحف آنذاك عن اصطدام وشيك بين المذنب والأرض نفسها ! لكن أولبرز طمأن الناس بأن الأرض ستكون على مسافة من المذنب قدرها 50 مليون ميل حين يتجاوز المذنب فلكها).

وقد كتب بسل في سيرته الشخصية أنه حينما كان يتجول في أحد شوارع بريمن في أحد أيام السبت من سنة 1804، رأى أولبرز يمشي قريباً منه. عندئذٍ رأى الفرصة سانحة ليُطلع خبير المذنبات بعمله، لو أنه كان يملك الشجاعة الكافية للتحدث إليه. لحق بسل بأولبرز مدة من الزمن، وكان أثناء ذلك «يحسب» ذهنياً مساره الذي يمكّنه من التقابل مع أولبرز. أخيراً، انطلق في طريق موازية، وكان قلبه آنذاك يخفق بسرعة، ثم انعطف ودخل في زقاق وجد في نهايته أنه يقف وجهاً إلى وجه مع أولبرز الذي فوجئ ببسل. وبعد أن بدأ بسل يتلعثم وهو يقدم اعتذاره، سارع إلى شرح حساباته المذنبية لأولبرز، ورجاه مراجعتها. وسرعان ما هدّأ أولبرز من روع بسل، إذ قال إنه سيكون سعيداً بفحص هذه الحسابات. وفي الحقيقة، كان أولبرز يتوق إلى رؤية هذا العمل الجديد. انطلق بسل إلى بيته، ولملم أوراق حساباته المذنبية من على طاولته، واتجه إلى بيت أولبرز وناوله إياها.

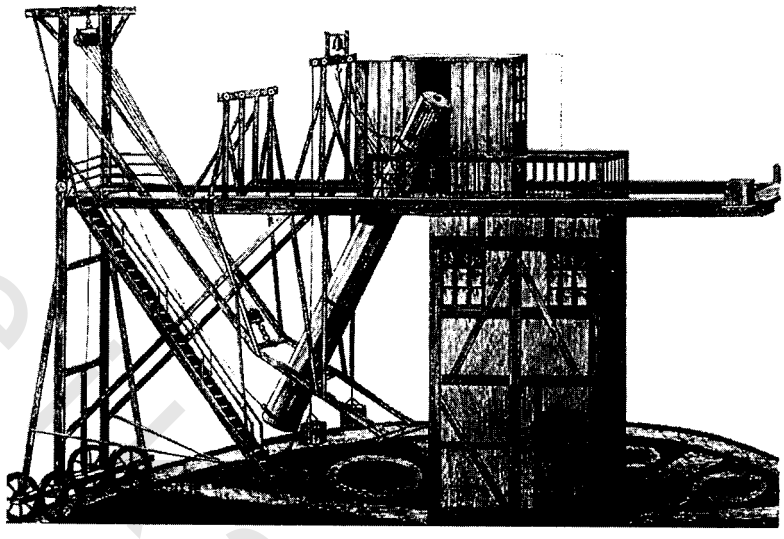
كان رد فعل أولبرز عظيماً وهو يتصفح عمل بسل. وجد أن بسل نسخة منه، ولكن بعمرٍ أقل. كان عمر بسل آنذاك اثنتين وعشرين سنة، ومع ذلك فقد كان من هواة البحث في موضوع المذنبات، وكان يقصد من تصديه لحل مشكلة معقدة الشعور بالسعادة نتيجة مواجهة تحد صعب والتغلب عليه. لكن أولبرز رأى في عمل بسل أكثر من مجرد حسابات دقيقة، إذ اطلع على تفسيرات بارعة، وتفكير عميق، ومن ثم فما رآه كان يرقى إلى أن يكون مضمون رسالة لنيل درجة الدكتوراه. اتصل أولبرز مباشرة بصديقه الحميم، الرياضي الشهير كارل فريدريش كاوس Carl Friedrich Gauss ليخبره عن هذا الفلكي الملهم، الذي نظر إليه وكأنه مذنب ظهر على غير ميعاد. وفي وقت لاحق ذكر أولبرز، بتواضعه المعروف عنه، أنّ اكتشافه لبسل كان أكبر خدمة أداها لعلم الفلك.

ظهر يوم الأحد، بعد يوم واحد من تسليم بسل عمله لأولبرز، قام بسل بنزهة طويلة سيراً على القدمين ليريح أعصابه. وعند عودته، وجد رسالة وكتابين قرب بابه. وقد كتب أولبرز في رسالته أن المهارات الرياضية

والمعارف الفلكية التي كان يمتاز بها بسل، هي أعلى مما يمكن أن يملكها شاب بصغر سنه. كان مدار الكوكب محسوباً بطريقة صحيحة. ولو استعمل بسل البيانات الرصدية الإضافية المسجلة في الكتابين اللذين تركهما له، لكان بمقدور بسل، برأي أولبرز، أن ينشر نتائجه النهائية. وفي نوفمبر / تشرين الثاني سنة 1804، ظهر أول عمل علمي منشور لفردريش بسل.

في السنتين التاليتين، تولى أولبرز أمر العناية بالتثقيف العلمي لبسل، وذلك بتزويده بكتب علوم الفلك والرياضيات المتقدمة، وتكليفه بحسابات مزيد من المدارات المذنبية، ومحاولة إقناعه بأن مستقبله ليس في عالم الأعمال، وإنما في النجوم. اعتبر بسل أولبرز الذي غمره بكرمه، أباً ثانياً له، وبقي الاثنان يتراسلان مدى الحياة، وبلغ مجموع رسائلهما المتبادلة 360 رسالة. وبحلول سنة 1806، كان أولبرز وجد للشاب الذي يرعاه عملاً في بلدة ليلنتال القريبة ليكون مساعداً لشخص آخر يمارس نشاطين، أحدهما في علم الفلك. هذا الشخص هو كبير القضاة يوهان هيورونيموس شروتر. ذكر أولبرز أن الراتب السنوي كان ضئيلاً، لكن بسل سيستعمل تجهيزات فلكية من نوع متقدم. وفي نفس الوقت عرضت شركة كولنكامب على بسل عملاً دائماً دخله السنوي سبعة أمثال ما قدمه له شروتر. كان على بسل الاختيار بين أن يحيا حياة بدخل قليل يمضيها في دراسة السماء، أو أن يعيش حياة ينعم فيها بالثروة والراحة والمكانة الاجتماعية المرموقة بوصفه رجل أعمال. أخيراً، تبيّن له أن إغراء النجوم لا يقاوم. عندئذٍ حزم بسل حقائبه وتوجه في 14 مارس / آذار سنة 1806 إلى ليلنتال. وقد كتب أولبرز لصديقه كاوس رسالة قال فيها: «إنني سعيد إذ أنقل إليك نبأ انصراف بسل كلياً إلى علم الفلك... هذا العبقري... الذي لن أقابل مثيلاً له».

وصف بسل سنواته التي قضاها في ليلنتال بأنها «سعيدة وهادئة». كانت هادئة حقاً. وبعد صخب بريمن ومكتب كولنكامب، لا بد أن تكون الحياة في ليلنتال مع شروتر وشقيقته الكبرى تتسم بالحياة الريفية البسيطة. كان بسل، المعروف بحبه للحياة الاجتماعية، كثير التراسل مع الفلكيين في



مقراب يوهان شتروتر العاكس، ليلنتال، 1793.
من شوايكر . ليرشنفيلد (1898).
المصدر: مكتبة ويدينر، جامعة هارڤرد.

ألمانيا، وذلك ليبقى على اتصال بالنشاطات التي تحدث في مجال عمله، وليخلّص نفسه من العزلة التي عاش فيها. كان يقضي ساعات راحته في القراءة والبحث، وكان النوم لا يشغل عنده إحدى الأولويات. وقد قدم إليه أبوه الروحي أولبرز في إحدى رسائله النصيحة التالية: «اعتن بصحتك، يا عزيزي المتيّم بحب علم الفلك!»

كان مقراب شروتر يعدّ من المقاريب الضخمة في تلك الأيام، وكان أكبر بكثير من أي شيء شاهده بسل في بريمن. طوله 15 قدماً، وقطره قدم واحد. كان هذا المقراب العاكس الكبير مدعوماً بحاملة carriage دوارة بحجم بيت. (في الحقيقة، كانت الحاملة بيتاً بالفعل، ولكن من نوع رديء، له باب ونوافذ وسلم خارجي). يبدو هذا البيت للعين المعاصرة عملاً مشتركاً بين ليوناردو دافنشي وفرد فلنستون Fred Flinstone. لكنه لا بد أن يمثل لشخص مثل بسل، يريد أن يكون فلكياً، مكاناً مقدّساً ملهماً. هذا المكان هو الذي أتاح له الفرصة في النهاية ليتعلم مهنة الرصد. وفعلاً، فقد

أمضى شروتر السنوات القليلة التالية في تعليم بسل هذه المهنة. ولم يمض وقت طويل حتى طغت شهرة التلميذ على شهرة أستاذه في الوسط الفلكي.

ربما علمته الليالي الطوال التي قضاها مع المقراب شيئاً آخر، ألا وهو الإحباط. فكي يوجّه المقراب إلى جرم ما، كان يتعين عليه أن يرفع ويخفض أنبوبه بواسطة حبل وبكرة، ثم ينادي مساعديه ليدوّروا الحاملة الضخمة ذات العجلات. وفي التكبير العالي، كانت صور النجوم تبدو في العينية لطخات ضبابية، ذلك أن آثار كل عيب ضوئي في المرآة والعدسة تكبر أيضاً. كان تعقب حركة جرم سماوي مهمة صعبة، وكان التسجيل الدقيق لموقع نجم أمراً مستحيلاً تقريباً. واختصاراً، فإن مقارنة مقراب شروتر بمقراب معاصر، يشبه مقارنة سيارة صنعت في أوائل القرن العشرين بسيارة مرسيدس حديثة. بيد أنه كان يكمن في هذه العيوب الكثيرة، التي يعانيها المقراب، دروسٌ خلّفت انطباعاً لا يُمحى عند الفلكي الشاب القادم من بريمن، دروسٌ دفعته إلى إعادة صوغ علم الرصد الفلكي.

لم يكن بسل يولي رسم خريطة لسطح القمر إلاّ القليل من الاهتمام، ذلك أن شروتر نفسه كان يقوم بذلك، ثم إنه لم يكن يرغب في مسح السماء دون توقف لاكتشاف مذنب، لأنه كان يعلم أن احتمال هذا الاكتشاف ضئيل جداً. كان يريد التصدي لمشروع يجمع بين دقة الرصد والتحليل الرياضي. ولحسن الحظ، كان مقراب شروتر الضخم عوناً له في هذه المهمة. فطوال قرون، كانت تُعَيَّنُ حركات الكواكب والمذنبات بالنسبة إلى الشبكة غير المنتظمة من الخلفية النجمية. كانت النجوم لفلكيٍّ بمنزلة المنارات الملاحية الحديثة لربان طائرة: فهي المعالم الثابتة التي يعيّن بالنسبة إليها موقع جرم متحرك. وعلى سبيل المثال، فإن انزياحاً دقيقاً في مسار كوكب قد يشير إلى وجود كوكب لم يكتشف في مكان ما من النظام الشمسي. لكن مثل هذا الانزياح لا يمكن كشفه إذا كانت الشبكة النجمية، التي يجري القياس بالنسبة إليها، غير معينة بدقة. وفعلاً، ففي بدايات القرن التاسع عشر، كانت المواقع النجمية ما زالت غير معينة بدقة.

تصوّر بسل مقراباً أجزاؤه الضوئية خالية من العيوب، حركته سهلة سَلِسَة، لا يتعرض لاهتزازات عند تحريكه، ودوائره الإحداثية محفورة جيداً. بمثل هذه الآلة، يمكنه القيام بقياس دقيقٍ لمواقع نجمية، تُعَدُّ بالآلاف. ومع أن هذه مهمة قد يستغرق إنجازها عقوداً من الزمن، لكنها لو نفذت بالوجه الصحيح، لكان بإمكانه تعيين الشبكة النجمية بدقة لم يسبق لها مثيل. لم يكن علم القياسات الفلكية Astrometry ـ الذي يُعنى بالقياسات الدقيقة للمواقع النجمية ـ موضوعاً يجذب إليه الفلكيين، لكنه بدا لبسل عملاً بطولياً يمكن أن يتصدّى لإنجازه. كان عملاً من شأنه أن يضعه وجهاً لوجه أمام أكبر مشكلة فلكية مربكة ومحيرة، ألا وهي قياس اختلاف المنظر النجمي.

وَمَثَلُ محاولة قياس اختلاف منظر نجمي بمقرابٍ يعود إلى القرن الثامن عشر، كَمَثَلِ محاولة قياس حجم جرثومة بمسطرة. وحتى المقاريب الكاسرة المتقنة في تلك الأيام، المصنوعة كلها من خشب ونحاس مصقول، فقد كان ثباتها ومعايرتها غير كافيين لتسجيل اختلاف منظر نجمي. إن المقراب، تلك الآلة الرائعة التي أطلعتنا على السماوات قبل نحو 200 سنة، أصبح الآن العامل الرئيسي في الحدّ من التقدم في ميدان علم الفلك النجمي. ولم يدرك فلكيٌّ هذه الحقيقة أكثر من فردريش بسل.

في محاضرة ألقاها بسل سنة 1840، ذكر أن المقراب آلة غير متقنة، ولا يمكن الوثوق بها. فكل آلة تحوي عيوباً مجهرية (مكروسكوبية) لا تفضح نفسها إلا عن طريق الأرصاد الدقيقة المتقنة المنهجية للسماوات.

وإذا أردنا تقديم تشبيه معاصر، نقول إن السيارة قد تبدو رائعة في قاعة العرض، ولكنها قد تكشف عن مجموعة من الذبذبات وأصوات الصرير عند تجريب قيادتها. كان بسل يرى أن كل مقراب يجب أن «يُبْنَى» مرتين، «مرة في ورشة الصناع المهرة، من النحاس والفولاذ، ومرة أخرى من قبل الفلكي، الذي يسجل على الورق التصحيحات التي يراها ضرورية أثناء أرصاده، والتي يتعيّن على صانع المقراب تنفيذها».

لتعيين عيوب آلة، يتحول الفلكي إلى محقق ويطرح الأسئلة التالية: هل عدسة المقراب مركّبة بزاوية صحيحة دقيقة بالنسبة إلى الضوء الذي يجتازها؟ هل ترتخي العدسة عند إمالة المقراب إلى اتجاه آخر؟ هل جزع الدوران عمودي تماماً؟ هل يتأثر أنبوب المقراب بقوة سحب الثقالة؟ هل مستوى قاعدة الآلة أفقي تماماً، وهل هي موجّهة من الشمال إلى الجنوب؟ هل تنتقل الارتجاجات التي تحدثها قدما الفلكي أثناء مشيه إلى الآلة؟ هل العلامات الموجودة على دوائر الإحداثيات النحاسية مفصولٌ بعضها عن بعض بمسافات متساوية؟ هل الدوائر نفسها تتقلص في هواء الليل البارد؟ بهذه الطريقة، يتتبع الفلكي المحقق ويقدّر كل مصدر للأخطاء الناتجة عن الآلة، ومن ثم يمكنه بطريقة رياضية إبطال الأثر الإجمالي لهذه الأخطاء في موقع النجم الذي يجري قياسه. شرح بسل أيضاً عوامل لا تتعلق بالآلة، تتكاتف معاً لإزاحة الموقع الظاهري لنجم، وهنا تمثل الأرض نفسها العامل الرئيسي بين هذه العوامل. فالأرض هي منصة غير مثالية لفلكي يرصد منها السماوات. فهي تطوف حول الشمس، وتدوّم، وتترنح كالبلبل (الصياح)، وهي مغلّفة بستارة من الهواء.

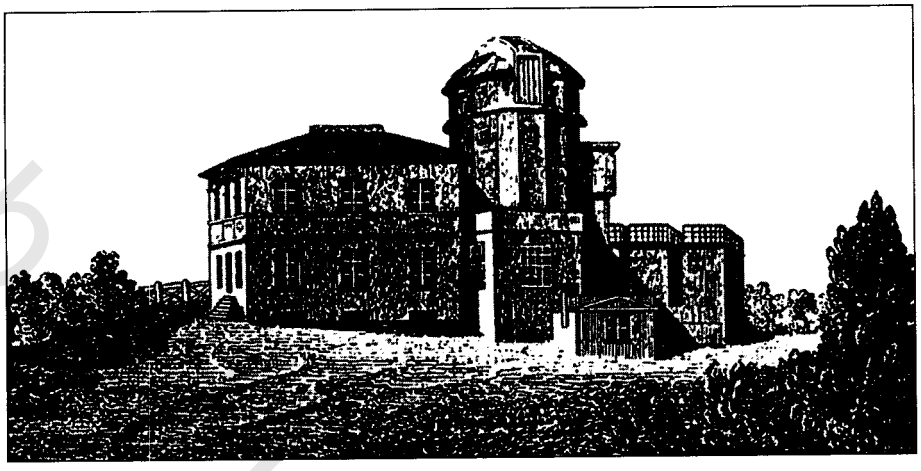
يقوم جو الأرض مقام عدسة غير ثابتة تجعل صورة النجم الصغيرة تبدو منتفخة. والتحديد المستمر للمصدر الدقيق للضوء المضطرب، بسبب الجو، يمثل تحدياً كبيراً للفلكي الباحث عن اختلاف منظر. ثم إن الجو يثني الضوء النجمي الذي يجتازه، وهذا يغير على الدوام من الموقع الظاهري للنجم خلال هبوطه من السمت إلى الأفق. وإذا كان موقع نجم يرتفع زاوية قدرها 30 درجة فوق الأفق، فإن الجو يحني شعاعه بزاوية أكثر قليلاً من 4/100 من الدرجة قبل وصول الشعاع إلى المقراب. لذا يبدو النجم أبعد بزاوية قدرها 4/100 من الدرجة عن موقعه الحقيقي في الفضاء، ومثل هذا الانحراف لا يلاحظه فلكي عادي. لكن هذا الانحراف، يمثل لفلكي مثل بسل ـ يبحث عن اختلاف منظر نجم، ويحاول تعيين موقعه الحقيقي بدقة تصل إلى جزء من المليون من الدرجة ـ انحرافاً شديداً. وقد تعين على بسل، باستعماله الرياضيات، أن يتخلص من الجو الأرضي، ويوقف أرضنا

عن تدويمها وعن دورانها حول الشمس ! عند ذلك فقط، يصبح بإمكان مقرابه، الذي يبنى مرتين، أن يدلّه على الموقع الحقيقي لنجم.

واصل بسل عمله في ليلنتال، وكان خلال ذلك يفكر في طريقة لمعالجة مشكلة اختلاف المنظر. وفي سنة 1806، قام بمحاولة متهورة لحساب المسافات إلى كثير من النجوم الساطعة، لكنها كانت فاشلة. وبدا أن كل ما كان ينقصه هو مقراب جيد. لم يكن يوهان شروتر بحاجة إلى آلة عالية الدقة وكبيرة التكلفة، إذ إن المقراب العاكس الكبير كان ملائماً جداً لوضع خريطة قمرية. لكن بسل استلم، في الأسبوع الأول من شهر نوفمبر / تشرين الثاني سنة 1809، رسالة فتحت له أبواب عالَم جديد لم يكن متاحاً له من قبل.

فقد أمر فردريش ولهلم الثالث، ملك بروسيا، ببناء مرصد حكومي جديد في جامعة كونكسبرك (كالننكراد حالياً) التي درَّس فيها، في وقت من الأوقات، عمانويل كانت Immanuel Kant. وكان على بناة المرصد أن يزودوه بأفضل الآلات الموجودة في العالم. وقد أوصى ألكساندر فون همبولت Alexander von Humboldt، المستكشف، وعالم الطبيعة، والمستشار العلمي للملك، بتعيين بسل مديراً للمرفق الجديد. عندئذٍ صارت النجوم، التي كانت تبدو قبل لحظات شاسعة البعد عن بسل، قريبة جداً منه الآن.

في 27 مارس / آذار سنة 1810 ترك فردريش بسل، ابن السادسة والعشرين، مرصد شروتر في ليلنتال ليتسلم منصبه الجديد في بروسيا الشرقية. وفي طريقه إلى هناك، توقف في محطتين: أولاهما في مندن، ليودع أبويه ويصطحب معه في رحلته شقيقته إيميلي؛ والثانية في بريمن حيث يوجد ستوديو ليونهارت بوش ليأخذ صورته المجسمة التي أعدها له المصور بوش، والتي أهداها بسل لوالديه. وصل بسل إلى كونكسبرك في 11 مايو / أيار سنة 1810، حاملاً معه الخطط التي وضعها خلال رحلته إلى المرصد الجديد. شغل هناك مركزاً متميزاً وحصل على راتب سخي، ولا



مرصد كونكسبرك كما كان في أيام بسل. من: Kalender für alle Stande العائدة إلى س.ل. ليترو، وقد جرى إعادة نسخها في لابيتزكي (1935).

شيء غير ذلك، لأن نابليون كان يخوض غمار حرب في جميع أرجاء أوروبا، رافقها دمار اقتصادي شديد. وكان الملك رصد 28،000 طالر[1] لبناء المرصد الجديد، وهو مبلغ كبير إذا عرفنا أن الميزانية الكاملة للجامعة في ذلك العام كانت 34،000 طالر. لم يوضع حجر الأساس للمرصد إلا بعد أكثر من سنة من وصول بسل، وكان ذلك في 24 مايو / أيار سنة 1811. كان من الممكن رؤية المبنى من مسافة كبيرة، وكان الموقع الذي اختير للمرصد على قمة واحدة من أعلى تلال كونكسبرك اسمها فيندمولنبرك Windmühlenberg، وتعني هذه الكلمة الألمانية الطاحونة الهوائية. وقد سميت التلة كذلك للتذكير بالطواحين الهوائية التي دمّرت لشق طريق إلى مبنى المرصد. وفي شهر أبريل / نيسان سنة 1812، اخترق جيش نابليون السيئ الحظ كونكسبرك في طريقه إلى مقابلة قوات الجنرال كوتوزوف على الجبهة الروسية. ويُروى أن الإمبراطور الفرنسي تطلع إلى المرصد الذي كان

(1) الطالر Thaler وحدة نقد جرمانية فضية استُعملت من القرن الخامس عشر إلى القرن التاسع عشر (المعرّب)

في منتصف مرحلة إنشائه، وعبّر عن ذهوله من تبذير ملك بروسيا في وقت عصيب تمر به البلاد. أما في ليلنتال، فكانت أمور يوهان شروتر ليست على ما يرام، إذ صادر الجيش الفرنسي ممتلكاته وحرق مرصده وكل سجلاته. وقد مات بعد ذلك بوقت قصير.

عندما اكتمل بناء مرصد كونكسبرك الجديد سنة 1813، كان مكونا من جناح شرقي ذي طابقين يحوي شققا سكنية، ومكاتب، وقاعة دراسية؛ وجناح غربي له سقف ذو شق طوليّ، رُكِّبَ فيه مقرابا عبورٍ من إنتاج دولوند وكاري Cary؛ وقسم متوسط في منصة يمكن أن يوضع عليها مقاريب محمولة. وقد أضيف برج له قبة سنة 1829 لإيواء المقراب غير العادي الذي سيصبح «السلاح الأخير المختار» من قبل بسل في بحثه عن اختلاف المنظر النجمي.

خلال بناء المرصد، قرر بسل، بعد طول تفكير، إعلان رؤيته الخاصة لعلم الفلك «الحديث» المؤسس على فكرته المتعلقة بالمقراب الذي يبنى مرتين. ومن قبيل المفارقة، فإن هذه النظرة إلى مستقبل علم الفلك بدأت خطوتها الأولى في وقت سابق. وتجدر الإشارة إلى أن الفلكي جيمس برادلي في مرصد كرينتش الملكي قاس مواقع أكثر من 3،000 نجم. حصل بسل على نسخة من المجلات الرصدية التي أصدرها برادلي، والتي كانت شديدة التدقيق في التفاصيل، ثم طبق سلسلة من التصحيحات الرياضية على المواقع النجمية «غير الدقيقة»، شملت كل شيء من انحناء الضوء في جو الأرض إلى الخصوصيّات المقرابية الغريبة التي لاحظها برادلي نفسه. تطلب هذا العمل من بسل سبع سنوات. وفي سنة 1818، نشر نتائجه في كتيب عنوانه Fundamenta Astronomiae pro anno 1755. كان هذا الكتيب مرشداً للأجيال اللاحقة من الفلكيين من خلال بروتوكول معقد «لاختزال» البيانات النجمية. حتى أنه جَدْوَلَ الأخطاء «الشخصية» للراصدين الذين عاصروه، وأحصى الخصوصيات والحساسيات المختلفة التي أثيرت في قياسهم للمواقع النجمية. وعلى سبيل المثال، فإن أحد مشاريع بسل الرصدية تطلب تعييناً

دقيقاً لتلك اللحظة التي يجتاز فيها نجم شعرة تعامد في عينية المقراب. وبتحليله بيانات التوقيت التي جمعت خلال عدة شهور، استنتج بسل أن مساعده كان يسجل دوماً أوقات عبور النجم في زمن أبكر قدره ثانيةً واحدة، لذا أضاف ثانيةً إلى كل وقت سجله مساعده. وبإصداره لكتيّبه Fundamenta Astronomiae، أوصل بسل رسالة إلى الفلكيين مفادها أن عدم الدقة في الأرصاد مشكلة لم تعد محتملة. وقد أعلن أن أي مقراب، وأي راصد، وأي ظرف، يخلّف بصماته الخاصة على البيانات التي ينتجها. وهذه البصمات يجب التخلص منها.

سنة 1820 تسلم بسل أول آلة بالغة الدقة، هي دائرة عبور transit circle من ورشة ريشنباخ في ميونيخ. كانت دائرة العبور هذه تجمع بين وظيفتي الدائرة الجدارية ومقراب العبور. ولكونها أكثر استقراراً ودقة من مثيلاتها السابقة، فقد سمحت هذه الدائرة بإنجاز تعيين موثوقٍ لإحداثيات نجم بآلة واحدة. كانت هذه الدائرة من روائع منتجات العلوم الهندسية الدقيقة؛ وحتى مرتكزات الدوران المعدنية الثقيلة، التي كان يدور عليها المقراب، كانت موازنةً لمنع حدوث انخفاض تدريجي لها. وباستعمال بسل هذه الآلة، استطاع قياس الإحداثيات النجمية بدقة أعلى من أي فلكي آخر في العالم. وخلال العقد القادم، كان يعمل بسل في كل ليلة صافية تقريباً من ليالي بروسيا، التي كانت قارسة البرد في الشتاء. وقد أسفر هذا الجهد من تجميع وتحليل عدد كبير من القياسات لما مجموعه 32،000 نجم (انتهت السيرة العملية لبسل سنة 1831 تقريباً، عندما اتّهم بأنه كان السبب في انتشار وباء الكوليرا المميت في كونكسبرك الذي حصد أرواح 1،300 شخص. وبرغم تأكيداته للجمهور هناك بأن الإشارات الضوئية الصاروخية، التي كان يطلقها يومياً فوق المدينة لتحديد الوقت، لا يمكن أن تكون السبب في تفشي المرض، لم يقتنع الناس بذلك. وقد كوّن طلاب بسل حاجزاً بشرياً خارج المرصد ليحموا أستاذهم، الذي كانوا يجلونه ويقدرونه أيما تقدير، من المواطنين الغاضبين).

تعيّن الانتظار حتى سنة 1834 كي يعود بسل ثانيةً إلى مواجهة تحدي

اختلاف المنظر النجمي. كان يعرف أن كثيراً من الفلكيين البارزين الذين سبقوه، والذين قبلوا التحدي ـ تيخو براهي، وروبرت هوك، وجون فلامستيد، وأولي رومر، وجيمس برادلي، ووليام هيرشل ـ فشلوا في مسعاهم. عرف بسل أيضاً أن البحث عن اختلاف المنظر النجمي بات الآن مطلباً مستعجلاً أكثر من أي وقت مضى. وبعد التطور الحقيقي الذي حدث في المقاريب العالية الدقة، توصّل الفلكيون، الذين كانوا يتصيدون اختلاف المنظر، إلى اعتقاد راسخ بأنهم حصلوا أخيراً على الأدوات الكفيلة بنجاحهم. هذا وإن كلا من معاصري بسل ـ جيوسبي بياتسي في باليرمو؛ وجيوسبي كالاندريلي في روما؛ وفرانسوا أراكو وكلود لوي ماتيو في باريس؛ والبارون فون ليندیناو في كوتا بألمانيا؛ وحتى أستاذه السابق في ليلنتال، يوهان شروتر، ادعى الفوز فيما كان يسميه الفلكيون «سباق اختلاف المنظر». لكنْ بدلاً من أن يرقى هؤلاء المتنافسون إلى المجد، كان كل ما يبلغ أسماعهم هو التشكك في ادعاءاتهم، بل والازدراء، من قبل زملائهم. وفي رسالة كتبها بسل إلى معلمه أولبرز في 30 أكتوبر / تشرين الأول سنة 1806، عزا «اختلاف منظر» شروتر للنجم الجاثي ألفا Alpha Herculis إلى الأخطاء والعيوب الواردة في كل من القياس والتقنية.

وفي واحد من أكثر الفصول الرديئة في قصة اختلاف المنظر النجمي، وهو أمر كان بسل يتابعه عن كثب بلا شك، أعلن القس جون برنكلي، من جامعة دبلن، سنة 1814، أنه قاس اختلاف منظر كل من النسر الواقع، والنسر الطائر، والسمّاك الرامح، وذنب الدجاجة. وقد نفى صحة هذه النتائج الفلكي الملكي في إنكلترا، جون بوند، الذي لم يجد أي تذبذب في أي من نجوم بوند. ولما كانت الآلات الموجودة في كرينتش متفوقة على الآلات في دبلن، فقد حكم بوند بأن اختلافات المنظر التي أوردها برنكلي لابد أن تكون مضلّلة. وقد اندلعت حرب امتدت قرابة عشر سنوات على صفحات مجلة الجمعية الملكية Philosophical Transactions. انتصر في هذه الحرب بوند الذي نبذ ادعاءات برنكلي في آخر مبارزة كلامية بينهما سنة 1822 قال فيها: «يبدو لي أن تاريخ اختلاف المنظر السنوي جرى على الوجه

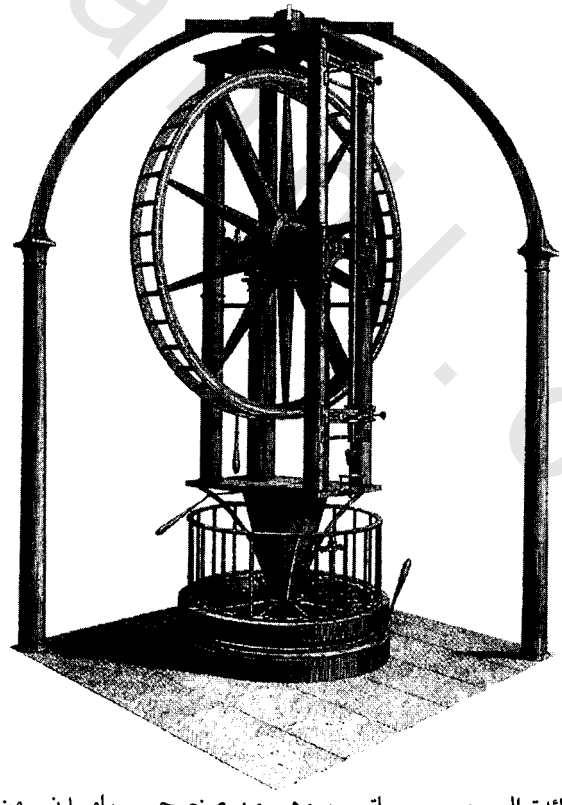
التالي: لما كانت الآلات غير كاملة الصنع، فإنها ضللت الراصدين الذين اعتقدوا بأنهم توصلوا إلى قياس اختلاف المنظر الدقيق».

كان بسل يدرك أن اكتشاف اختلاف منظر وحيد يستغرق سنة على الأقل من الأرصاد المضنية، دون أي ضمان أكيد للنجاح. وحتى لو نجح في مسعاه، وأعتقد انه نجح في ذلك من وجهة نظره، فما زال يتعين عليه إقناع زملائه من الفلكيين بصحة ما فعل. بيد أنه لما كان طبّق تقنياته في القياس على عدد كبير من النجوم بنجاح لم يبلغه أحد غيره، فقد كان واثقاً بأن التذبذب النجمي الضعيف الذي استعصى كشفه على سابقيه، لا بد أن يكشف نفسه في نهاية المطاف لبسل. كان عليه أولاً اتخاذ قرار حاسم يتعلق بالنجم الذي يجب أن يوجه مقرابه إليه. ومن بين آلاف اللطخات النجمية المتلألئة في سماء كونكسبرك، فإن ما كان قريباً من الأرض منها فقط هي التي ربما كان لها اختلاف منظر كبيرٌ إلى درجةٍ تسمح بقياسه. ولو اختار النجم غير الملائم ـ نجماً بعيداً جداً ـ لأمضى سنوات في محاولاته الرامية إلى كشف ما لا يمكن كشفه. بيد أن ثمة معضلة في هذا المجال واجهت كل من حاول كشف اختلاف منظر قبله. فأفضل فرصة لقياس اختلاف منظر نجمي، تكون متاحة عندما يرصد نجم قريب؛ لكن كيف يمكن القول عن نجم إنه قريب دون أن نقيس اختلاف منظره أولاً؟

ركّز الفلكيون السابقون الباحثون عن اختلاف المنظر جهودهم على أشد النجوم سطوعاً، أو النجوم المضاعفة، أو حتى على النجوم التي اتفق عبورها فوق رؤوسهم بطريقة ملائمة. لكن النجوم، كما ذكر وليام هيرشل بشيء من الإحباط، تتنوّع كتنوع البشر. فالنجوم تختلف كثيراً في خرجها output من الضوء، ومن ثم فإن سطوعها الظاهري هو معيار غير دقيق لقربها. وكثير من أزواج النجوم، التي كان يُفترض أنها كانت واقعة عشوائياً على مستقيم واحد يمر بالأرض، أحدها قريب منها والآخر بعيداً عنها، ثبت أنها نجوم مضاعفة حقيقية. وفي وقت مبكر يعود إلى سنة 1812، قرر بسل معالجة هذه المسالة من منطلق مختلف. فقد بحث عن نجم سريع الحركة،

نجم يقوم بحركة محسوسة عبر السماء. وسبب ذلك هو أنه إذا أبدى نجم حركًة ذاتية أكبر من حركات النجوم الأخرى، فمن المحتمل أن يكون أقرب إلى النظام الشمسي. كان بسل يفتش عن نظير لنجم الحضار ألفا السريع الحركة، الذي تعامل معه توماس هندرسون، بحيث يكون هذا النظير موجوداً في نصف الكرة الشمالي.

لقد استجيب لصلوات بسل، إذ عثر على مثل هذا النجم الأب جيوسبي بياتسي، وهو راهب من باليرمو. بياتسي، هو مكتشف أول كويكب asteroid معروف، وأحد أعضاء الجماعة التي أخفقت في كشف اختلاف المنظر، وواحد من أوائل الذين استعملوا المقراب من النمط الدائري. إن دائرة باليرمو Palermo circle، ـ هذا هو الاسم الذي أطلق عليها ـ التي كانت



دائرة باليرمو العائدة إلى جيوسبي بياتسي، وهي من صنع جسي رامسدن. من بيرسون (1824).
المصدر: مكتبة وولباخ، جامعة هارڤرد.

لديه، واحدة من بنات أفكار الحرفيّ الكبير جسي رامسدن Jesse Ramsden اللندني. كان بياتسي على علم بشهرة رامسدن في صنع الآلات العالية الجودة، وفي تأخره بتنفيذ الطلبات المقدمة إليه. وقد تحول رامسدن من العمل في مشاريع معينة عهد إليه بإنجازها إلى العمل في تصميمات جديدة أو تقنيات تصنيع جديدة.

ظل فلكيو مرصد دنسينك Dunsink في دبلن السيئو الحظ ينتظرون 23 سنة قبل أن يستلموا المقراب الذي طلبوه من رامسدن، والذي أكمله أحد المساعدين بعد موت رامسدن. ولم يكن الملك نفسه أفضل حالاً من هؤلاء؛ فقد وصل رامسدن إلى القصر ليؤدي مهمة ملكية بعد سنة كاملة من الوعد المحدد سلفاً لوصوله. وخلال إقامة طويلة لبياتسي في لندن، كان يقضي جل وقته في ورشة رامسدن، الموجودة في ساحة بيكاديللي، وذلك ليبقي رامسدن، الذي لا يستقر على حال، مركّزاً على دائرة باليرمو. وقد آتت مثابرة بياتسي أُكُلَها، إذ أتم رامسدن صنع الآلة سنة 1789، بعد تسع سنوات «فقط» من تقديم بياتسي طلبه لصنعها. وخلافاً لدائرة بسل التي صنعها ريشنباخ، والتي كان تصميمها يقصر عملها على دائرة خط الزوال، فإن دائرة باليرمو كانت تدور لتتوجه عملياً إلى أي جزء من السماء. وأداء دائرة باليرمو هو الذي أقنع الحكومة البريطانية بالاستعاضة عن ربعيات كرينتش الهرمة بدائرة جدارية. (كانت الدوائر الألمانية، كتلك التي صنعها ريشنباخ، هي الدافع للاستعاضة سنة 1851 عن دائرة كرينتش الجدارية بدائرة العبور المتقنة، التي ظلت في الخدمة حتى سنة 1954).

وبالاستعانة بدائرة باليرمو، استطاع بياتسي إعداد مجموعته الخاصة من المواقع والحركات. ومن بين 7،600 نجم في كاتالوكه النجمي برز نجم خاص. ففي المنطقة الموجودة في الجناح الأيمن من كوكبة الدجاجة، يوجد موقع متلألئ صغير جداً ورد في الكاتالوك النجمي الذي وضعه جون فلامستيد في القرن الثامن عشر: إنه الدجاجة 61. هذا النجم المغمور في السحب النجمية الغنية الموجودة في القسم الشمالي من درب التبانة، له وهج

ضارب إلى اللون البرتقالي، ويرى بصعوبة بالغة في العين المجردة. الراصد غير المتمرن يتجاوزه بسهولة إلى جيرانه الأشد سطوعاً منه: ذنب الدجاجة، وهو النجم الذي يحتل المرتبة العشرين في السطوع بين نجوم السماء؛ وألبيريو Albireo، وهو نجم مضاعف مثير لون أحد عنصريه أصفر، والآخر أزرق. لكن نجم الدجاجة 61، الذي لم يكن يلفت النظر إليه كثيراً، هو الذي فتح الباب للولوج في أغوار الفضاء.

وجد بياتسي أن الدجاجة 61 تحرك حركة محسوسة على مر السنين، فانزاح بمقدار ثلث قطر القمر عن موقعه الذي كان يشغله منذ قرن فقط. كان انتقاله 5,2 ثانية قوسية في السنة، وهذا أكبر من انتقال أي نجم آخر. وعندما تفحص بسل حقل الرؤية حول الدجاجة 61، شاهد بقعاً نجمية كثيرة أضعف سطوعاً لم يكن لها أي حركات خاصة يمكن قياسها، وهذه معالم ثابتة ملائمة لفلكي يسعى لكشف تذبذب سنوي دقيق في حركة الدجاجة 61. وفي الحقيقة، فإن نجم بياتسي، الذي صار يعرف باسم «النجم الطائر» Flying Star، هو بالضبط النجم الذي كان يبحث عنه بسل. وهكذا فإن تحدي اختلاف المنظر، الذي طال قروناً، اتجه نحو فردريش بسل. فقد عثر على النجم المطلوب، وكان يملك الخبرة اللازمة. وكل ما كان بحاجة إليه هو المقراب الملائم.

جوزيف فراونهوفر، 1825.

المصدر: صورة موجودة في المتحف الألماني، ميونيخ.