# 14

# جنادب بأعداد كبيرة

إن مجرد هزة صغيرة لأنبوب المقراب، تجعل النجوم تقفز
وكأنها جنادب تنطّ بأعداد كبيرة.

**ـ رودلف ثيل، من كتاب**
**And There Was Light: The Discovery of the Universe**

كثير من الرجال العلميين الذين تحدثت إليهم، يظنون أنه بعد اكتشاف
فراونهوفر، تفوّق المقراب الكاسر على العاكس، وأن جميع المحاولات
التي بذلت لتحسين المقراب الأخير باءت بالفشل

**ـ وليام بارسونز، إيرل روس الثالث**

★ ★ ★

عندما كنت في الثانية عشرة من عمري، جمعت كل ما ادخرته من القطع النقدية المعدنية، واشتريت بها أول مقراب لي: وهو مقرابٌ كاسرٌ سعره أربعون دولاراً كان معروضاً في مخزن كبير للبيع بالتجزئة. ما أثار فضولي، وجعلني أشتري المقراب، كتيّبٌ في علم الفلك قدم وصفاً مفصلاً جميلاً لجميع العجائب السماوية التي سأتمكن من رؤيتها بآلتي الجديدة. وكنت حفظت عن ظهر قلب أنماط الكوكبات، لذا صرت أعرف مخطط

obeikandl.com

السماء الليلية مثلما أعرف جيراني. كنت متحمساً لاكتشاف الكون الذي يقع خارج نطاق قدرة عينيّ وحدهما.

لم تكن ليلتي الأولى التي قضيتها مع المقراب كما توقعت. كانت مشاهدة السماء الليلية، من طريق لا يبتعد سوى عشرة أميال عن أضواء إحدى الساحات، تمثل تحدياً لي؛ فمصطلح «يمكن رؤيته بالعين المجردة»، الذي ورد في كتيب علم الفلك المذكور آنفاً عند وصفه لكثير من الأجرام السماوية، ثبت أنه مصطلح غير حقيقي لشخص يقيم في شمال ولاية نيوجرسي. كان ثمة تحد آخر يتمثل في برد الشتاء القارس، الذي كان يتسرب إلى أصابعي عبر القفازين اللذين كنت أرتديهما. بيد أنه لا وهج المدينة، ولا البرد، هو الذي أفسد أمسيتي تلك؛ ذلك أن الوهج والبرد مشكلتان يمكنني التعامل معهما. الواقع أن مقرابي هو الذي أحبطني تماماً. فعندما حدّقت في عينيته لأرى أول نجم، لم أرَ سوى لطخة مرتعشة من الضوء محاطة بأهداب ملونة. وكلما كَبَّرْتُ النجم، ازداد الشذوذ فيما أتطلع إليه. ومهما كانت السلاسة والنعومة التي كنت أدوّر بهما زرّ التبئير، فإنهما لم ينفعا في التخفيف من ضبابية الصورة التي أراها. وكلما كانت تهب الريح، كانت الصورة تقفز كأنها نطّاط مضيء. وعندما دفعت، دون قصد مني، إحدى أرجل المنصب الثلاثي القوائم الحامل للمقراب، غاب النجم عن ساحة الرؤية. ومع أن الآلة التي ابتعْتها كانت تشبه مقراباً من الخارج، وكانت تملك كل مقومات المقراب في الداخل، فإنها كانت، وظيفياً، آلة عديمة الفائدة.

مهمة المقراب الأساسية هي تكبير الأجسام البعيدة. لكنْ هذا ليس سوى نصف الحقيقة. فالتقريب لا يحدث دون مقابل، ذلك أن أي عيب في التجهيزات البصرية للمقراب يكبر ويفضح نفسه أيضاً في الصورة التي تظهر في العينية، بدرجات مختلفة من القبح. في فجر القرن التاسع عشر كان صنع مقراب عملية مثبطة للهمم، إذْ كانت كل خطوة في الصنع تتضمن دعوة لتدخّل عيب آخر. كانت معادن المرايا وأنواع الزجاج اللازم لصنع العدسات

تُنتَج في أفران بدائية باستعمال طرائق بدائية بعيدة عن الدقة. وفضلاً على ذلك، كان من الضروري شحذ هذه المرايا والعدسات لتتخذ الأشكال الدقيقة المطلوبة دون الإفادة من تجهيزات حديثة أو إجراءاتٍ ملائمةٍ لاختبارها. كان من الضروري أن يركَّب الأنبوب الطويل الثقيل الذي توضع فيه تلك المرايا والعدسات على منصة متينة جداً، لتتمكن من إبقاء الأنبوب في توازن دقيق أيا كان المنحى الذي يوجه إليه الأنبوب.

لم تكن المقاريب في مطلع القرن التاسع عشر عموماً بسوء آلتي التي كانت تمثل كابوساً لي؛ لكنها لم تكن ترقى إلى تنفيذ أكبر مهمة فلكية في ذلك الوقت، ألا وهي القياس الدقيق لمواقع النجوم واختلافات منظرها. فقد كان كشف انزياح زاويّ، بصغر اختلاف منظر، يتطلب تقدماً غير عادي في العلوم المتصلة بالمقاريب. تعلّمت في تلك الليلة القارسة البرد أن الحاجة ملحة إلى تجهيزات بصرية عالية الجودة، وإلى منصّات متينة لحملها. هذا بالضبط ما كان يحتاجه الزبائن منذ زمن بعيد من الذين يعهدون إليهم صنع مقاريبهم. كان الفلكيون بحاجة إلى آلات أفضل، لكنْ لم يكن بإمكان أحد إنتاجها.

قرر جوزيف فراونهوفر العمل على إصلاح هذا الوضع. ومثلما أقرّ فردريش بسل بضرورة تطوير معالجة اختزال البيانات، أقر فراونهوفر بضرورة رفع مستوى جودة الآلات التي تجمع تلك البيانات. لذا كان الرجلان متعاونين روحياً قبل أن يتقابلا شخصياً بمدة طويلة، وكان فراونهوفر ملائماً تماماً لإنجاز مهمته. وربما كان على معرفة بعلم البصريات النظري أكثر من أي شخص آخر في أوروبا في ذلك الوقت، وقد برع في الهندسة العملية، وأبدى مهارة فائقة في حل أي مسألة واجهها. في السنوات الأولى من عمله في المعهد الرياضي ـ الميكانيكي، أجرى تجارب على المقاريب التي تستعمل المرايا. سمع عن النجاح الكبير الذي أحرزه وليام هيرشل في المقاريب العاكسة، التي انتشر مئات منها في جميع أنحاء أوروبا. لكنه كان يعرف أيضاً عيوبها، إذ كانت المرايا المصنوعة من المعدن الصلب تتشوه عند

تغير درجة الحرارة، وكان سطحها العاكس يفقد بريقه عند تعرضه لعوامل أخرى. وخلاصةً، كانت مقاريب هيرشل العاكسة الشهيرة ذات الفتحات الكبيرة، التي كانت مثقلة بالحبال والبكرات، لا تصلح البتة لتحديد المواقع النجمية.

ومع أن معظم المقاريب الكاسرة في أوائل القرن التاسع عشر كانت تعتبر مكاشيف مقبولة إلى حد ما لتعيين المواقع، فإن فراونهوفر أصبح مقتنعاً بأن هذا النمط من المقاريب سيضمن أداء أكثر ضبطاً ودقة من المقاريب العاكسة. وقد عمل خلال عقد كامل على رفع مستوى أداء المقاريب الكاسرة، وبلغ نجاحه في ذلك درجة جعلت بعض الفلكيين يتحدثون عن المقاريب العاكسة وكأنها أصبحت من طراز قديم.

قبل أن يغدو المقراب الكاسر هو آلة القياس الدقيقة برأي فراونهوفر، كان من الضروري القيام بتحسينات جوهرية على أهم مركباته، وهي الجسمية، التي تعد العدسة الأساسية فيه. مهمة العدسة الجسمية هي تبئير الضوء الوارد ليصبح صورةً في أنبوب المقراب. ثم تقوم العينية بتكبير هذه الصورة لتظهر التفاصيل التي لا تستطيع القدرة المحددة للعين المجردة أن تراها.

وتعاني العدسات العادية من عيب متأصل فيها يسمى الزيغ اللوني chromatic aberration، الذي يجعل الألوان المختلفة، التي يتكون منها ضوء نجم ما، تُبَأّر على مسافات مختلفة خلف العدسة. من الممكن تعديل عينية مقراب لإيضاح الصورة المكونة، مثلاً، من الجزء الأصفر من الضوء النجمي، بيد أن ذلك يجعل اللونين «الأزرق» و«الأحمر» يبدوان ضبابيين غير واضحين. ومن ثم لا يمكن البتة جعل النجم موجوداً كلياً في بؤرة واحدة. وقد تمخض الجهد المكثف والمقدس المبذول في صناعة المقاريب في أيام فراونهوفر عن ابتكار عدسة لا لونية achromatic، تجعل جميع الألوان الموجودة في ضوء النجم مبأرة في نقطة واحدة.

وجد الروّاد الأوائل لصناعة المقاريب أن الزيغ اللوني يكون أقل

وضوحاً إذا جعلت عدسة المقراب رقيقة قدر الإمكان. لكنْ لهذا الإجراء أثر جانبي غير مستحسن، ذلك أن الصورة تتكوّن بعيداً جداً عن العدسة. ومع أن الزيغ اللوني يُخَفّفُ من حدة هذه المشكلة، فإن الدواء لا يقل سوءاً عن المرض. لذا بدأت تظهر مقاريب أطوالها أكثر من 100 قدم في منتصف القرن السابع عشر. أوضح مثال عليها هو المقراب الكاسر الذي يبلغ طوله 150 قدماً التابع ليوهان هيفيليوس، الذي كان يتعين عليه الصياح كي تقوم فرقة من الرجال بشدّ الحبال في كل مرة كان ينوي فيها تدوير آلته الضخمة حول صاريها الذي يبلغ طوله 90 قدماً.

كان اقتراح إسحاق نيوتن لمعالجة مشكلة الزيغ اللوني هو توليد نمط مختلف تماماً من المقاريب. استعاض عن العدسة الجسمية الواقعة في أعلى الأنبوب بمرآة مقعرة في أسفله. عندئذٍ ينعكس الضوء النجمي عن المرآة المقعرة ذاهباً إلى مرآة مستوية صغيرة توجهه عبر عينية مثبتة بالأنبوب. هكذا وُلِدَ المقراب العاكس سنة 1668. وقد توقف عملياً تطوير العدسات اللالونية بعد إعلان نيوتن أن الزيغ اللوني هو النتيجة الحتمية لانكسار الضوء. وقد أعلى هذا الإعلان من شأن نيوتن بين علماء عصره.

تعين الانتظار حتى سنة 1695 ليقترح أستاذ علم الفلك في أكسفورد، ديفيد كريكوري David Gregory، أنّ الزيغ اللوني يمكن أن يخفض بواسطة عدسة مركّبة، مكونة من نمطين مختلفين أو أكثر من الزجاج المثبت بعناية بعضه ببعض. ويبدو أنه استلهم هذه الفكرة من البنية المتعددة المركّبات للعين البشرية. بيد أنه مرّت 38 سنة قبل أن يستفيد أحد من فكرة كريكوري. ففي سنة 1733، عهد محام وهاوي عدساتٍ إنكليزيٌّ، اسمه شستر مور هول، إلى اثنين من صانعيّ الأدوات البصرية، صنع عدستين صغيرتين ـ إحداهما مقعرة من الزجاج الصوّاني، والأخرى محدبة من الزجاج التاجي ـ ومن قبيل المصادفة، كلّف كلا هذين الصانعيْن بهذه المهمة شخصاً واحداً هو جورج باس. وكي يتوثق باس من أن العدستين اللتين صنعهما كانتا منسجمتين، ثبّت إحداهما بالأخرى ونظر عبرهما إلى جسم بعيد. وما

حدث هو أن الأهداب الملونة المألوفة جداً اختفت عملياً من الصور المرئية. سلّم باس زوج العدسات إلى هول، الذي ركّبهما بدوره في مقراب. وبنظرةٍ واحدة أكّد هول ما كان يعرفه باس، وهو أن ديفيد كريكوري كان على حق. فالعدسة المركّبة تسمح بمعالجة الزيغ اللوني.

حاول باس ترويج العدسات اللالونية لصانعي الأدوات البصرية المعروفين، لكنه رأى أنهم غير معنيين بها. كان عملهم مزدهراً، وكان هؤلاء الصانعون مشغولين جداً، ولم يكن لديهم متسع من الوقت للاهتمام بهذا التصميم العصري. ظل هذا الموضوع معلقاً إلى سنة 1750، عندما قابل باس جون دولوند. دولوند، الذي كان حائكاً للمنسوجات الحريرية سابقاً، والذي صار صانع أدوات بصرية ذا شأن، هو من المؤيدين لأفكار نيوتن عندما يتعلق الأمر بحتمية الزيغ اللوني في العدسات. مع ذلك، أثار فضوله تقريرُ باس عن العدسة اللالونية، وقرر القيام بتجاربه الخاصة عليها. وكم كانت دهشته عارمة عندما وجد أن ادعاء باس كان صحيحاً. وقد أدى مزيد من التجارب إلى تشكيلةٍ مثلى، هي «شطيرة» مكوّنة من زوج من العدسات المحدبة المصنوعة من الزجاج التاجي، يحوي عدسة مقعرة مصنوعة من الزجاج الصواني.

انتشر خبر نجاح دولوند بسرعة، وجاء الفلكيون وصانعو المقاريب من كل حدب وصوب إلى ورشته. وبتشجيعٍ من ابنه الذي فاق أباه في عقليته التجارية، ادعى دولوند أن العدسة اللالونية كانت من ابتكاره؛ وقد أصاب الفزع زملاءه من صانعي الأدوات البصرية ـ الذين عرفوا في وقت متأخر جداً الإمكانات التسويقية الكبيرة للتقانة (التكنولوجيا) الجديدة ـ عندما مُنح دولوند براءة اختراع هذه العدسة والحقوق المترتبة على ذلك. وقد تبع ذلك سنوات من النزاعات القانونية لتعيين المبتكر الحقيقي للعدسة اللالونية. وأخيراً ألغيت براءة الاختراع والحقوق المترتبة عليها، التي منحت لدولوند. وقد ذكر القاضي، لورد مانسفيلد، في إشارة منه إلى الدراسات المبكرة التي قام بها شستر مور هول على العدسات اللالونية، أن «الشخص الذي يحق له أن

يجني الفائدة من هذا الاختراع، ليس هو الذي حفظه في دروجه، بل هو ذلك الذي قدمه للناس للإفادة منه». وبقطع النظر عن هذه المشاحنة القانونية، فإن أطوال المقاريب الكاسرة تقلّصت إلى أطوال معقولة، دون أن يسوِّي هذا التقلص مشكلة جودة الصورة.

كانت مقاريب دولوند ومعاونيه تحظى بتقدير كبير في جميع أنحاء أوروبا عندما كان فراونهوفر يحاول التفوق عليها. ومع أن مقاريب دولوند الكاسرة كانت أفضل المقاريب المتاحة، فأنها بقيت على حالها دون أن تخضع لتغيير جوهري طوال قرابة نصف قرن. إن تصميم العدسات، بالطريقة التي كان يمارسها معظم صانعي الأدوات البصرية، كان لا يزال يعتمد عموماً على أسلوب المحاولة والخطأ. وما حدث فعلاً هو أن مجموعات متنوعة من العدسات كان يثبت بعضها فوق بعض إلى أن نجحت إحدى هذه المحاولات. ومع ذلك، فحتى القليل من الباحثين، مثل فراونهوفر، الذين عالجوا المسألة باستعمال التحليل الرياضي، كانوا في وضع حرج. فتصميم عدسة لا لونية كان يتطلب معرفة مفصلة بكيفية حني الزجاج أو كسره لمجالٍ واسع من الألوان المستقلة للضوء. ومثل هذه البيانات لم تكن متوفرة بصيغة قابلة للتطبيق. كانت تكمن العقدة في تعريف اللون. لنفترض أن صانعاً للأدوات البصرية عرف خواص كسر الزجاج لمجموعة واسعة من الألوان ومنها، مثلاً، اللون الأصفر. تُرى، ما الذي يعنيه باللون «الأصفر»؟ (عندما قررتُ طلاء مطبخي العام الماضي، أطلعني بائع الدهان في مخزنه على ما لا يقل عن 24 درجة من اللون الأصفر وكان لكل منها اسم خاص به). هذا وإن مصممي العدسات في أوائل القرن التاسع عشر لم يجمعوا على طريقة موحدة موضوعية في تحديد اللون. لذا قرر فراونهوفر حلّ هذه المشكلة نهائياً. وقد بدأ بالنظر إلى الشمس علّه يستلهم شيئاً ممّا يراه.

الشمس هي أكثر المصادر الضوئية ملاءمةً، ذلك أن ضوءها يتضمن عملياً كل الألوان. وبدون أن يعرف تماماً إلى أين سيقوده الطريق الذي

يسير فيه، بدأ بدراسة الطيف الشمسي. وكان قد مر 150 سنة منذ أن لاحظ إسحاق نيوتن الطيف الشمسي للمرة الأولى. ففي غرفة نيوتن المظلمة في كيمبردج، وجّه حزمة ضيقة من ضوء الشمس عبر موشور ليسقط الضوء على خلفية بيضاء اللون. وما حدث هو أن الموشور حلل الضوء إلى مجموعة من الألوان (كانت في الحقيقة صوراً ملونة متراكبة للثقب الصغير الذي دخل ضوء الشمس عبره). كان نيوتن قادراً على إعادة تركيب الضوء الأبيض من ألوان الطيف عن طريق تمرير هذه الألوان عبر عدسة مقربة. استنتج من هذا أن اللون الأبيض هو حقاً مزيج من الألوان التي نراها متدرّجة في قوس قزح.

سنة 1802، قام الفيزيائي الإنكليزي وليام هايد وولستون William Hyde Wollaston بتنقيح تجربة نيوتن، فاستبدل بالثقب الصغير شقاً ضيقاً. ونتيجة هذا التعديل، رأى وولستون خطوطاً متوازية معتمة دقيقة منتشرة عبر الطيف الشمسي. وقد قدم فرضية لتفسيرها ـ تَبَيَّنَ أنها خاطئة ـ مفادها أن الخطوط المعتمة كانت حدوداً طبيعية تفصل بين الألوان. أعاد فراونهوفر تجربة وولستون باستعمال شعاعٍ من ضوء الشمس داخلٍ عبر ستارةِ نافذةِ غرفته. وبدلاً من أن يشاهد الطيف بعينه المجرّدة، مثلما فعل وولستون، أخذ مقراب مسح صغيراً من على رفه ووضعه خلف الموشور. بذلك يكون فراونهوفر هو الذي ابتكر الآلة التي تطورت لتصبح فيما بعد المطياف spectroscope الحديث. غدت هذه الآلة منذ ذلك الوقت من الأدوات التي لابد من وجودها في المراصد والمختبرات الفيزيائية. وقد ظهرت مئات من الخطوط المعتمة في الطيف الشمسي المكبّر، بعضها كان ضيقاً رمادي اللون، والبعض الآخر واسعاً أسود اللون. وقد عمل فراونهوفر رسماً مفصلاً جداً للطيف الشمسي ظهر فيه 574 من هذه الخطوط، علّم أكثرها وضوحاً بحروف كبيرة، وهي التي تُعرف الآن بخطوط فراونهوفر Fraunhofer Lines.

وباستعمال فراونهوفر لمقراب محسن، رأى نمط الخطوط المتطابقة في أطياف القمر والكواكب، وهذا يشير إلى أن الضوء الصادر عن هذه الأجرام

هو ضوء الشمس المنعكس عنها. كانت هذه الخطوط المبهمة واضحة أيضاً في طيف النجم الساطع، الشعرى اليمانية، لكن إعتاماتها النسبية كانت مختلفة، ثم إن الطيف كان مختلفاً أيضاً. استخلص فراونهوفر من هذا أن هذه الخطوط موجودة في ضوء الشمس وضوء النجوم ذاتها، وترك للفلكيين تفسير سببها. كان فراونهوفر عالم بصريات، ومع أن قيامه بمزيد من الدراسة لهذه الأطياف قد يكون أمراً مفيداً، فإنه لم يفعل ذلك، إذ إنه وجد ما كان يبحث عنه. فقد لاحظ أن الخطوط الطيفية للشمس تحافظ دوماً على نفس الترتيب والمواقع النسبية. كان كل خط مَعْلَماً أكيداً للّون الطيفي المتاخم له. وعند اختبار خاصيات الزجاج الكاسرة للونٍ خاصٍ من الضوء، صار بإمكان صانعي العدسات الآن أن يعينوا اللون بخط فراونهوفر المرتبط به.

لاحظ فراونهوفر أيضاً التراكب المثير للفضول للخط الشمسي D والخط الطيفي الساطع الذي يولّده لهيب الصوديوم. وستمر عدة قرون قبل أن يقوم الكيميائي روبرت بنسن Robert Bunsen والفيزيائي كوستاف كيرشوف Gustav Kirchhoff، اللذان طورا أول مطياف spectroscope كامل، باكتشاف الصلة بين خطوط فراونهوفر ونظرائها في المختبر. وقد أعلنا أن كل خط طيفي مرتبط بعنصر كيميائي معين. وتصدر خطوط فراونهوفر حين تقوم عناصر كيميائية قرب سطح الشمس بامتصاص ألوان معينة من ضوء الشمس قبل أن ينتشر هذا الضوء في الفضاء الخارجي. وكل عنصر يحدِث خطاً طيفياً معيّناً له نمط مميّز.

وعلى سبيل المثال، إن وجود الخط D في الطيف الشمسي، يعني أن ذرات الصوديوم موجودة في الشمس. ومن ثم فإن تركيب أي جرم سماوي مضيء يمكن تعيينه بتحديد أنماط الخطوط في طيفه. هذا ولم يكن الفيلسوف الفرنسي على حق عندما أكّد بحزم سنة 1844 أن الفلكيين لن يتمكنوا البتة كشف الطبيعة الكيميائية أو الفيزيائية للنجوم. فبالمطياف البدائي الذي صنعه فراونهوفر، تمكن من إجراء تحليلات مخبرية لأغوار الفضاء التي يمكن رصدها. وهكذا بات الفلكيون الذين يعملون على الكرة الأرضية

قادرين على «أخذ عينة» من جرم سماوي عن طريق تحليل ضوئه.

طبق فراونهوفر المعارف التي حصل عليها حديثاً عن الخطوط الطيفية في دراسة مستفيضة للخواص الكاسرة للزجاج. واستناداً إلى البيانات التي حصل عليها من هذه الدراسة، شرع بتصميم العدسات غير اللونية رياضياً. ومن الناحية الإنتاجية، كانت الأمور في ذلك الوقت مرتبة تماماً: فكان المعهد ينتج أفضل نوع من الزجاج البصري، وبلغت أساليب فراونهوفر العلمية في اختبار العدسات درجة عالية من الدقة سمحت بكشف شذوذات طفيفة وصلت إلى 1/10,000من المليمتر، ثم إن أدوات شحذ العدسات كانت تتحسن باستمرار بإشراف فراونهوفر. لذا ارتفع مستوى العدسات اللالونية إلى مستوى قريب من الكمال. بيد أنه لم يكن لأيٍّ من التطويرات التي أحدثها فراونهوفر في صنع العدسات أي فائدة إذا لم تُركّب تلك الأدوات البصرية بالطريقة الصحيحة. وبقليل من الاستثناءات، كان صانعو المقاريب يركزون جهودهم على الأدوات البصرية اللازمة لها، لا على مركّباتها الميكانيكية.

كانت معظم المقاريب التي صنعت قبل أيام فراونهوفر تركِّب مثل المدافع. كان من الممكن تحريك أنابيبها باتجاهين: عمودي على الأفق (لتعيين الارتفاع الزاوي)، أو موازٍ للأفق (لتعيين زاوية السمت). كانت هذه الطريقة في التركيب ـ التي سميت ارتفاعسمتية altazimuth ـ بسيطة ورخيصة نسبياً، وكانت تسمح للمقراب النفاذ إلى أي بقعة من السماء. لكنها لم تكن طريقة مُثْلى في تعقّب الأجرام السماوية. فمع دوران الأرض، تخرج النجوم من ساحة رؤية هذه المقاريب. وباستعمال آلة بالطريقة الارتفاعسمتية، لابد من إعادة وضع النجم في مركز ساحة الرؤية يدوياً، وذلك بتدوير كلا محوري التدوير العمودي الأفقي. والأفضل هو طريقة التركيب الاستوائية equatorial، التي تنفذ بحيث يكون أحد المحورين ـ الذي يسمى المحور القطبي ـ موازياً لمحور دوران الأرض حول نفسها. هنا، عندما تدور الأرض حول محورها، يمكن لنجمٍ أن يبقى داخل حقل الرؤية بواسطة التدوير

البطيء للمقراب حول المحور القطبي فقط. (شهدت الطريقة الارتفاعسمتية حديثاً انبعاثاً جديداً، ذلك أن الحواسيب (الكمبيوترات) الآلية الحديثة تتكفل بالحركات المعقدة حول المحورين لتعقب النجوم).

كان التعديل الذي أجراه فراونهوفر على طريقة التركيب الاستوائية ـ الذي سُمّي الصيغة «الألمانية» ـ يكمن في تبسيطها. فقد ركّب المقراب بطريقة مستعرضة في إحدى نهايتي جذع معدني، ووضع في النهاية الأخرى وزناً ملائماً يعادل وزن المقراب. وضع الجذع الحامل للمقراب داخل أنبوب معدني أسطواني، وصله بدوره بالمحور القطبي. كان المقراب مُوازناً بدقة عالية، بحيث كان بإمكانه الدوران حول أي من المحورين بلمسة إصبع. أضاف فراونهوفر إدارةً drive ميكانيكية تُدفَعُ بالثقالة لتدوير المقراب بالمعدّل الدقيق المطلوب لتعقب النجوم. كان كل محور يحمل دائرة نحاسية حفرت عليها علامات كي يمكن قراءة الإحداثيات السماوية التقريبية مباشرة. حتى إن فراونهوفر ابتكر إطار دعم مرناً للعدسة الجسمية، للتوثق من أن الزجاج سيحافظ على شكله الأساسي عند تمدده وتقلصه بسبب تغيرات درجات الحرارة. بعد كل تفصيل بصري أو ميكانيكي يعالجه، كان يجعل من مقاريبه آلات أجمل منظراً وأفضل أداءً.

غدت آلات فراونهوفر أدوات أسطورية. صار اسمه يقترن بالعمل المتقن والجودة التي لا تضاهى. حتى قيصر روسيا، ألكساندر الأول، طلب من فراونهوفر صنع مقراب دقيق لروسيا. ولم يَضَعْ أي من أولئك الذين كَلفوا فراونهوفر بصنع آلات لهم أي شروط على أسعار هذه الآلات أو عدد السنوات التي سيستغرقها صنعها. كانوا واثقين بأن فراونهوفر سيزوّدهم بآلات قريبة من حدود الكمال.

سنة 1819 بدأ فراونهوفر بصنع مقراب كاسر قطره 9،5 إنش لولهلم شتروفي Wilhelm Struve، الفلكي الشهير المتخصص بالنجوم المضاعفة. وفي سنة 1824، الذي اكتمل فيه بناء هذا المقراب وحظي بسمعة عالمية،

تقدم فردريش بسل في كونكسبرك بطلب للحصول على مقراب كاسر وضع تصميمه بنفسه، بحيث يسمح بقياس زوايا صغيرة من السماء. وقد فوجئ بسل جداً عندما أجابه فراونهوفر أن هذه الآلة هي الأخيرة التي سيصنعها، فقد كان مصاباً بالإعياء، وعانى من آلام في الصدر ومن سعال شديد. عرف فراونهوفر أنّ هذه أعراض داء السل، وعرف أنه قد لا يمتد به العمر ليرى اكتمال العمل بمقراب بسل. رأى البعض أن المرض الذي أصابه ربما كان نتيجة لانهيار البناء عليه منذ مدة طويلة، أو نتيجة للأبخرة الضارة بالصحة الخارجة من أفران صناعة الزجاج، أو بسبب برامج عمله المضنية. لكن هذا لم يكن يهم فراونهوفر. ومع اقتراب أيامه من نهايتها، كان أهم ما يشغل ذهنه آنذاك هو أمله بأن تعيش من بعده ابتكاراته في ميدان صناعة المقاريب. ومن فراش مرضه، أصدر تعليمات مفصّلة إلى الفنيين الذين يعملون معه كي يقوموا بإنهاء كل آلة في طور الإنتاج، وكل آلة يخططون لصنعها، وفق معاييره التي ارتضاها لآلاته.

هذه المرة لم توجد طريقة سحرية لإنقاذه، كتلك التي وجدت عندما كان صبياً متمرناً. فقد مات فراونهوفر في 7 يونيو / حزيران سنة 1826، وهو في التاسعة والثلاثين من عمره. أعلن الملك لودفيك الأول أن موت فراونهوفر صدمة شديدة، لا لبفاريا وحدها، وإنما لأوروبا كلها. وفي الركن الأساسي من القصر الجديد الذي بناه لودفيك في ميونيخ، وضع قطعتين من الزجاج الصواني اللتين كان فراونهوفر صبهما بنفسه.

إذا كان التراث الذي يخلفه فنان ـ سواءً أكان رساماً، أم نحاتاً، أم، كما في هذه الحالة، صانع مقاريب ـ يمكن قياسه بعمله، فإننا نترك الحكم على فراونهوفر لاثنين من مقاريبه. ففي الثلاثينيات من القرن التاسع عشر، كان مقرابا دوربا Dorpat وكونكسبرك الكاسران أكثر آليتين فلكيتين تقدّما وإتقاناً على وجه البسيطة. وعندما وُضع هذان المقرابان تحت تصرف اثنين من أشهر فلكيي العالم في ذلك الوقت ـ ولهلم شتروفي وفردريش بسل ـ فإنهما زادا من حدة سباق كشف اختلاف المنظر النجمي. ولأول مرة في

التاريخ، صار يوجد في حوزة الفلكيين آلات قادرة على قياس المسافات النجمية.

دُفن فراونهوفر في شودفريدهوف بميونيخ في جوار زميله السابق جورج ريشنباخ، الذي مات قبله بأسابيع فقط. وقد نُقش على شاهدة ضريح فراونهوفر الكلمتان اللاتينيتان Appproximavit sidera، اللتان تترجمان إلى العربية بالكلمات التالية: «لقد جَعَلَ النجوم أقرب إلينا».

obeikandl.com

**ولهلم شتروفي.**
**المصدر**: مرصد تارتو، إستونيا.