10

الرؤية المضاعفة

أنا مؤمن جداً بالحظ، وكلما زاد كدي في عملي زاد حظي

ـ ستيفن ليكوك

الصدفة مهمة دوماً. دع صنارة صيدك ملقاة دوماً في بركة.
عندئذٍ ستصطاد السمكة في المكان الذي يكون توقعك لوجودها
فيه أقل ما يمكن.

ـ أوفيد

★ ★ ★

لو كانت مجلة People موجودة في إنكلترا القرن الثامن عشر، لتصدرت صورة وليام هيرشل William Herschel صفحة غلافها. كان كل شخص بدءاً من رئيسة نادي السيدات المحليات، وصولاً إلى الملك جورج الثالث، يطمح إلى مقابلة هذا المهاجر القادم من هانوفر بألمانيا، الذي كان يتحدث بلغة إنكليزية سليمة، ويؤلف السيمفونيات، ويصنع المقاريب (التلسكوبات)، ويغيّر دون مساعدة من أحد، المفهوم الشائع عند الناس عن الكون. فمنذ قديم الزمان، كان الناس يعتقدون بأن عدد الكواكب في النظام الشمسي،

obeikandl.com

باستثناء الأرض، خمسة: عطارد، والزهرة، والمريخ، والمشتري، وزحل. وقد تعقّب الراصدون، أولاً بالعين المجردة، ثم بالمقاريب، حركات هذه الأجرام الهائمة وهي تشق طريقها بين النجوم الثابتة. وتمكن فلكيو القرن الثامن عشر من التنبؤ بشيء من الدقة بالمواقع التي ستظهر فيها هذه الكواكب في أي ليلة. ويعود الفضل إلى إسحاق نيوتن الذي جعلهم يعرفون أن الثقالة هي العامل الذي يبقي هذه الكواكب في أفلاكها حول الشمس. لقد كان يُعْرَفُ ما مجموعه ستة كواكب، مرصودة جيداً، ومفهومة جيداً.

مرّت مئة وسبعون سنة بين أول نظرة خاطفة ألقاها كاليليو على كوكب المشتري بواسطة مقرابه سنة 1610، وبين الليلة الحاسمة من سنة 1781 التي صار فيها وليام هيرشل محط اهتمام العالم. وخلال تلك المدة، كان الفلكيون يمسحون السماوات بمقاريبهم دون أن يعثروا على شيء يغير من اعتقادهم الراسخ بأن عدد كواكب الشمس هو ستة بالضبط. عند ذلك ظهر على المسرح شخص غير معروف اسمه هيرشل Herschel ومعه مقراب مصنوع منزلياً سمح بزيادة عدد الكواكب إلى سبعة. فعندما ظهر في هذا المقراب القرص الشاحب الأخضر الضارب إلى الزرقة للكوكب السابع، أورانوس، بشّر بحدوث تغير جذري في الظروف المحيطة بهيرشل، وفي علم الفلك المقرابي telescopic astronomy. وفي حين ركّز صانعو المقاريب المحترفون طاقاتهم على دقة المقاريب، شن هيرشل حملة شخصية تتعلق بفتحتها aperture. فبتكبير فتحة المقراب، يدخل قدر أكبر من الضوء، وهذا يزيد من القدرة على رؤية أشياء باهتة الضوء، وسبر أغوار الفضاء. وإذا أدخلنا في اعتبارنا وضع التقانة (التكنولوجيا) في أيام هيرشل، فإن المقاريب التي تستعمل العدسات ـ المقاريب الانكسارية refractors ـ لا يمكن تكبير فتحتها دون المسّ بوضوح صورها؛ فكلما كبر قطر العدسة ازداد سمكها، وهذا يعني زيادة في تشوه صورها. وبالمقابل، فإن المقاريب التي تستعمل المرايا ـ المقاريب العاكسة reflectors ـ يمكن تكبيرها دون المسّ بجودة

الصورة إلا بقدر طفيف جداً. وقد قام هيرشل شخصياً بإحداث التكبير الهائل في فتحة المقراب العاكس في أواخر العقد الأول من القرن الثامن عشر، إذ كبّر الفتحة من ستة إنشات إلى أربعة أقدام خلال عقد واحد فقط. وقد طُبقت رؤيته هذه على المقاريب الحالية الضخمة، التي يبلغ اتساعها درجة عالية تمكّنها من ابتلاع بيت بكامله.

وباكتشاف أورانوس، أصبح وليام هيرشل، كاليليو القرن الثامن عشر: فهو صانع ماهر للمقاريب، ومستكشف لأغوار الفضاء، وصديق للناس العاديين. إنه رجل يجمع بين اندفاع الرياضي وهدوء العائد من الحج، رجلٌ مبتهجٌ جداً برؤية سماء صافية مليئة بالنجوم وبعملية سبر أغوارها بمقراب. وبثقةٍ كبيرةٍ بالنفس، بدا الاكتشاف لهيرشل أمراً محتماً. فقد كان يتصرف وكأن مقرابه قادر على أن يكشف روتينياً الكواكب والنجوم والسدم غير المعروفة.

أخذت ظاهرة هيرشل المجتمع العلمي على حين غرة. وتذكر جميع التقارير أن الفلكيين رحبوا بدخول زائر جديد إلى مجتمعهم. وبعد أشهر فقط من اكتشافه لأورانوس، منحته الجمعية الملكية أعلى أوسمتها، وهو مدالية كوبلي Copley. بيد أن بعض العلماء حسدوا هيرشل على الارتقاء المفاجئ لهذا الموسيقى الفلكي الذي علم نفسه بنفسه. إنني أتصور أنهم نظروا إلى هيرشل نظرة تعبّر عنها حملة الكاتب أودين Auden التالية: «كان يشبه راعي أبرشية رث الثياب دخل خطأً قاعةً، فوجد نفسه في حفلة استقبال رسمية ضيوفها من النبلاء». تُرى، من هو هذا الرجل الذي كان يقوم بإنجازات رائعة وناجحة خارج المراكز العلمية اللندنية، والذي تألق في مهنتين مختلفتين، والذي دحض بحثاً عن القمر يزعم وجود سكان يقيمون عليه، والذي يزعم أن مقاريبه تكبّر عدة آلاف من المرات في وقت لم يكن بإمكان أي مقراب آخر أن يكبّر أكثر من عدة مئات من المرات؟ بيد أنه سرعان ما اضطر منتقدوه للقبول بأنه يمكنهم أن ينعتوا وليام هيرشل بأي وصف إلاّ أن يكون «راعي أبرشية رث الثياب»، إذ إنه كان يطلع عليهم من

وقت إلى آخر باكتشافات جديدة تتعلق بالكون. لم يكن بإمكانهم إلا أن يصابوا بالذهول، الذي ربما كان مشوباً بشيء من الحسد، أمام السلسلة المدهشة من الإنجازات التي حققها هذا الشخص الشديد الفعالية والنشاط في علم الفلك، ذلك أنه لم يستطع أحد من قبله أن يفحص السماوات بالدقة التي بلغها هيرشل. وهكذا فتح هيرشل الباب لسبر أغوار الفضاء السحيقة لأول مرة في التاريخ.

كان وليام هيرشل يسعى لاكتشاف اختلاف منظر بدءاً من تلك اللحظة التي وجه فيها لأول مرة مقراباً شطر السماء. وفي الحقيقة، فإن اكتشافه المشهور لأورانوس حدث عرضاً عندما كان يرصد السماء بغية رسم خريطة لتوزع نجوم مجرتنا. وقد كتب يقول: «كانت معرفة البنية السماوية تمثل دوماً الهدف النهائي لأرصادي». وخلافاً لأسلافه من الفلكيين، الذين كان يكفيهم اكتشاف اختلاف منظر نجم واحد، كان هيرشل يسعى لكشف المنظر لدستة من النجوم على الأقل. وكان يطمح إلى أن يكون متعهداً فلكياً ليزود، بالجملة، زبائنه بالمسافات النجمية التي يطلبونها، واعتقد أن بإمكانه القيام بهذه المهمة. كاليليو القرن الثامن عشر هذا عاد إلى القيام بأعمال كاليليو الأصلي. وقد اطلع على طريقة النجم المضاعف التي ابتكرها كاليليو لقياس اختلاف المنظر النجمي. فإذا اتفق أن كان نجم ساطع، يفترض فيه، أن يكون قريباً نسبياً من النظام الشمسي، على استقامة واحدة ـ هو والأرض ـ مع نجم باهت بعيد، فإن التذبذب السنوي لاختلاف منظر النجم الساطع يجب أن يكون واضحاً تماماً بالنسبة إلى «جاره» غير المتحرك. إن العثور على مثل هذا الزوج المكوّن من نجم ساطع وآخر باهت يستغرق عدة سنوات، لأن هيرشل «قرر فحص كل نجم في السماء بأكبر قدر من الاهتمام»؛ ولا بد أيضاً من مرور سنوات إضافية لقياسات المواقع النجمية. ومع ذلك انهمك هيرشل في «بحثه المضني والممتع» دون تردد. وقد ولّد مشروع اكتشافات اختلاف المنظر عند هيرشل التزاماً شديداً، بلغ حد التعصب. لم يُلْقِ بالاً إلى الاعتراضات على صحة طريقة النجم المضاعف التي اقترحها كاليليو، وواصل البحث في السماء عن النجوم المضاعفة، آملاً

بأن تسمح هذه الأنظمة المضاعفة من النجوم بإثبات وجود البعد الثالث للكون. لكن هيرشل اضطر في النهاية لمواجهة برهان مقرابي هدّد بنسف الأساس الذي كان يستند إليه مشروعه لكشف اختلاف منظر، وهذا البرهان قدمه ناقد مخيف، هو هيرشل ذاته.

وصل فريدريش ولهلم هيرشل Friderich Wilhelm Herschel إلى إنكلترا قادماً من هانوفر سنة 1757 حين كان في التاسعة عشرة من عمره. بعد وصوله مباشرة جعل اسمه إنكليزي الطابع، وصارت كل كتاباته، باستثناء مراسلاته مع ألمانيا وأحاديثه، باللغة الإنكليزية. سبب مجيئه إلى إنكلترا هو أن أباه، عازف آلة الأوبوا في فرقة حرس مدينة هانوفر، أرسله، وهو الموهوب موسيقياً، إلى هناك هرباً من الحرب الأخيرة بين ألمانيا وفرنسا. وقد استقر هيرشل الصغير، الذي لا يملك فلساً واحداً، في لندن، حيث كان يكسب عيشه من نسخ النوتات الموسيقية والعزف على آلة الكمان في بعض الحفلات العامة.

ومع أن هيرشل كان يعزف على الكمان، والأوبوا، والبيان القيثاري harpsichord والأرغن، فإنه كان يطمح ليكون مؤلفاً موسيقياً. في سنة 1759، سافر إلى يوركشاير ليتسلم أول وظيفة ثابتة له، وهي قيادة الفرقة الموسيقية لميليشيا دورام التابعة للورد دارلنكتون Darlington (اكتشف هيرشل بعد وصوله هناك أن الفرقة مكونة من عازفيْن على آلة الأوبوا، وعازفيْن على الأبواق الفرنسية، وضارب على الطبل). وفي سنة 1762 بدأ عملاً مدته أربع سنوات عازفاً على الأرغن في ليدز وفي هاليفاكس، انتقل بعدها للعمل كعازف على الأرغن في كنيسة Octagon Chapel في باث Bath. كانت باث «قبلة المجتمع الراقي» في أيام وليام هيرشل، وكانت تلك الكنيسة واحدة من عدة دور خاصة للعبادة يتوجه إليها الناس المتدينون والسيّاح، الذين كانت تجذبهم أيضاً مياه المدينة المعدنية التي يستحمون فيها للاستشفاء من بعض الأمراض. كان ثمة ستة مستوقدات تدفئ الكنيسة الغنية التي كانت أبوابها مغلقة في وجه أبناء الأبرشيات من المراتب غير العالية. وقد ارتقى هيرشل

من عازف أرغن إلى القائد الموسيقي الحقيقي لباث. أقام حفلات موسيقية، وألف مقطوعات تعزفها الفرق الموسيقية التي يشارك فيها جوقات من المغنين (الكورس)، وقاد جوقة من المنشدين، وأعطى دروساً في الموسيقا. (ومن ضمن جوقة المنشدين كان العديد من النجارين والصنّاع المهرة، الذين ساعدوه فيما بعد في مشاريعه لصنع المقاريب). وبعد تمريناته اليومية والدروس التي كان يعطيها لطلابه بين السادسة والثامنة مساءً من كل يوم، كان هيرشل يقضي أمسياته في تحسين تمكّنه من الإنكليزية، وتعليم نفسه الإيطالية واللاتينية والرياضيات. وقد تبيّن أنه استفاد مادياً من عمله في باث، إذ انتقل سنة 1770 إلى بيت فخم في الشارع المسمى New King Street. وسرعان ما التحق به أخوه ألكساندر، وهو عازف موهوب على آلة التشيلو. وفي شهر أغسطس / آب سنة 1772، عاد إلى مسقط رأسه هانوفر للبحث عن أخته الصغرى كارولين.

لم يكن لموت والد وليام هيرشل سنة 1767 أثر فوري في مجرى حياته في إنكلترا. لكن أثر هذا الحادث بدأ يكبر تدريجياً عندما عرف أوضاع أخته كارولين في هانوفر. ففي الوقت الذي كانت أوضاعه وفرصه جيدة جداً، كانت أوضاع كارولين على النقيض تماماً. فعندما مات أبوها، كان حالها، وهي بنت السبعة عشر ربيعاً، طبقاً لما تقوله حفيدة وليام، كما يلي:

> لم تكن أمها، ولا أخوها جيكوب، سيئين معها عن قصد. لكن أمها التي يئست من تحسين علاقتها بزوجها، شجعت ابنتها كارولين على ترك البيت مثلما فعل أخوها من قبل. كانت أمها تعتقد أن واجبات المرأة تنحصر في المطبخ وغرف الاستقبال. وقد سُمِحَ لكارولين تعلم بعض المهمات مثل غسل جوارب جيكوب الحريرية ورتقها، وخياطة الملابس لها ولأمها، ولا شيء أكثر من ذلك. زاد من انزعاجها نزق جيكوب وصعوبة إرضائه. وقد كتبت تعلق على وضعها: «مسكينة أنا، كم كنت أوبّخ لأنني لم أستطع إتقان عمل الخادم أو النادل».

وبرغم احتجاجات أمه وأخيه جيكوب، أصر هيرشل على أن تصطحبه

أخته «لينا»، بنت الثانية والعشرين، إلى باث ليدربها لتكون مغنية محترفة. وفي النهاية، اضطر إلى أن يستأجر خادماً على حسابه ليحل محل أخته في بيت أهله. كانت الرحلة إلى إنكلترا مرهقة: ستة أيام وست ليالٍ في عربة مفتوحة لنقل البريد، يلي ذلك إبحار عبر القنال الإنكليزي العاصف. وصلت سفينتهما إلى يارماوث وقد انخلع صاريها، لذا حُمِلا منها على ظهري بحارين، وكما تقول كارولين «ألقينا على الشاطئ مثلما يلقى الماءُ من دلو». وطوال الخمسين سنة التالية، لم يفترق وليم وكارولين إلا نادراً.

كانت كارولين هيرشل ضئيلة الجسم، وتميل قليلاً إلى السمنة، وقد استعمل الثوبَ الذي لبسته في حفل زفاف أخيها وليام سنة 1788 حفيدةٌ لأخيها طولها 4 أقدام وعرضها 3 أقدام. توجد صورة وحيدة لكارولين عندما كانت شابة، وهي صورة ظليلية تماماً ـ وربما كانت رمزاً للحياة التي عاشتها في ظل أخيها العظيم. ويروى أنه كان يغشى وجه كارولين ندبات نتيجة إصابتها في طفولتها بمرض الجدري. وتتذكر في وقت لاحق من حياتها هذه الحادثة بقولها: «لن أنسى النصيحة التي قدمها لي والدي العزيز بأن أهجر كل الأفكار التي قد تراودني للزواج، لأنني، كما يقول لست جميلة ولا غنية، ومن غير المحتمل أن يتقدم شخص لخطبتي إلا إذا كان هذا الشخص متقدماً في السن، وكان ما يعجبه فيّ أخلاقي الحميدة».

بعد وصول وليام وكارولين مباشرة تقريباً إلى باث في أواخر شهر أغسطس / آب سنة 1772، بدأ وليام بتدريب صوتها، وإعطائها دروساً في اللغة الإنكليزية والرياضيات. وبعد بضع سنوات، لم تكن كارولين تدير شؤون أخيها المنزلي فحسب، إنما صارت أيضاً مغنية سوبرانو في الفرق الموسيقية التي كان يقودها وليام. لم يطلب وليام قط من أخته أن تكرس نفسها كلياً له، لكن كارولين كانت تبدي نشاطاً في تدبير شؤون أخيها المنزلية، وذلك كي لا يفكر بأي شيء قد يلهيه عن الموسيقا. كانت تعرض عن المشاركة في أي فرقة موسيقية إلاّ إذا كان وليام هو الذي يقودها، وذلك كي تكون حاضرة دوماً لمساعدته. وعندما تسلمت سنة 1887 أول دعوة

لتقوم بأداء منفرد (سولو) خارج باث، رفضتها بغية خدمة أخيها، متخلية بذلك عن مستقبل واعد. وبعد سنوات، وصف جون ابن وليام العلاقة الوثيقة بين عمته وأبيه بقوله: «كانت ترتبط بأبي خلال الخمسين سنة، التي كانا خلالها معاً، وكأنها النصف الآخر له، وكانت تضع كل إمكاناتها في خدمة أخيها لمساعدته إلى أقصى حد. لقد خصصت كل وقتها وقواها له».

وتجدر الإشارة إلى أنه عند وصول كارولين إلى باث، كان هيرشل حوّل قراءاته الشخصية من الرياضيات إلى العلوم. وتذكر كارولين أن أخاها «تعوّد الذهاب إلى الفراش حاملاً معه طشتاً من اللبن (الحليب) أو كأساً من الماء، وكتاب سميث التوافقيات وعلم الضوء Harmonics and optics، وكتاب فيركوسون علم الفلك Astronomy، وغيرهما، وهكذا كان يذهب إلى النوم مدفوناً تحت الكتب الأثيرة لديه». (وجدير بالذكر أن اهتمام هيرشل بالعلوم بدأ في طفولته عند دراسته للغة الفرنسية التي كان يعلمها إياه مدرس له اهتمامات علمية). وفي مذكراته المؤرخة في 10 مايو / أيار سنة 1773 يكتب هيرشل، الذي بات الآن في الخامسة والثلاثين، ما يلي: «اشتريت كتاباً في علم الفلك، وآخر يحوي جداول فلكية». الكتاب عنوانه علم الفلك، وهو من تأليف جيمس فيركوسون James Ferguson، الذي كان في وقت من الأوقات راعياً تعود الاستلقاء على ظهره على المروج وقياس تباعد النجوم بعضها عن بعض بواسطة خيط فيه عقد كان ينظر إلى السماء من خلاله. يحوي كتاب فيركوسون واحداً وعشرين فصلاً عن النظام الشمسي، وفصلاً واحداً عن النجوم، وهذا مؤشر على وضع العلوم الفلكية في أيام وليام هيرشل. لم تكن النجوم للفلكيين سوى نقاط مثبتة تقاس بالنسبة إليها حركات الكواكب والمذنبات. وكانت هذه الحركات تُستعمل، بدورها، في اختبارات أدقّ لنظرية نيوتن في الثقالة. كان هذا العمل يتطلب جهداً رياضياً عالياً، واعتُبر، على نطاق واسع، ذروة العلوم الدقيقة. وبغية تحقيق هذه الغايات المحدودة، كانت الربعيّات quadrants ذات الفتحات الصغيرة ومقاريب العبور transit telescopes، كافيةً تماماً. وبسبب البعد الهائل

للنجوم، لم تُولَ طبيعتُها الحقيقيةُ، أو البيئةُ التي كانت موجودة فيها، إلاّ القليل من الاهتمام. وكان هذا الاهتمام الطفيف بأغوار الفضاء هو الذي شجع هيرشل على قصر كل جهوده تقريباً على هذا الموضوع.

لم يكن وارداً في ذهن هيرشل أن يصبح فلكياً يعمل جالساً وراء مكتبه. وقد كتب يقول: «عندما قرأت المكتشفات الكثيرة الرائعةَ التي أُنجزت بواسطة المقراب، استمتعت جداً بالموضوع، وتولّدت لديّ رغبة عارمة لرؤية السماوات والكواكب بعينيّ، وواحد من هذه الآلات». وفي ربيع سنة 1773، صنع هيرشل مقراباً انكسارياً من عدستين وأنبوب من القصدير. وقد أعقب هذه الآلة بآلات متزايدة الكبر بلغت أطوالها 30 قدماً، لكنْ تبيّن أنها غير ناجحة، لذا قرر هيرشل هجر تصميم المقاريب الانكسارية جميعها. (في ذلك الوقت، لم يكن مضى زمن طويل على تعلّم صانعي الآلات كيفية تقصير طول المقاريب الانكسارية دون المس بجودة الصورة؛ بيد أن مثل هذه الحلول كانت عالية التكلفة). استأجر هيرشل مقراباً عاكساً صغيراً كان أداؤه جيداً، لكن تكبيره الضعيف سبّب له شيئاً من الإحباط. هذا وإن شراء مقراب عاكس كبير من ميزانية موسيقي كان أمراً غير ممكن في تلك الأيام. لذا اشترى هيرشل سنة 1738 نسخة من كتاب روبرت سميث Robert Smith، عنوانه نظام كامل لعلم البصريات A Complete System of Optics، وشرع بصنع مقراب عاكس بنفسه. ولحسن حظه، كان هاوٍ للآلات البصرية من باث يبيع في ذلك الوقت جميع مقتنياته من التجهيزات التي كان من ضمنها مرايا لم يكتمل صنعها، بل إن هذا الشخص علّم هيرشل أساسيات صنع المرايا. لكنْ تبيّن أنه لم يكن لهذه الدروس قيمة كبيرة، إذ علق عليها هيرشل بقوله «إن معلومات الرجل كانت محدودة جداً في الواقع».

أخيراً، اعتمد هيرشل ما يسمى بالتصميم النيوتني لمعظم مقاربه العاكسة. حيث يدخل النور فيها من النهاية العلوية لأنبوب المقراب، ويصل إلى مرآة مقعرة في قاعدته. تقوم المرآة «الرئيسية» بتبئير الضوء على مرآة

منبسطة صغيرة «ثانوية» موجودة قرب الطرف العلوي للأنبوب. المرآة الثانوية موجهة بحيث تعكس الضوء جانباً ليخرج من الأنبوب عبر عينيّة مكبّرة. وقد استغنت بعض مقاريب هيرشل الكبيرة عن المرآة الثانوية، وجُعِلت المرآة الرئيسية مائلة فيها بحيث توجِّه الضوءَ المبأّرَ بزاوية معينة ليخرج من الأنبوب إلى العينية.

في أواخر شهر أكتوبر/تشرين الأول سنة 1773، صبّ هيرشل أول قرص من معدن عاكس، وهو معدن ضارب إلى البياض مكوّن من النحاس والقصدير والأنتيمون antimony، يمكن تسوية سطحه، ثم صقله ليصبح لامعاً جداً. (تُصنَع مرايا المقاريب الحديثة من الزجاج الملبّس بطبقة من معدن عاكس). وبعد الصبّ مباشرة، كان كل قرص يُكشط يدوياً ليتخذ شكلاً مقعراً، وذلك باستعمال أداةٍ لها شكل قرص، ومسحوق صنفرةٍ، ومسحوقٍ أحمر لصقل المعادن. كان هذا يتطلب جهداً شاقاً مضنياً. بعد الكثير من المحاولات انتهى هيرشل من صنع مرآة معدنية مقبولة قطرها خمسة إنشات، وبعدها البؤري 5.5 قدم ركبها في أنبوب خشبي مربع. بعد ذلك شحذ عدسات العينية ووضعها داخل أسطوانات من الورق المقوى (الكرتون)، أو من نوع من الخشب يستعمل في صناعة آلة الأوبوا. وقد روى أحد كتَّاب السِّيَر خطأ أن هيرشل صنع عينياته من ثمار جوز الهند.

لم يمض طويل وقت قبل أن تتسع هواية وليام هيرشل لتشمل صنع ميقاتياته المنزلية. وتبيّن أن أخاه ألكساندر كان ماهراً في الأمور الميكانيكية، وكان يستعين به وليام حين يعثر عليه. ومن جهة أخرى، كانت كارولين مستعدة دوماً لمد يد المساعدة، وإن لم تكن تفعل ذلك دوماً بحماس. كانت تقوم بالقراءة لوليام، وكانت تضع في فمه لقمات الطعام خلال صقله مراياه. لكنها في سنة 1773 تذمرت ـ خفيةً بالطبع ـ من كون كل غرفة تقريباً من البيت تحوّلت إلى ورشة عمل. وقالت في هذا الصدد: «كان وليام يصنع أنبوباً ومناصِبَ من جميع الأنواع في غرفة أنيقة مؤثثة جيداً. وكان ألكساندر يصنع آلة تدوير للعينية وأدواتٍ للشحذ في غرفة للنوم... أما أنا فكان عليّ

أن أسلي نفسي بصنع الأنبوب من الورق المقوى (الكرتون) لعدسة العينية التي وصلت من لندن، وذلك لعدم وجود أي صانع للأدوات البصرية في باث في تلك الأيام».

علق تلميذ لهيرشل قائلاً إن الغرفة التي كان يتلقى فيها دروساً في الموسيقا «كانت شبيهة بغرفة فلكي أكثر منها غرفة موسيقيّ، وكانت مليئة بالكرات والخرائط والمقاريب العاكسة وغيرها، وكانت توجد تحتها آلتا البيانو والفيولونسيل، وكأن هاتين الآلتين كانتا شيئين أثيرين إلى نفسه، لكنهما أُهملتا ووضعتا في إحدى زوايا الغرفة». لاحظ التلميذ نفسه أنه حالما تنقشع غيوم السماء الليلية، كان هيرشل يترك كمانه ويحدق في نجم عبر نافذته ويصيح قائلاً: «إنه هناك، وجدته في النهاية!» وقد أقر هيرشل بذلك مرة إذ قال: «وصل ارتباطي بمقرابي حداً جعلني مراراً أترك آلة البيان القيثاري أثناء عزفي عليه على المسرح ضمن فرقة موسيقية وأهرول للنظر إلى النجوم، ثم أعود للعزف في المقطوعة التالية».

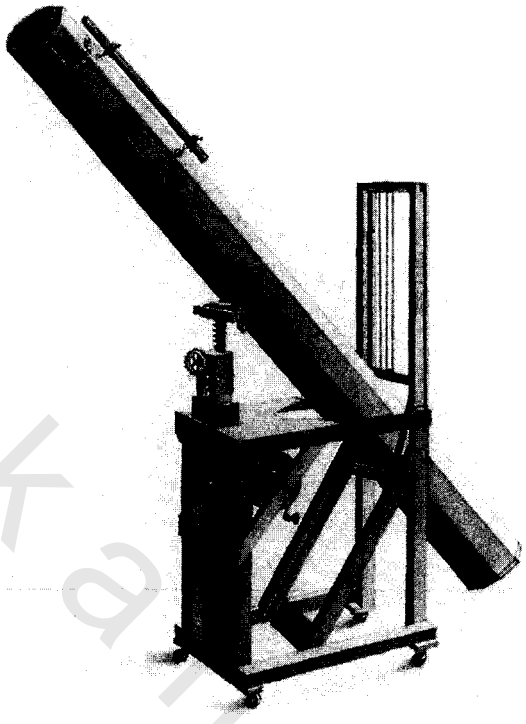
سنة 1777، نقل هيرشل عائلته إلى شقة أكبر في القسم السفلي من البناية التي كان يقيم فيها، حيث وفر له الفناء الخلفي رؤية للسماء لا تعترضها حواجز. وقد سمح له كبر الشقة باستيعاب المقاريب الكثيرة والأدوات التي يستخدمها في عمله. وقد ركّب موقداً في القبو لصب المرايا المعدنية. كانت القوالب التي تعطي للمعدن المصهور الشكل المطلوب مصنوعة إمّا من مزيج من الطين والرمل والفحم الحجري، وإما في حال المرايا الكبيرة، من روث الخيل المضغوط. ومن بين المهمات التي كانت تقوم بها كارولين، تحضير هذا الروث بسحق كميات كبيرة منه أولاً في هاون، ثم نخله بمنخل صغير الثقوب. وقد ذكرت أن «هذا عمل لا نهاية له، وكان يتطلب منها تخصيص عدة ساعات له أحياناً».

ومثل جميع التجارب الجديدة، كان ثمة عثرات في الطريق. فأحياناً كانت القوالب تتصدع من حرارة المعدن المنصهر، أو كانت المرايا نفسها تتكسر خلال تبريدها. حدث مرة أن انهار قعر الفرن، وسقط منه 540 باوناً

من المعدن المتّقد على الأرض. علّقت كارولين على ذلك، التي كانت موجودة آنذاك في الحديقة، بقولها: «لقد اضطر أخواي، وخبير الصب ومعاونوه إلى الهروب باتجاه الباب الموجود في الجهة المقابلة، لأن الأرضية الحجرية للقبو (التي كان يُفترض انتزاعها) تطايرت في جميع الاتجاهات وبلغت السقف. وقد أصيب أخي المسكين بالإعياء من الحرارة، وجلس على كومة من قطع الآجرّ».

أصبح هيرشل أخيراً أعظم صانع للمقاريب العاكسة في القرن الثامن عشر. وبين سنتي 1773 و 1795 قام بصب وشحذ وصقل 430 مرآة مقرابية، كان أكبرَها زوجٌ من المرايا قطر كل منها أربعة أقدام. لم يطبق أي طرائق علمية للتوثق من جودة آلاته؛ فكان يجرّبها لرؤية جسم بعيد، ثم يعيد التجربة لرؤية السماء. وكان يستبقي عنده دوماً عدداً كبيراً من أفضل مراياه كي يقارن صورها بصور مراياه الجديدة. وفي إحدى المرات، أحضر هيرشل مقراباً من صنعه إلى المرصد الملكي في كرينتش. وقد بينت مقارنته بآلات كرينتش التفوق الشديد لمقرابه. علّق على ذلك بقوله: «سعدت كثيراً عندما رأوا بوضوح النجوم المضاعفة التي لم يستطيعوا رؤيتها بآلاتهم. إن آلاتي أفضل كثيراً من تلك التي كان أوصى بشرائها الدكتور ماسكيلين Maskelyne الفلكي الملكي لإنكلترا، والتي كان نموذجها مقتبساً من النموذج الذي صممه».

في شهر مارس / آذار سنة 1774، بدأ هيرشل عمله الرصدي الذي امتد طوال حياته، وقدم أوصافاً لحلقات زحل وسديم الجوزاء. وقد آمن بأن تجربته، التي مكّنته من أن يحظى بأذنٍ موسيقيٍّ، قادرة على أن تزوّده بعين فلكي. وقد كتب إلى صديق له يقول: «الرؤية هي، بوجه من الوجوه، فنٌّ يجب تعلمه. لقد قضيت الليالي الطوال في التمرّن على الرؤية، وسيكون من الغريب ألاّ أكتسب حذقاً وبراعة نتيجة هذا التمرن المستمر». وفي الحقيقة، فإن شدة الضوء الوارد من سديم متوهج عملاق، أو من مجرة تحوي مئة بليون نجم، تنخفض كثيراً بسبب الأبعاد الهائلة التي تفصلنا عنها، وتتحول



مقراب عاكس طوله سبعة أقدام من النمط النيوتني صنعه وليام هيرشل.
المصدر: مكتب الجمعية الفلكية الملكية.

هذه السّدم أو المجرات إلى لطخات ضوئية باهتة في عينية المقراب، بحيث يصعب على الراصد غير المتمرس رؤيتها. وبعد أن أتم هيرشل «تدريب» عينيه، بدأ بعمليات المسح الليلي للنجوم المضاعفة؛ وكان يخضع كل نجم مضاعف، لنجميه سطوعان مختلفان، لعملية قياس اختلاف المنظر. وخلالً بحثه عن النجوم المضاعفة، كان يطبق هيرشل دوماً تكبيرات عالية، ذلك أنه إذا كان التكبير منخفضاً، فإن النجمين في نظام مضاعف النجوم يبدوان نجماً واحداً. وقد أثبت التكبير العالي لمقرابه أنه الأساس لما اعتُبر فيما بعد أكبر اكتشافاته.

في يوم الثلاثاء بتاريخ 13 مارس / آذار سنة 1781، بين الساعة العاشرة والحادية عشرة مساءً، كان هيرشل يمسح السماء بأول مقراب فعال صنعه،

وهو مقراب عاكس طوله سبعة أقدام، وقطر فتحته 6,2 إنش. تذكر هيرشل أنه حينما كان يدرس النجوم، «وجد أن أحدها كان يرى بحجم أكبر من النجوم الأخرى. الآن، وقد غدا هيرشل راصداً متمرساً، أدرك رأساً أن هذا الجسم لا يمكن أن يكون نجماً». فالنجم يحافظ على تألقه الشديد بقطع النظر عن درجة تكبيره. كان هذا الجرم يتألق بثبات وكان له قرص يمكن رؤيته. واصل هيرشل رصد هذا الجرم طوال الأسبوعين التاليين، معتقداً بأنه مذنب. (للمذنبات ذيل لا يمكن رؤيته حين تكون بعيدة عن الشمس). ومن المثير للانتباه أن حركة الجرم من الغرب إلى الشرق عبر السماء كانت موازية لحركات الكواكب. ولدى فحص الجرم بعد تكبير صورته بدرجة عالية، وجد هيرشل أن قرصه دائري تماماً له حدود واضحة المعالم، خلافاً لحدود أي مذنب، التي تبدو ضبابية. أخبر هيرشل نفيل ماسكيلين الفلكي الملكي في كرينتش، الذي رصد الجرم وبعث برسالة إلى هيرشل في 23 أبريل / نيسان. كان رأي ماسكيلين أن هذا الجرم ليس مذنباً، إنما هو كوكب سيار جديد.

كتب هيرشل عن اكتشافه لأورانوس ما يلي: «لقد افتُرض عموماً أن الحظّ السعيد هو الذي جلب هذا النجم إلى ساحة رؤيتي؛ هذا خطأ واضح. كنت أقوم بانتظام بفحص كل نجم في السماء، ولم أكن أقتصر على تلك النجوم التي لها هذا القدر من السطوع، بل كنت أتعداها إلى النجوم التي أقدارها أصغر بكثير. في تلك الليلة جاء دوره ليُكتشف. كنت أتصفح تدريجياً المجلّد العظيم الذي ألفه خالق الطبيعة، ووصلت الآن إلى الصفحة التي كانت تحوي الكوكب السابع. ولو حال انشغالي في تلك الليلة دون العثور عليه، لعثرت عليه في الليلة التي تليها».

وسرعان ما بدأت رسائل التهنئة تصل إلى باث، وظهر الفلكيون المشهورون واقفين على باب هيرشل. وبحلول نهاية سنة 1781، انتُخب هيرشل زميلاً في الجمعية الملكية، وتسلم مدالية كوبلي Copley مكافأةً له على إنجازه العلمي. وقد أفضى بداخلية نفسه إلى كارولين عندما قال لها:

«لا يجري الآن حديث الفلكيين والمتخصّصين في الآلات البصرية إلا عمّا يسمونه اكتشافاتي العظيمة. واحسرتاه ! هذا يبيّن مقدار تخلّفهم عندما يعتبرون هذه التوافه التي رأيتها وعملتها أشياء عظيمة».

في شهر مايو / أيار سنة 1782 دُعي هيرشل إلى قصر وندسور لمقابلة خاصة مع الملك جورج الثالث. وصل هيرشل في شهر يوليو / تموز حاملاً معه مقرابه الذي طوله سبعة أقدام لترى فيه العائلة المالكة كوكبي المريخ وزحل، وكانت هذه الزيارة الأولى التي تلاها الكثير من الزيارات. منح الملكُ هيرشل راتباً سنوياً قدره 200 جنيه شريطة أن يخصص كل وقته لعلم الفلك. ومع أن هذا الراتب كان يعادل تقريباً راتب الفلكي الملكي، فإنه لم يكن يمثل سوى نصف راتبه كموسيقيّ في باث. ويزداد الفرق عندما يؤخذ في الاعتبار الدخل الذي كان يأتيه من مبيعات مقاريبه. لذا كانت كارولين غير مقتنعة بالعرض. (كان صنع المقاريب عملاً جانبياً مربحاً).

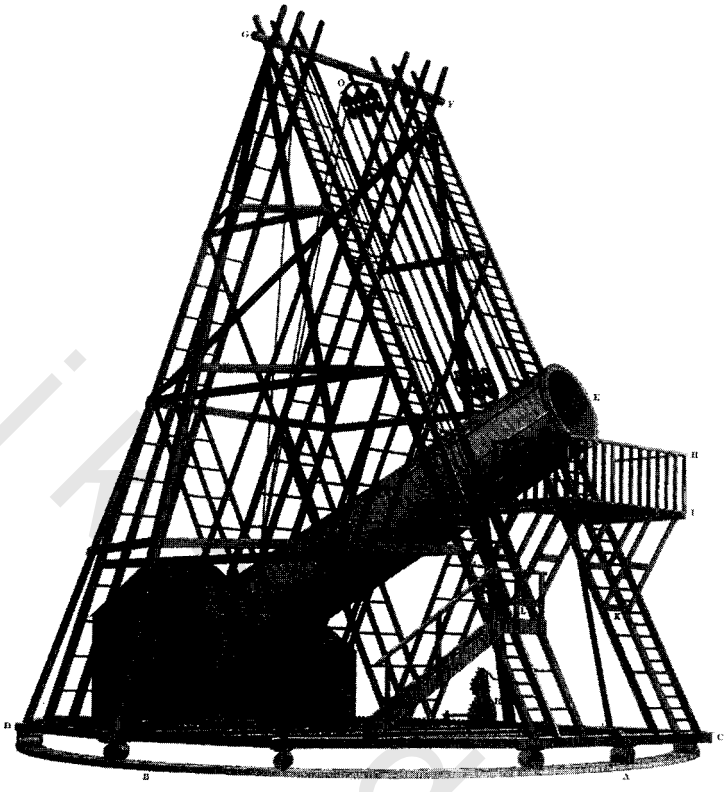
بحلول نهاية ذلك الشهر، كان هيرشل أنهى عمله في باث، وودع أخاه ألكساندر، وانتقل مع كارولين إلى بيتٍ خَرِبٍ في داتشيت Datchet الواقعة على ضفاف نهر التيمز المليئة بالمستنقعات. كتب من هناك يقول: «نذرت نفسي كلياً للرصد الفلكي، ولم أكن أفوّت ساعةً من الليالي التي كان الطقس فيها يسمح برؤية الضوء النجمي، إذ إنني كنت أقوم فيها بالرصد بنفسي، أو بتكليف شخص آخر بالرصد؛ كنت أمضي أوقات راحتي نهاراً في إعداد المقاريب وتحسينها». وفي سنة 1786، بعد أن أمضى هيرشل أربع سنوات من الإحباط بسبب هواءِ داتشيت الليلي الموسوق بالضباب، والفيضانات التي كانت تحدث من وقت إلى آخر، انتقل هيرشل إلى منطقة تتمتع بجو أكثر جفافاً في سلو Slough. كان بيته الجديد كسابقه في داتشيت، يطل على قلعة وندسور، وكان كثيراً ما يُدعى «لتسلية» العائلة المالكة وزيارة النبلاء مع مقرابه.

سنة 1783 أكمل هيرشل أكبر مقراب صُنع حتى ذلك الوقت، وكان هو الآلة الرئيسية التي استعملها لمسح السماء خلال العقود الثلاثة التالية. كان

هذا المقراب، الذي يبلغ قطره تسعة عشر إنشاً وطوله عشرون قدماً، معلقاً داخل إطار خشبي مثلثي الشكل ويدور بحرية. كان مساعدوه يديرون الإطار ويشغّلون يدوياً ذراع التدوير الذي كان يرفع أو يخفض الأنبوب. استغنى هيرشل عن المرآة الثانوية التي كانت تحرف الضوء خارجاً من الأنبوب، واستعاض عنها بإمالة المرآة الرئيسية بحيث تبئر الضوء في نقطة قريبة من محيط فتحة المقراب وضع فيها عينيته. وبهذا صارت الصور السماوية تبدو أسطع لعدم امتصاص الضوء عند عكس مرآة ثانية. أسمى تصميمه هذا المنظر الأمامي Front View. وكان هيرشل يجلس على منصته قرب العينية التي ترتفع فوق الأرض بنحو 15 قدماً، في حين كانت كارولين تجلس داخل البيت قرب نافذة مفتوحة وتسجل الإحداثيات وبعض الأرصاد السماوية التي كان يذكرها أخوها إليها بصوت عال. وكان لهذا الترتيب سبب، هو أن المصباح اللازم لهيرشل لتسجيل أرصاده يفسد تكيف عيونه مع الظلام.

كانت الممارسات الفلكية، بالطريقة التي سار عليها وليام وأخته، محفوفة بالمخاطر من وجهة نظر كارولين التي قالت: «يمكنني تقديم لائحة طويلة من الحوادث القاتلة التي نجوت وأخي منها؛ فالرصد باستعمال مثل هذه الآلات الضخمة، حين يجري كل ذلك في ظلام دامس، لا يمكن إلاّ أن يكون محفوفاً بالمخاطر». حدث مرة أن شقّت كارولين ساقها بخطاف معدني مخفيّ تحت طبقةٍ من الجليد. وفي ليلة أخرى، انهار كلياً إطار تركيب المقراب الذي طوله عشرون قدماً، وذلك بعد لحظات من نزول هيرشل عنه. ثم إن الفلكي جيوسبي بياتسي Giuseppe Piazzi الذي أتى من باليرمو، كسر ساقه لدى اصطدامه بقضيب ناتئ.

لم يحدث انتقال هيرشل إلى سلو سنة 1786 بسبب وجود بيئة جافة فقط، إنما أيضاً بسبب حاجته الفورية إلى فضاء أكثر انفتاحاً. كانت الحديقة المجاورة لبيته التي مساحتها نحو 4،000 متر مربع، كبيرة بقدر يكفي لتنفيذ آخر مشروع له، وهو آلة طولها 40 قدماً تحوي مرآة قطرها أربعة أقدام. لم يسبق أن جرت محاولةٌ لصنع مقرابٍ بهذا المقياس. لكن الملك جورج كان



مقراب وليام هيرشل العاكس ويبلغ طوله أربعون قدماً.
المصدر: أوين جنكريتش.

معجباً بعبقرية هيرشل في صنع المقاريب إلى درجة جعلته يمنح هيرشل 4،000 جنيه لبناء ذلك المقراب. وقد كتبت كارولين في سيرتها الذاتية ما يلي:

> كانت الحدائق وغرف العمل تعج بالشغيلة والعمال، بالحدادين والنجارين، كلهم يتحركون جيئة وذهاباً بين كير الحدادين والآلة التي طولها 40 قدماً؛ ويتعين عليّ ألاّ أنسى أنه لم يثبّت برغي واحد في كل هذه الآلة إلا بمراقبةٍ ومباشرةٍ من قِبَلِ أخي. لقد رأيته مستلقياً عدة ساعات تحت أشعة الشمس المحرقة على دعامة علوية، حين كان يجري تنفيذ الأعمال الحديدية اللازمة لتثبيت الحركات المختلفة للمقراب. في وقت من الأوقات، كان لا يقل عن

24 رجلاً يقومون بعملية الصقل، ليلاً ونهاراً، ولم يكن أخي يتركهم قط، وكان يتناول طعامه خلال ذلك الوقت دون أن يسمح لنفسه بالجلوس إلى الطاولة في أوقات الطعام.

أثناء إعداد المرآة التي وزنها طن في لندن، بدا الأنبوب الحديدي العريض الذي قطره قرابة خمسة أقدام كأنه نفق مفتوح من جانبيه جاثم في فناء منزل هيرشل. أثارت الأسطوانة الضخمة اهتمام الفضوليين، الذين استمتعوا بإدخال رؤوسهم فيها، بل وبالتسكع داخلها. وقد قام الملك جورج نفسه بزيارة لهيرشل في 17 أغسطس / آب سنة 1787 مصطحباً معه أسقف كانتربري. وعندما حاول الأسقف اجتياز الأسطوانة تعثرت قدماه. ووقع على الأرض. عندئذٍ مدّ الملك جورج يده له وقال: «تعال يا غبطة الأسقف، فسأريك الطريق إلى السماء».

تتذكر الكاتبة القصصّية فاني بيرني Fanny Burney أنها قابلت وليام هيرشل خلال حفلة شاي سنة 1786، وتقول: «بدا رجلاً غير مهتم كثيراً بآلته التي كانت محطّ اهتمام الكرة الأرضية». وفي الحقيقة، كان هيرشل على وشك القيام بمشروع من نوع آخر على الأرض: فقد أعلن عن نيته الزواج من أرملة ثرية اسمها ماري بيت Mary Pitt من بلدة أبتون Upton المجاورة. في هذا المشروع، لم يكن نجاحه أقل من نجاحه في مشروعاته السماوية؛ تزوج الاثنان في8 مايو / أيار سنة 1788. ومع أن ماري لم تدرك تماماً في بادئ الأمر الانشغال الشديد لزوجها في عمله، فسرعان ما عرفت ذلك. فقد قضيا شهر العسل في بيتها في سلو، وبعد ستة أسابيع استقر الزوجان في بيت ماري في أبتون، وكان هيرشل يذهب منه يومياً إلى عمله.

بقيت كارولين هيرشل في بيتها في سلو، لكنْ في شقة فوق الورشات؛ أما البيت نفسه فقد احتُفظ به بيتاً ثانياً لوليام وماري. كان هذا الزواج ثقيل الوطأة على كارولين، التي قامت فيما بعد بالتخلص من كل إشارة إلى هذه المرحلة في دفتر مذكراتها اليومية. بيد أنها اكتشفت، بمرور الأيام، أن ماري هيرشل كانت امرأة ذكية تتمتع بسجايا طيبة وإخلاص شديد لوليام، الذي

كان يقضي جل وقته في عمله. وبحلول سنة 1792 الذي وُلِدَ فيه ابنٌ لوليام «لقيت السيدة الإنكليزية كل حب وتقدير من الشقيقة الألمانية القاسية الضئيلة الجسم».

أنهى هيرشل مقرابه الذي طوله أربعون قدماً سنة 1789، وذلك بعد ثلاث سنوات من البدء بتعيينه. بعد ذلك بعقود تذكّر الكاتب الأمريكي أوليفر وندل هولمز Oliver Wendell Holmes رئيس محكمة العدل العليا، انطباعه الأولي بعد إلقائه أول نظرة خاطفة على الآلة خلال زيارة له لإنكلترا. وقد عبر عن تلك الذكرى بقوله: «كانت آلة مذهلة لها صَوَارٍ مائلة وسلالم وحبال كان يبرز خلالها أنبوب ضخم، يبدو مثل مدفع ضخم يوجهه الملائكة المتمردون إلى أسوار السماء، وذلك بتوجيه فوهته ـ كما يقول الشاعر ملتون Milton ـ بتحد نحو السماء».

مثّل إكمال المقراب الذي طوله 40 قدماً معلماً مهماً آخر: فبعد أن اكتشفت كارولين هيرشل مذنباً سنة 1786 ـ وهو الأول من ثمانية مذنبات اكتشفتها خلال حياتها ـ أصبحت فلكية بكل معنى الكلمة، ومنحها الملك راتباً سنوياً قدره 50 جنيهاً. وتذكر هذه الحادثة بقولها:

> في شهر أكتوبر / تشرين الأول استلمت مبلغ 10،12 جنيهاً، وهذه أول دفعة ربع شهرية من راتبي، وأول مبلغ من المال أتقاضاه في حياتي وأملك الحرية في التصرف به كيفما أشاء... وقد أزاح هذا عني همّاً كبيراً، لأنه مع أنني كنت عموماً (وخصوصاً خلال السنوات التي كنت مشغولة فيها جداً مع أخي) القيّمة على مصروف أخي، الذي كنت أقتطع منه مبلغاً لمصروفاتي الشخصية، وذلك بإضافة عبارة «إلى كارولين» إلى دفتر المصروفات، فإن مصروفي الخاص لم يكن يتجاوز 6 أو 7 جنيهات سنوياً منذ أن تركنا باث.

وعلى الرغم من حجمه الكبير، فإن إنجازات هذا المقراب الذي طوله 40 قدماً لم تتناسب مع حجمه. ولما كانت مرآته عرضةً لفقدان بريقها، فقد تطلبت إعادة صقل متواصل. وحتى بعد أن تكون صقلت حديثاً، كانت المرآة تلتوي بسبب ثقلها الكبير، وهذا كان يشوه الصورة في عينية المقراب.

ثم إن إعداد المقراب الذي طوله أربعون قدماً للقيام بأرصاد في إحدى الليالي، عملية كانت تستغرق ساعات. وهذا جعل هيرشل يعود في النهاية إلى مقرابه القديم الذي طوله 20 قدماً. ومع ذلك، بينت الطاقة الهائلة لجمع الضوء في المقراب الذي طوله 40 قدماً جدارة هذا المقراب في أول ليلة استُعمل فيها بعد إعداده: فقد رُصد به قمر واضح، لم يكن مرئياً سابقاً، حول زحل، وأُطلق عليه فيما بعد اسم إنسيلادوس Enceladus. وقد رفع هيرشل المتواضع مذكرة إلى جوزيف بانكس Josep Banks رئيس تحرير مجلة Philosophical Transactions التابعة للجمعية الملكية قال فيها: «هل ترى من المناسب، في هذا الوقت الذي تقومون فيه بطبع مقالتي عن السدم، أن أضيف إليها ما يلي: «ملاحظة، يوجد لزحل ستة أقمار؛ اكتشفها وليام هيرشل بمقرابه الذي طوله أربعون قدماً»؟ وافق بانكس على هذا الطلب، وأضاف ملحقاً موسعاً مطبوعاً إلى المقالة. وبحلول الوقت الذي صدر فيه الإعلان عن اكتشاف إنسيلادوس، اكتشف هيرشل قمراً سابعاً لزحل أسماه ميماس Mimas. وشرح هذا لبانكس بالكلمات التالية: «إذا كانت الأقمار هي التي تعترض طريق مقرابي العاكس الذي طوله أربعون قدماً، فمن الصعب مقاومة اكتشافها».

كانت مقاريب هيرشل هي الكبرى في العالم، وكانت قادرة على النظر إلى أغوارٍ في الكون لم تبلغها أي مقاريب أخرى. وبالاستعانة بهذه المقاريب، توصل هيرشل إلى سجل حافل باكتشافاتٍ لا يستطيع جمعها إلاّ مركز كامل للبحوث الفلكية. وتضم قائمة جزئية منها ـ أعدها ابنه جون سنة 1825 ـ اكتشاف أورانوس واثنين من توابعه هما تيتانيا Titania وأبيرون Oberon؛ واكتشاف قمرين لزحل هما إنسيلادوس وميماس، إضافة إلى أول قياس للمدة التي تستعرفها حلقات زحل في الدوران حوله؛ وتبيان الطبيعة الغازية لسطح الشمس؛ وقياس ارتفاعات الجبال القمرية؛ واكتشاف نحو 1،000 نجم مضاعف وأكثر من 2،000 سديم وتجمع عنقودي للنجوم؛ وتحليل درب التبانة بكامله إلى نجوم؛ واكتشاف الضوء تحت الأحمر؛ وتعيين حركة النظام الشمسي عبر الفضاء.

استعان هيرشل بالمقراب الذي طوله 40 قدماً «للمعايرة النجمية»، وهي طريقة كان يأمل بواسطتها تعيين هيئة مجرتنا. وتستند طريقة المعايرة النجمية إلى المبدأ القائل بأن «البهوت يعني البعد». وقد طبق نيوتن ومعاصروه هذه القاعدة على بضعة نجوم ساطعة؛ أما هيرشل فطبقه على عدة آلاف من النجوم. أجرى هيرشل إحصاءً لنجوم 3،400 بقعة مختلفة من السماء، ثم صنّفها في فئات وفقاً لشدة سطوعها. وقد افترض أن أبهت الفئات هي الأبعد عن الأرض. وبهذا الأسلوب استطاع إثبات أن مجرتنا ثلاثية الأبعاد. وتحديدا، وجد أنها تشبه قرصاً ممزقاً يوجد على محيطه صدوع من مختلف الحجوم. استند مشروع المعايرة النجمية إلى افتراض وحيد مفاده أن جميع النجوم متطابقة في خرجها output الضوئي. ولو لم تكن النجوم متطابقة جوهرياً، لغدت النتائج مشبوهة.

وإضافة إلى الأساس المثير للجدل الذي بنيت عليه طريقة المعايرة النجمية، كان هيرشل غير راض عن ناحية أخرى في هذا الإجراء، ذلك أنه لا يعطي إلاّ المسافات النسبية فقط للنجوم. فمع أن شكل المجرة صار معروفاً، فإن بعدها الحقيقي عنا بقي مجهولاً. ولم يَبْقَ إلا طريقة واحدة لقياس المسافات إلى النجوم، ألا وهي اختلاف المنظر النجمي.

أخبر هيرشل أعضاء الجمعية الملكية الإنكليزية في 6 ديسمبر / كانون الأول سنة 1781 أن «إيجاد المسافات الحقيقية إلى النجوم الثابتة يمثل مشكلة حقيقية سعى الكثير من الفلكيين البارزين لحلها، دون أن ينجح أحد في ذلك». وتفسيره لفشله في هذا المجال ترديدٌ لقولٍ ذكره الفلكي اليوناني القديم أرستارخوس، الذي كان أول من تحدث عن ضرورة كشف اختلاف المنظر النجمي قبل زهاء 2،000 سنة. قال أرستارخوس: «القطر الكلي للمدار السنوي للأرض هو مجرد نقطة عند مقارنته بالمسافات الهائلة التي تفصلنا عن النجوم». وقد هُزِمَ الفلكيون تماماً أمام هذه الحقيقة التي أوردها أرستارخوس، وأمام الصغر الشديد لاختلاف المنظر النجمي. وقبل خمسين سنة من اهتمام هيرشل بمسألة اختلاف المنظر، باءت بالفشل جميع المساعي

الحثيثة والمضنية التي بذلها جيمس برادلي لكشف اختلاف منظر كاما دراكونيس. استنتج برادلي أن الانزياحات الناجمة عن اختلاف المنظر بالغة الصغر، ليس بالمعنى المطلق فحسب، وإنما أيضاً مقارنةً بمدى الاضطرابات البيئية والمقرابية التي لابد أن ترافق عمليات الرصد؛ الطريق الوحيد لمستكشفي اختلاف المنظر هو، كما يرى برادلي، مواصلة تدقيق النظر في النجوم المضاعفة، وهذا ما اقترحه كاليليو. وبعد تسعة أشهر تماماً من الاكتشاف التاريخي لأورانوس، أعلن وليام هيرشل عن نيته قبول تحدي برادلي «كي يكون قادراً أخيراً على تجاوز الحديث عن صغر اختلاف المنظر النجمي، إلى الحديث عن تحديد قيمته».

وضع هيرشل خطة ذات ثلاث مراحل للتصدي لمشكلة اختلاف المنظر. المرحلة الأولى هي «مسح» نصف الكرة السماوية الشمالي كلياً، وفهرسة كل نجم مضاعف يَعْبُرُ حقل رؤيته. والثانية هي أن يختار، من بين آلاف النجوم الثنائية المكتشفة حديثاً، تلك الأزواج التي يكون سطوع عنصريها متبايناً جداً. والثالثة هي إجراء القياسات الضرورية الطويلة الأجل لكل زوج جرى اختياره. كان الهدف الرئيسي لهيرشل النجوم الثنائية التي يكون النجمان فيها قريبين بعضهما من بعض، بحيث لا يفصل أحدهما عن رفيقه أكثر من خمس ثوان قوسية. ففي مثل هذه النجوم المضاعفة «الملتزة»، تكون الآثار المشوِّهة التي يحدثها الانكسار الجوي، والزيغ، والتذبذبات المختلفة التي تحصل على الأرض، متعادلة في الرفيقين النجميين في نجم مضاعف، ومن ثم يمكن إهمال هذه الآثار. وقد رأى هيرشل أن أي تذبذبٍ للنجم الساطع بالنسبة إلى النجم الباهت يمكن أن نعزوه تماماً إلى اختلاف المنظر.

أدرك هيرشل أن مقاريبه كانت بين أفضل ما هو موجود منها في العالم، وبخاصة عندما يتعلق الأمر بشدة التكبير. فالنظام النجمي التي يظهر مضاعفاً في آلاته قد يبدو لطخة من الضوء في آلات غيره من الفلكيين. وقد جزم لزملائه أنه «اتخذ جانب الحذر فيما يتعلق بالخداعات البصرية»، وأن

النجوم المضاعفة، التي نجما كل منها قريب أحدهما من الآخر، وهي التي سيدرسها دون غيرها، موجودة فعلاً. رأى، إضافة إلى ذلك، أن الراصد يجب «ألاّ يحكم على آلته أو عينه بالفشل إذا لم ينجح في تمييز هذه النجوم المضاعفة». وفي شهر يناير / كانون الثاني سنة 1782 نشر هيرشل أول كاتالوك (فهرس) مخصص للنجوم المضاعفة، أورد فيه 269 نظاماً قابلها خلال مسح للسماء أمضى فيه سنتين؛ وقد رفعت عمليات المسح التي أعقبته هذا العدد إلى 1،000 تقريباً. وباستعماله مكرومتر العينية ـ وهو زوجٌ من الأسلاك المتوازية التي يمكن تحريكها داخل حقل رؤية المقراب ـ سَجَّلَ التوجيه النسبي لكل زوج نجمي، والمسافة النسبية بين هذين العنصرين.

لم يمض طويل وقتٍ قبل أن يتلقى مشروع اختلاف المنظر الذي نفذه هيرشل أول صدمة. ففي أبريل / نيسان سنة 1782، لفت الفلكي الملكي نفيل ماسكيلين انتباه هيرشل إلى بحث أجراه سنة 1767 عالم جيولوجي من كيمبردج اسمه جون ميتشل John Michell بعنوان «تحقيق في اختلاف المنظر المحتمل، وأقدار النجوم الثابتة». (يعزى إلى ميتشل أيضاً أنه قدم وصفاً للثقب الأسود سنة 1784). وباستعمال ميتشل التحليل الإحصائي، أثبت أن التوزع العشوائي للنجوم في الفضاء يجعل فرص وجودها على استقامة واحدة مع الأرض ضعيفة نسبياً؛ أي أن ثمة نسبة قليلة جداً من النجوم المضاعفة يكون فيها النجم البعيد والنجم القريب على استقامة واحدة مع الأرض. وبكلمات ميتشل: «من المحتمل جداً بوجه خاص، ومن المؤكد عموماً، أن مثل هذه النجوم المضاعفة، التي تبدو مؤلفة من نجمين أو أكثر بعضها قريب من بعض، هي نجوم مضاعفة مكوّنة من نجوم قريبة فعلاً بعضها من بعض».

إذا كانت معظم النجوم المضاعفة هي أزواجاً حقيقية ـ «نجوماً ثنائية» ـ فلا يمكن استعمالها في قياس اختلاف المنظر بالطريقة التي اقترحها كاليليو. وقد افترض هيرشل، مثل سلفه كاليليو، أن جميع النجوم تشبه الشمس، وأن أي اختلاف في السطوع الظاهري لنجمين ناجم عن الفرق بين المسافتين

اللتين تفصلاننا عنهما. هذا الاختلاف المفترض في المسافتين هو الذي يعتمد عليه أسلوب كاليليو. وبالمقابل، كان ميتشل يرى أن الفرق في سطوع عنصرين من نجم مضاعف، ناشئ عن الفرق في خرجهما output الضوئي، وليس في المسافتين إليهما: فالنجم الساطع يولّد ضوءًا أكثر مما يولد رفيقه. وإن صح هذا، فإن الأساس الكلي الذي استند إليه مشروع هيرشل في اختلاف المنظر، لا بد أن ينهار.

سنة 1783، وجه ميتشل رسالة مفتوحة إلى الجمعية الملكية بيّن فيها الأسس المقلقلة التي اعتمدت عليها جهود هيرشل في موضوع اختلاف المنظر. تنبأ أيضاً أنه سيوجد خلال بضع سنوات دليل رصدي حاسم على أن «بعض العدد الكبير من النجوم الثنائية والثلاثية...، التي كان السيد هيرشل رصدها، هي أنظمة مكونة من أجرام يدور بعضها حول بعض». ردّ هيرشل على ذلك بقوله إنه ما زال من المبكر تقديم حكم نهائي على طبيعة النجوم المضاعفة.

ورغم بروز هذه المشكلة الصعبة، واصل هيرشل مسح السماء بحثاً عن النجوم المضاعفة، لكنه أخر مشروعه المتعلق باختلاف المنظر إلى سنة 1802. في هذا العام جاءت الصدمة الثانية. فقد قرر هيرشل إعادة فحص عدة أنظمة من النجوم المضاعفة التي سبق له أن صنّفها في كاتالوك (فهرس) قبل 25 سنة. وفي كل منها تقريباً، وجد أن الموقع النسبي لكل نجم في النظام المضاعف انزاح مع الزمن. وأسلوب حركة هذه العناصر كان واضحاً: إذ كان النجمان يدور كل منهما حول الآخر. وهكذا كان ميتشل على حق: فمعظم النجوم المضاعفة هي أزواج حقيقية، وليس تراصفات حدثت مصادفة، وهذا هو الدليل الرصدي الذي أثبت ذلك ـ وهو دليل عطّل الخطة الكاملة لهيرشل لقياس اختلاف المنظر النجمي. وكان على هيرشل نفسه أن يقدم هذا الدليل.

خلال صيف سنة 1802، حين كان يعود موسيقيٌ مكتئب اسمه لودفيك فان بتهوفن إلى قريته هيليكنشات للتأمل في مشكلة صممه التي كانت تتفاقم،

ألف وليام هيرشل الكلمات التي وضعت نهاية للحلم الذي راوده طوال حياته لقياس الكون. فقد أعلن هيرشل أمام الجمعية الملكية في 1 يوليو / تموز سنة 1802 ما يلي: «سأخبركم قريباً جداً عن سلسلةٍ من أرصاد النجوم المضاعفة التي أجريتها، والتي سيتبيّن منها أن كثيراً منها غيرت مواقعها النسبية بطريقة تشير إلى أن كلاً من عنصري نجم ثنائي يدور حول العنصر الآخر». وعندما نشر هيرشل هذه الأرصاد سنتي 1803 و 1804، التي فصّل فيها الحركات المدارية لعدة دستات من الأنظمة الثنائية، وصل البحث عن اختلاف منظر نجمي إلى طريق مسدود.

سددت بيانات هيرشل المتعلقة بالطبيعة الحقيقية للنجوم المضاعفة ضربة قاضية إلى مشروع آخر أمضى فيه زمناً طويلاً، وهو المعايرة النجمية. فوجود نجم ثنائي أحد عنصريه ساطع والآخر باهت، يثبت أن النجوم ليست كلها متشابهة كما افترض هيرشل، إذ إن الخرج output الضوئي للنجوم يمتد على نطاق واسع. (يعني هذا، بلغة معاصرة، أن الإصدار الضوئي النجمي يختلف بحيث يمتد من 1/1,000 إلى مليون مرة من ضيائية الشمس). لذا فالنجوم ليست منارات متماثلة، بحيث يُظهر سطوعُها مواقعَها النسبية في الفضاء. وحتى أمام هذا الدليل الملعون، لم يتوقف هيرشل في أواخر سني حياته عن معايرة النجوم في سعيه العبثي لرسم حدود مجرتنا.

رغم الإحباط التي ولّدته في نفسه اكتشافاته للطبيعة الحقيقية للنجوم المضاعفة، فقد أوضح هيرشل أمراً ذا أهمية بالغة، وهو شمولية قوانين نيوتن في الثقالة والحركة. إن ثقالة نيوتن لا تُسْقِطُ حبات التفاح من الشجرة إلى الأرض، وتمسك بالكواكب بقوة وتجعلها تسير بسرعة حول الشمس فحسب، إنما تقوم أيضاً، بعيداً عن حدود نظامنا الشمسي، بشد نجميْ كل نجم مضاعف أحدهما إلى الآخر. وبعد ذلك بعقود، استعمل الفلكيون معادلات نيوتن لحساب كتل نجوم هيرشل المضاعفة. صحيح أن هيرشل فشل في مساعيه لكشف اختلافات المنظر، لكنه وفر للفلكيين الوسيلة «لتقدير وزن» النجوم. وتمثل الكتلة النجمية واحدة من المكوّنات الرئيسية

للنظريات الحديثة التي تُعنى بالطريقة التي تولّد النجوم بها طاقاتها. إن النبتة الرصدية، التي زرعها هيرشل في مطلع القرن التاسع عشر، أخرجت شطأها في علم الفيزياء الفلكية النجمية stellar astrophysics في القرن العشرين.

استهل هيرشل آخر مذكرة كتبها لشقيقته كارولين بالعبارة التالية: «لينا، ثمة مذنب ضخم يتطلب مساعدتك. احضري إلى بيتي لتناول العشاء وقضاء يومك هنا. إذا تمكنت من الحضور بعد الساعة الواحدة بقليل، فسيكون لدينا الوقت الكافي لإعداد الخرائط والمقاريب». أرّخت كارولين المذكرة ـ 4 يوليو / تموز، 1819 ـ وكتبت عليها: «سأحتفظ بهذه الكلمات تذكاراً ! إن كل سطر يخطه الآن أخي العزيز هو كنز لي». في ذلك الوقت، كان أخوها في الواحدة والثمانين من عمره، وكانت مذكراتها اليومية تحوي مساحات متزايدة تتحدث عن صحة أخيها الآخذة في التدهور. وقد توقفت عن الكتابة عن أخيها في شهر أكتوبر / تشرين الأول سنة 1821 عندما لم تعد كارولين قادرة على تسجيل المزيد من عبارات حزنها الشديد على أخيها. وفي 25 أغسطس / آب سنة 1822، عندما كانت كارولين جالسة قرب فراش وليام، انتقل أخوها إلى جوار ربه.

بعد أقل من شهرين، صعدت كارولين إلى متن سفينة لنقل البريد متجهة إلى مسقط رأسها هانوفر، مخلفة وراءها بلداً كانت تعده وطنها طوال خمسين عاماً. عاشت هناك مع عائلة أخيها ديتريش Dietrich مدة ثلاث سنوات، ثم عاشت بعد موته وحيدة مدة ثلاث وعشرين سنة. في هانوفر، كانت كارولين شخصية مشهورة، وكانت تستقبل الشخصيات المرموقة من جميع أنحاء القارة الأوروبية. وفي سنة 1828 منحتها الجمعية الفلكية الملكية مدالية ذهبية مكافأة لها على إخراج الكاتالوك الذي كانت جمعت فيه منذ وقت قريب أرصاد أخيها. بعد ذلك بسبع سنوات، كانت أول امرأة تعين في عضوية الشرف للجمعية؛ وفي سنة 1838 حذت الأكاديمية الأيرلندية الملكية حذو الجمعية الملكية. هذا وقد قدّم ملك بروسيا لها سنة 1846 المدالية البروسية الذهبية للعلوم. لكن حوادث التكريم هذه لم تكن تعني الكثير

لكارولين هيرشل. وقد كتبت تقول: «لقد أمضيت سبع عشرة سنة وحيدة في حياة لم أجد طعماً لها في هانوفر لأنني لم أجدها، ولم أجد أهلها، مثلما تركتها حين اصطحبني أخوايَ معهما إلى إنكلترا في شهر أغسطس / آب سنة 1772».

أصبح جون هيرشل، الذي دربه أبوه وليام، فلكياً بارزاً، وتسلم حصته من المداليات، وارتقى أخيراً ليصبح رئيس الجمعية الفلكية الملكية والاتحاد البريطاني لتقدم العلوم. وبحلول الوقت الذي زار فيه عمته كارولين في هانوفر في شهر يوليو / تموز سنة 1832، كان هو سير جون هيرشل. لقد أخبر كارولين عن عزمه على تجميع المقراب القديم الذي طوله عشرون قدماً والقيام برحلة مع زوجته مارغريت إلى رأس الرجاء الصالح ليقوم بمسح نصف الكرة السماوية الجنوبية، بعد أن مسح والده نصف الكرة الشمالية. علقت كارولين على ما سمعته من ابن أخيها بقولها «إنها تتمنى لو كان سنها أصغر بثلاثين أو أربعين سنة لتفعل ذلك أيضاً!»

غادر جون ومارغريت إنكلترا في 13 نوفمبر / تشرين الثاني سنة 1833 لقضاء سنواتهم الخمس في رأس الرجاء الصالح. وقبل ذلك بأشهر فقط، كان فلكي صديق لجون اسمه توماس هندرسون Thomas Henderson أبحر شمالاً من رأس الرجاء الصالح في طريق عودته إلى موطنه الأصلي اسكتلندا. كان هندرسون أكمل سنة تعيسة في المرصد الملكي بجنوب إفريقية، حيث تدهورت صحته، وشعر أنه لم يعامل هناك بالاحترام الذي يليق بالطبقة الاجتماعية التي ينتمي إليها، لذا يئس وعاد إلى الرفاهية التي تعودها في وطنه. في ذلك الوقت، لم يدرك هندرسون كم كانت مهمته في رأس الرجاء الصالح مثمرة، لأنه كان يوجد بين بياناته الرصدية التي رافقته على ظهر الباخرة أول دليل على اختلاف المنظر النجمي.