13

التماس الدقة

حين يوجه مقراب (تلسكوب) إلى نجم، فإن أقل عيب في العدسة الجسمية، هو الذي تراه فوراً في عينك. لن تظهر النجوم بوضوح، بل تراها محاطة بأنوارٍ زائفة، ونقاطٍ مشعة، وأجسام صغيرة نيّرة تتطاير بسرعة.

لو أنني كنت صانع أدوات بصرية، لظننت أن مهمتي شبيهة بمن يؤدي رقصة الفالس، معصوب العينين وعاري القدمين، بين تسع شفرات محراث، حادة جداً، ومثبتة على مسافات غير متساوية. هكذا تفعل كل مقاريبي عندما كانت تحاول القيام بتلك المهمة المرهقة حقاً، ألا وهي رصد نجم ثابت.

ـ وليام كتشينر، هاوٍ فلكي وجامع مقاريب إنكليزي عاش في بداية القرن التاسع عشر

من السهل إقناعي بأفضلية الشيء الذي هو أفضل الأشياء كلها

ـ ونستون تشرشل

★ ★ ★

obeikandl.com

بعد وقت قصير من ظهر يوم 21 يوليو / تموز سنة 1801، حين كان المراهق فردريش بسل يتدرب في بريمن على شؤون الأعمال، دمّرت الثقالة بيتاً في زقاق ضيق بمدينة ميونيخ، التي تبعد عن بريمن عدة مئات من الأميال. كان دماراً رهيباً، إذ اختفى بناء مؤلف من أربعة طوابق في غيمة من الغبار، وتحوّل إلى كومة من الركام. قبل ذلك بأيام فقط، كان عمال يحاولون دعم جدرانه المتداعية والمائلة، لكن جذب الأرض الذي لا يرحم أسقط هذا البناء، بل أدخل أساس بناية مجاورة في الأرض مسافةً غير قليلة.

كان البيت المذكور آنفاً مسكناً وورشة عمل لفيليب ويسلبركر philipp Weichselberger، وهو صانع بارع للمرايا وزجاج الزينة، لكنه كان مغموراً. كان يوجد أيضاً داخل البيت وقت انهياره السيدة ويسلبركر وصبي متدرب عمره أربع عشرة سنة اسمه جوزيف فراونهوفر Joseph Fraunhofer. ولم يكن هذا الانهيار سوى آخر محنة من محن أخرى حلت بالشاب فراونهوفر.

ولد فراونهوفر سنة 1787 في القرية البافارية شتراوبينك، وكان المولود الحادي عشر لعامل في تركيب الزجاج يعمل بكد ويقتصد في معيشته لإعالة أسرته الكبيرة. كان ولداً له عينان عميقتان، وجسم ضئيل، ووجنتان غائرتان، وأنف معقوف. وبالطبع، لم يُتَحْ له الذهاب إلى المدرسة، بسبب أقساطها المرتفعة. وبدلاً من ذلك، عكف على مساعدة أبيه في ورشته، وفي أوقات الراحة، كان يعيش مثل غيره من الأطفال العاديين.

سار الطفل على خطا والده ليكفل لأسرته حياة مستقرة، وإن كانت متواضعة، عن طريق عمله في قص الزجاج. لكن فراونهوفر الصغير عرف بعد وقت قصير أن مسار مستقبل الإنسان، نادراً ما يكون مستقيماً. فعندما كان في العاشرة من عمره، واجهه سوء حظه بصدمة مضاعفة وجهت إليه، فقد وقعت والدته من أعلى درج القبو إلى أسفله وماتت؛ ثم مات والده في السنة التالية.

في الأسابيع التي أعقبت رحيل والده، بيع بيت العائلة وممتلكاتها، واتخذت إجراءات للعناية بالأولاد. وسرعان ما وجد جوزيف فراونهوفر نفسه، وهو ابن الحادية عشرة، الوحيد والخائف، محمولاً على متن عربة للبريد تسير على الطريق المؤدي إلى ميونيخ ليبدأ مستقبلاً جديداً مع عائلة

ويسلبركر. وإذا كان فراونهوفر يتوقع أي قدر من المعاملة الحسنة من رب البيت الجديد، فلا بد أنه كان على خطأ. فقد خُصّصت له غرفة رطبة ليس لها نوافذ، ولا تحوي حتى مصباحاً يسمح له بالقراءة. وفي الحقيقة، فإن السيد ويسلبركر، الذي كان يشعر بأنه يملك التصرف بأي ثانية من حياة فراونهوفر، منع عنه الكتب نهائياً. بل إنه لم يسمح له حتى بحضور دروس مدرسة المتدربين التي كانت تعمل في أيام الآحاد بميونيخ. أما أوقات الفراغ، فكان يقضيها في تنفيذ الطلبات التي لا تنتهي لربة البيت. والخلاصةً، كانت الحياة مع عائلة ويسلبركر كابوساً يشبه واحداً من الكوابيس التي أبدعتها ريشة الأديب تشارلز ديكنز. مدة العقد مع السيد ويسلبركر ست سنوات، كانت لفراونهوفر حكماً بالحبس مدته ست سنوات.

في اليوم الذي انهار فيه البناء، وكان ذلك في منتصف مدة عمله كمتدرب، حُصِرَ فراونهوفر وحيداً مرتعشاً في ظلام دامس تحت أنقاض البناء. وعندما سمع أصواتاً فوقه، صاح طلباً للنجدة. وبعد طول انتظار، تجمع نفر من الناس لمشاهدة الحطام، وحمدوا الله على أنهم لم يُدفنوا تحت هذا الكوم الهائل من الدعامات والألواح الخشبية. حتى الأمير مكسمليان جوزيف، وريث العرش البافاري، وصل إلى المكان ليطلع على عمليات البحث الخطيرة عن الضحايا. كان يصطحب معه السياسي والمقاول الشهير جوزيف فون أوتزشنايدر، ومدير شرطة ميونيخ. وسرعان ما انتشل المنقذون السيد ويسلبركر حيّاً من تحت الأنقاض. بعد ذلك سمعوا صرخة ضعيفة انطلقت من مكان عميق داخل كتلة متشابكة من الركام. عندها أسرع المنقذون إلى ذلك المكان وبدأوا بالحفر. بعد أربع ساعات من العمل المتواصل، رفعوا دعامة ثقيلة ـ فرأوا جوزيف فراونهوفر، ملفوفاً بالغبار ويرتجف من الخوف، إلا أنه لم يصب بأذى. كان قابعاً في فجوة صغيرة ضمن الركام قرب حائط من أكوام من الأنقاض المكدسة، هي التي حالت دون سقوط المبنى عليه. كان هذا للذين شاهدوا المنظر معجزة حقيقية. انتشل المنقذون فراونهوفر بسلام، ثم تابعوا بحثهم المضني والمروّع. وبعد عدة أيام وجدوا السيدة ويسلبركر جثة هامدة.

سرعان ما أصبح الحديث عن إنقاذ فراونهوفر حديث ميونيخ. وفجأة، أصبح هذا الصبي المتمرن، الأسود العينين، الهزيل، واليتيم، شخصاً مشهوراً، ورمزاً للأمل في بلاد عانت طويلاً من النزاعات والفقر. وقد اعتنى به السياسي أوتزشنايدر، وقال إن من الواجب حماية بارقة الأمل هذه التي أومضت عَرَضاً. وخلال محادثته معه، أحس أوتزشنايدر بالذكاء الحاد الذي كان يتمتع به فراونهوفر، وبحماسه الشديد للتعلم. وعندما قابله ثانيةً، أهدى الصبيَّ المتمرن الذي لم يذهب إلى المدرسة كتباً في الرياضيات، والفيزياء، وعلم البصريات؛ كان يشك في قرارة نفسه أن يكون هذا الصبي أفضل حالاً من الطلاب الجامعيين الذي سمع الكثير عن كسلهم. إن تعرّف فراونهوفر بشخص بارز مثل أوتزشنايدر، جعله يعتقد بأنه ربما لن يستدعيه مرة أخرى لمقابلته. لكن ما حدث هو أن الأمير مكسمليان جوزيف نفسه هو الذي وجه الدعوة إليه.

القصر الصيفي في نمفنبرك، الواقع غرب ميونيخ على بعد ميلين منها، يغطي مساحة يصعب على البصر أن يبلغ حدودها القصوى. أراض رائعة الجمال، ومروج خصبة ممتدة، وحدائق خضراء، ونوافير، وتماثيل، وبرك. مشى فراونهوفر، مرتدياً ثيابه البسيطة، عبر الممر العريض المتجه إلى القصر ذي السقف الأحمر اللون، المؤلف من خمسة أدوار. كان هذا عالماً مختلفاً عن القرية البسيطة التي ولد فيها، وعن الغرفة السيئة التي يقيم فيها الآن. صعد درجات السلم المؤدية إلى القصر، ودخل برفقة أحد كبار موظفي القصر إلى غرفة استقبال الأمير. دار بين الاثنين حديث ودّي. بعد ذلك أعطى الأمير فراونهوفر 18 دوكاتية ـ عملة ذهبية ألمانية ـ وعرض عليه المساعدة في أي وقت، مثلما يفعل الأب مع ابنه. وقد أسعدت هذه الكلمات الصبي الذي فقد أباه الحقيقي عندما كان في الحادية عشرة من عمره.

وبالطبع، لم يكن الأمير أو السياسي يتنبأ بالدور الذي سيؤديه فراونهوفر فيما بعد في مسيرة الثقافة الإنسانية. ولم يكن فردريش بسل الشاب، الذي كان يحلم يومياً بالكواكب والنجوم، بل حتى في قياس الكون، يعرف أيضاً أن هذا الصبي المتمرن الفقير الآتي من ميونيخ، سيزوّده، في يوم من الأيام، بالآلة التي ستمكنه من تحقيق حلمه.

كانت جميع أساليب الإنتاج القديمة آخذة بالانقراض، تماماً مثل بيت ويسلبركر. وقد بدأت تحل محلها صيغ تصنيع جديدة مستندة إلى آلات رائعة، وتحليل علمي، وطلبات زائدة للأسواق، ومنافسة شرسة. كان علم الفلك في أواخر القرن الثامن عشر يمثل الجذور والثمار معاً لهذا التغير الثوري. وفي حين استفادت التجهيزات الفلكية من معايير الإنتاج المحسنة، فإن الرغبة في الحصول على آلات فلكية متزايدة الدقة دفعت بهذه المعايير إلى مستويات أعلى. لم يكن ثمة في العلم جانب يتطلب تقنيات أدق من التقنيات التي يتطلبها تعيين المواقع النجمية. ولتحقيق النجاح في هذا المسعى، تعيّن تطوير المقاريب من مجرد نوافذ مكبّرة تطل على السماوات، إلى آلات دقيقة للقياس.

لم تكن أهمية التعيين الدقيق لمواقع النجوم تعود إلى أسباب فلكية فحسب. ففي بداية القرن التاسع عشر، كانت النجوم مكافئة لنظام الانتشار العالمي للسواتل (الأقمار الصناعية) في أيامنا هذه. كانت الشبكة النجمية السماوية للسماء الليلية توفر الوسيلة الدقيقة لحساب الطول والعرض الأرضيين، والمسافة بين المدن، وحتى مساحة إمبراطورية ما. وهكذا أصبح علم الفلك وثيق الصلة بالجغرافية وعلم رسم الخرائط ومن ثم، بالشؤون الوطنية. وقد كلفت الحكومات الفلكيين برسم الخرائط التي تبيّن بدقة حدود البلاد التابعة لها. وكانت الدول البحرية تتطلع إلى النجوم لمساعدتها على توجيه سفنها للابتعاد عن المياه الإقليمية للدول المعادية. وهكذا تطور علم الفلك ـ وبخاصة علم الفلك الموقعي positional astronomy ـ ليصبح في بداية القرن التاسع عشر علماً يتطلب ميزانية كبيرة. صارت المراصد والمقاريب عناوين للكبرياء القومية، وازدادت الرغبة لدى الدول لتجاوز منجزات الدول التي تنافسها، إلى أن بلغ التنافس ذروته في عصر أبولو بين الولايات المتحدة والاتحاد السوفييتي السابق.

بدأت ممارسة علم الفلك الدقيق في منتصف القرن الثامن عشر، عندما كان جيمس برادلي في المرصد الملكي بكرينتش. في ذلك الوقت، كان أحسن صناع المقاريب موجودين في لندن: جورج كراهام، وجون بيرد، في أيام برادلي؛

وفيما بعد جسي رامسدن وإدوارد تروتون. في بداية القرن التاسع عشر، صار من الممكن العثور على الربعيات والمقاريب والدوائر الإنكليزية في المراصد الموجودة في كرينتش، وأكسفورد، وكيمبردج، وإدنبرة، وباريس، وبروكسل، وباليرمو، وسان بطرسبرك، وكاديز، وكوتنكن، وكونكسبرك، وكراكوف، ومدراس. كانت آلة رامسدن هي التي اختارها سير جورج إفريست للقيام بمسحه الجغرافي للهند في العشرينيات من القرن التاسع عشر. وقد وصف مرة كاسيني، مدير مرصد باريس، صانعي المقاريب الإنكليز بأنهم «مهندسون وعلماء»، وأن الصانعين الفرنسيين هم مجرد «عمال». وبعد زيارة كاسيني لورشة رامسدن سنة 1788، كتب يقول: «إن خصب أفكار هذا الفنان العبقري، وكمال منجزاته، وخبرته البارعة في فنه، تجبرني على الإقرار بأن من الصعب الآن، بل وخلال مدة طويلة قادمة، بلوغ مستوى عمل هذا الرجل، أو حتى تقليده». لكن كاسيني كان على خطأ. فخلال عقدين من تصريحه، واجه التفوق البريطانيَّ في صنع الآلات الفلكية تحدٍّ شديدٌ من ورش ريشنباخ وريبسولد الألمانية المتخصصة في صناعة التجهيزات البصرية. وفي ألمانيا، أسفر اجتماع الموهبة والالتزام والتصميم عن بلوغ فن الصناعات الدقيقة مستويات أعلى بكثير مما كان فناً متطوراً في أيام رامسدن.

ثمة عنصر آخر أسهم في رفع مستوى الصناعات البصرية الألمانية، هو إحياء نظام الجامعات هناك. فقد أسس فردريش ولهلم الثالث، ملك بروسيا، جامعة برلين سنة 1809، ودعم في الوقت نفسه المراكز العلمية الموجودة في ميونيخ، وهايدلبرك، وبون، وكوتنكن، وكونكسبرك. وعلى نحو لم يسبق له مثيل، أشرك الأساتذة الألمان طلابهم مباشرة في نشاطات البحث العلمي، وهذا يعني أنهم عملوا على تنشئة الجيل التالي من العلماء. في هذه المعاهد العلمية الألمانية، التي تعود إلى بداية القرن التاسع عشر، نجد النموذج المعاصر لمراكز البحوث الجامعية.

ما مثّل نجاحاً حاسماً لهذه المشاريع العلمية، هو العمل الجماعي بين العلماء الباحثين الألمان ومواطنيهم من صانعي الآلات. ففي علم الفلك،

كما هو الحال في معظم العلوم الفيزيائية، وصلت النظريات إلى مستويات معقدة، لا يمكن إثباتها ـ أو دحضها ـ إلاّ بواسطة التجميع والتحليل المتأنيين للبيانات الكمية. لقد أعطى الفلكيون وصفاً محدّداً لدقة الآلات التي يطلبونها، وشرع الحرفيون المهرة بتحقيقها. وفي سياق البحث عن اختلاف المنظر، بدأ الفلكيون يقبلون بالواقع المرير الذي وجدوا أنفسهم فيه، وهو أن الانزياح، الذي طالما سعوا لكشفه، كان صغيراً جداً إلى درجةٍ يستعصي فيها على الآلات الموجودة فضحه، ومن ثم فلا بد لإنجاز هذه المهمة من توفر آلاتٍ ترقى إلى مستوى بصري وميكانيكي عالٍ جداً، آلاتٍ لم يكتشف أحد حتى ذلك الوقت كيفية صنعها. وفي الحقيقة، فإن هذا الوضع تطلب نمطاً جديداً تماماً من الحرفيين الماهرين، القادرين على تطبيق أساليب البحث العلمي في تصميم الآلات وتصنيعها: وهؤلاء هم العلماء ـ الحرفيون. إن القيام بهذا الدور كان أبعد ما يكون عن العمل الفردي. لكنْ هل يمكن أن يخطر ببالك، أن جوزيف فراونهوفر الهزيل الجسم الذي كان يسير وحيداً في الطريق الخارج من القصر الموجود في نمفنبرك، حاملاً معه الدوكاتيات الذهبية الثماني عشرة التي منحه إياها الأمير، والذي ربما كان لا يستحق أن تنظر إليه، هو الذي سيصبح، بعد أن يكبر، أعظم صانع مقاريب شهده العالم في تاريخه.

كان انهيار البيت الذي انتُشل فراونهوفر من تحت أنقاضه أكثر من نقطة انعطاف في حياته؛ لقد كان هذا الحدث بمنزلة ولادة جديدةٍ له. إن بقاءه بقدرة قادرٍ على قيد الحياة، ولّد سلسلة غير محتملة أيضاً من الأحداث التي نشلته من ظروفه الكئيبة، مثلما نشلته أيادي المنقذين من بين حطام البيت المنهار. ومع أن عمله صبياً متمرناً مضطهداً عند فيليب ويسلبركر استمر في ورشة جديدة له في كوفنكر كاسي، فإن معلّمه القاسي القلب سمح له ـ بتذمر وحسد ـ بحضور المدرسة الحرة للمتمرنين والعمال البارعين، التي كانت تفتتح أبوابها أيام الآحاد في ميونيخ. وبالطبع، لم يكن لدى ويسلبركر الكثير من الخيارات، ذلك أن " الأب " الجديد لفراونهوفر كان الأمير نفسه.

استمر فراونهوفر في عملية تعليم نفسه بنفسه. حينما كان يغيب صاحب العمل، كان فراونهوفر يفتح أحد كتب مجموعته المتنامية في الرياضيات والفيزياء النظرية. وأحياناً، بعد ظهر أيام الآحاد، كان يتوجه إلى غابات كارلستور ليقرأ في عزلته هناك. ثم إن فراونهوفر صَاحَبَ جوزيف نيكل Joseph Niggl مدة تسع سنوات. نيكل هو صانع آلات بصرية من ميونيخ، وافق على تعليمه حرفة شحذ الزجاج لصنع العدسات. وقد قارب نيكل حد الكمال في عمله، وذلك ضمن الحدود التي سمحت بها تجهيزات تلك الأيام وتقنياتها. كان نيكل ينظر بازدراء إلى صانعي النظارات غير البارعين، الذين كانت فكرتهم عن شحذ عدسة تتلخص في لصق قطعة من الزجاج بوتد وفركها في طاسٍ يحوي مادة كاشطة مؤلفة من حبيبات رملية خشنة. وجد نيكل في فراونهوفر روحاً شبيهة تماماً بروحه التي أسرها فن صنع التجهيزات البصرية، مع أنه لم يكن يرى فائدة للغة الرياضيات الخالية من المعنى، التي كان يتحدث بها الصبيّ أحياناً.

ومثلما كان حال فردريش بسل، ظل فراونهوفر يكافح طوال ثلاث سنوات تقريباً ليحيا حياة موزعة بين العمل والدراسة. كان العمل هو القيد الذي يستعمله ويسلبركر للوقوف في وجه كل فرصة تسنح للصبي المتمرن. وأخيراً، سنة 1804، أخذ فراونهوفر المبلغ الذي منحه إياه الأمير، وحوله إلى رب عمله مقابل ما تبقى من المدة التي يجب أن يعمل فيها وفق عقد العمل. وما إن صار حراً، حتى أغرق نفسه في القراءة ليتعلم كل شيء عن المكتشفات الحديثة في الفيزياء، منذ نيوتن. وقد تعمق في دراسة الكيمياء، وعلم السوائل، وتصميم الآلات، وفروع أخرى من العلوم والهندسة التي قد يحتاجها يوماً من الأيام. كان أيضاً يتردد كثيراً على دكان نيكل ليصقل مهاراته في صنع العدسات.

لكن الطموحات لا تتحقق دوماً بالضرورة. كانت الظروف صعبة، حتى لأولئك الذين لهم مهنٌ تدرّ عليهم دخلاً معقولا. ولدعم نفسه، بدأ فراونهوفر عملاً بسيطاً، وهو صنع بطاقات زيارة نحاسية حفر عليها اسم صاحبها. لكن توقيته لهذا العمل كان سيئاً جداً. فمرّةً أخرى، بدت بوادر

الحرب في الأفق، ولم يمض وقت طويل حتى احتلت القوات الفرنسية ميونيخ؛ لذا لم يبق ممّن يهتم بالنشاطات الاجتماعية والعملية، التي تتطلب بطاقات الدعوة، سوى القليل. وبعد ستة اشهر توقف العمل بهذه البطاقات. كان فراونهوفر يتمتع بكبرياء لا تسمح له بالطلب من الأمير منحةً أخرى، لكنه لم يكن يستطيع العيش إذا لم يخصّص له راتب منتظم. وبشيء من الإحباط واليأس، عاد ثانيةً ليدق باب معلمه السابق ويسلبركر، الذي شعر بالسرور، دون ريب، لأن الصبي المتعالي تلقى الدرس اللازم، فعمله خارج ورشته جعل منه عاملاً مياوماً ضئيل الأجر. وهكذا عاد فراونهوفر إلى روتينه السابق الرتيب في الورشة. وكما كان الحال سابقاً، فإن كل ما كان يمكنه عمله هو انتظار شخص لإنقاذه. وقد امتد الانتظار قرابة سنتين.

في أحد أيام سنة 1806، وصل إلى ورشة ويسلبركر جوزيف فون أوتزشنايدر السياسي الذي ساعد فراونهوفر بعد انهيار البناء عليه. كانت المفاجأة التي حلت بفراونهوفر لا تقل عن تلك التي كانت ستصيبه لو أن القديس نيكولاس نفسه برز أمام عتبة بيته. كان يعتقد أن أوتزشنايدر نسيه. ثم هل يمكن لمواطن بارز أن يزعج نفسه زمناً طويلاً بالتفكير في حياة عامل زجاج فقير الحال؟ لكن الواقع أن أوتزشنايدر لم ينس فراونهوفر. أوضح أوتزشنايدر لفراونهوفر أن سبب زيارته لم يكن لمساعدته، بل ليقوم فراونهوفر بمساعدته. فطوال السنتين الماضيتين، كان أوتزشنايدر يسعى جاهداً للعثور على شخص يتمتع بمواصفات متميزة جداً، ليشغل مركزاً رئيسياً في شركته الجديدة. لقد زار جامعات أوروبا وورشاتها المتخصصة في الصناعات البصرية دون أن ينجح في العثور على ضالته. وسرعان ما خطر بباله أن المرشح الذي تنطبق عليه المواصفات المطلوبة كاملةً، ربما كان يقيم قريباً جداً منه.

في ذلك الوقت، كان الملوك والسياسيون والجنرالات في جميع أنحاء أوروبا بحاجة إلى خرائط دقيقة مفصّلة للاستعانة بها في التخطيط لحملاتهم العسكرية، وعقد المعاهدات، وإجراء المفاوضات، وتثبيت حدود دولهم. كانت الخرائط الموجودة صالحة لجيل سابق، ولم تعد صالحة لمراكز القوى

التي كانت تخطط معالم أوروبا القرن التاسع عشر. لم يكن من الممكن إعادة رسم الخرائط الموجودة قبل مسح الأراضي، لكن الأراضي لا يمكن مسحها دون آلات دقيقة: وهي مَزَاوٍ بوصلية للمساحين surveyor's transits، ومقاريب صغيرة: المزاوي لقياس المواقع النسبية للمعالم الأرضية، والمقاريب لتعيين الطول والعرض الجغرافيين.

روى أوتزشنايدر كيف قام هو واثنان من معارفه ـ جورج فردريش فون ريشنباخ، وهو مهندس عسكري سابق، وجوزيف ليبر Joseph Liebherr، وهو صانع ساعات ومصمم آلات، بإنشاء المعهد الرياضي ـ الميكانيكي في ميونيخ، وهو شركة خاصة كانت تسعى لكسر الاحتكار شبه الكامل لإنتاج آلات القياس العلمية. وبغية غزو الأسواق، والتوثق من أن هذا المعهد سيبحر بسلام عبر البحار السياسية الأوروبية المضطربة، اتخذ أوتزشنايدر وزميلاه إجراءً ذا شعبتين. قاموا أولاً بإنتاج كل شيء يلزمهم داخل شركتهم: كل مسمارٍ، وكل قطعة لازمة للتركيب، وكل عدسة، وحتى الزجاج البصري الخاص الذي تُصنع منه العدسات. ثانياً، استقدموا " فريقاً حالماً " من ألمع عقول أوروبا وأمهر حرفييها إلى ميونيخ، وكلّفوه بصنع آلات تمتاز بجودة لا تضاهى. لكن خطتهم واجهت عقبة غير متوقعة.

من المحتمل أن يكون أوتزشنايدر أخبر فراونهوفر أن نجاح المعهد يتوقف على الدمج بين نوعين من الهندسة: الهندسة الميكانيكية وهندسة البصريات. أما القسم الميكانيكي من المعهد فكان في حالة جيدة؛ فقد أمضى ريشنباخ ثلاث سنوات في إنكلترا يَدْرُسُ أساليب كبار الحرفيين، مثل جسي رامسدن، وكان ليبر، صانع الساعات، يملك خبرة واسعة في القطع المعدنية المعقدة. أما قسم البصريات فكان يعاني مشكلات غير بسيطة. لذا استأجر المعهد صانعَ زجاج سويسري مشهور لتشكيل أقراص الزجاج البصري، وصانعَ أدوات بصرية من ميونيخ ـ هو نيكل، صديق فراونهوفر ـ وذلك لصنع هذه الأدوات من أقراص الزجاج البصري. لكن أوتزشنايدر ذكر أن كِلا هذين الرجلين لا يملك سوى معلومات ضحلة جداً عن علم البصريات النظري؛ كان عملهما من طراز قديم إلى حد بعيد، وكان يستند

إلى الموهبة أكثر منه إلى التفكير العميق. هكذا كان حال الحرفيين الماهرين طوال قرون.

يتكون النظام البصري الخالي من التشوهات من سلسلة من العدسات التي لها أشكال وثخانات ومركّبات مختلفة. ولم تضمن طرق المحاولة والخطأ القديمة الحصول على أفضل النتائج. كان المعهد بحاجة إلى شخص يستطيع تصميم النظم البصرية الكاملة رياضياً، ثم يقدم شرحاً علمياً لكل ناحية من إنتاج هذه النظم، بدءاً من طريقة صنع الزجاج، وصولاً إلى تشكيلة العدسات المتعددة. المرشح المثالي للقيام بهذا العمل هو شخص متمكن من علوم البصريات النظري والكيمياء والفيزياء؛ والرياضيات؛ ويملك خبرة في صناعة العدسات. مثل هذا الشخص هو القوة الموحّدة للقسمين البصري والميكانيكي للمعهد.

سَعِدَ فراونهوفر بهذه الفرصة التي أتيحت له أيّما سعادة. وسرعان ما أجريت له مقابلة مع شريكي أوتزشنايدر، وهما ريشنباخ وليبر. وصل فراونهوفر إلى المقابلة، وكان يشبه نسخة من الكمبيوتر الشهير الذي يعود إلى القرن التاسع عشر. كان يغوص في التفصيلات التقنية، لكن جوربيه كانا من لونين مختلفين. لم يكن ريشنباخ، ضابط سلاح المدفعية السابق، راضياً عن المقابلة. فقد كان المراهق الرث الثياب السيئ الهندام يتكلم بصوت منخفض يصعب سماعه. هل هو هذا الشخص الذي يفترض فيه أن يوصل المعهد إلى شهرة عالمية؟

كان ثمة أستاذ للرياضيات وعدّة تقنيين في المعهد حاضرين أيضاً لتقييم الأوراق الثبوتية لكل من يرشحه أوتزشنايدر للعمل في المعهد. قام هؤلاء بطرح السؤال تلو الآخر على فراونهوفر، الذي كان يجيبهم بهدوء ورباطة جأش. لقد قرأ كل سطر من كل كتاب أعطاه إياه أوتزشنايدر، إضافةً إلى الكتب الأخرى التي اشتراها أو استعارها. كانت ذاكرته تتسع عملياً لكل ما كان معروفاً في علم البصريات. لقد أهبته كل السنوات التي قضاها في تثقيف نفسه لهذه اللحظة. في آخر المقابلة، كان كل الموجودين في الغرفة

مصابين بالذهول. وقد قال ريشنباخ ما كان يدور في خلد الآخرين قطعاً: «هذا هو الرجل الذي كنا نبحث عنه».

كان 20 مايو / أيار من سنة 1806 يوماً سعيداً لجوزيف فراونهوفر، الذي كان آنذاك في التاسعة عشرة من عمره. فقد رأى آخر مرة السيد ويسلبركر، وكان عليه البدء بعمله الجديد في المعهد الرياضي ـ الميكانيكي. عُهِدَ إلى فراونهوفر مهمة تنسيق عمليات تصنيع المركّبات البصرية، والتوثق من صنع كميات كافية من الزجاج، بحيث يمكن تركيب أي آلة مسح أو مقراب من التشكيلة الملائمة من العدسات. وبفضولٍ شديد، تفحص كل شيء في المعهد، وعرف كل صغيرة وكبيرة فيه. كان مقنعاً جداً ـ بل قاسياً جداً ـ حين يتعلق الأمر بالدفاع عن معايير جودة الإنتاج التي كان يلح عليها. حتى أوتزشنايدر وجده عنيفاً أحياناً عند إصراره على شيء.

حسّن فراونهوفر كلّ ناحية تقريباً من نواحي عملية صنع العدسات، وابتكر مجموعة من أساليب الاختبار المستندة إلى العلم. حثّ التقنيين على اعتماد إجراءات عمل أكثر حداثة. تحسّنت الجودة والإنتاجية بدرجة مثيرة، ومن ثم عَلَتْ مكانة فراونهوفر في المعهد. كان فراونهوفر يزور صديقه نيكل في ورشته لشحذ عدساته. لكن أداء العدسات كان دون توقعاته. وكم كانت دهشته عارمة عندما كشفت الاختبارات وجود عيوب واضحة في الزجاج نفسه، إذ كانت الأقراص الواردة من مصهر (معمل صب) المعهد غير متجانسة. فبعض أقسام هذه الأقراص كانت تكسر الضوء بزوايا تختلف عن زوايا الانكسار في الأقسام الأخرى. باستعمال زجاج غير متجانس، لا بد أن يولّد المقراب دائماً صوراً مشوهة، على الرغم من الدقة العالية التي شُحذت وصُقلت بها العدسات. طلب فراونهوفر فحص المصهر. وسرعان ما عرف أن هذا موضوع بالغ الحساسية والدقة.

كان يُنْتَج نوعان من الزجاج في مصهر المعهد. أولهما زجاج تاجيّ crown glass نقي (زجاج مصنوع من الصودا والجير)، وهو المستعمل في النوافذ والنظارات، وكان يُنتَج بصهر الرمل والصودا والجير معاً. وثانيهما

الزجاج الصواني flint glass، الذي يسمى أيضاً البلور الرصاصي lead crystal، وهو ما نراه في آنية الزجاج المستعملة في الزينة وفي الشمعدانات، والذي يُصنع بإضافة أكسيد الرصاص إلى الخليطة السابقة. اشتُق اسم «الزجاج الصواني» من الاستعمال القديم ـ من قبل المخترع الإنكليزي جورج رافنسكروفت ـ للصوان المسحوق بدلاً من الرمل. إن الزجاج التاجي والزجاج الصواني يكسران الضوء ويبددانه، كل بطريقته الخاصة، ومن ثم فإن وضعهما معاً بطريقة مدروسة يولّد عدسة مقرابية متميّزة.

خلال القرن الثامن عشر، كانت إنكلترا تحتكر تماماً صناعة الزجاج الصواني، وكان قسم قليل منه يصدّر إلى خارجها. لكن الحكومة هناك فرضت ضريبة عالية على صناعة الزجاج الصواني الإنكليزي. وقد ترتب على ذلك أن هجر صانعو هذا النوع من الزجاج إنكلترا إلى القارة الأوروبية. وفي الوقت الذي شغل فيه فراونهوفر وظيفة في المعهد ـ سنة 1806 ـ كانت مصاهر القارة تنتج أقراصاً زجاجية صغيرة القطر يستعمل معظمها في صناعة النظارات. وقد تبيّن لصانعي الزجاج في تلك المصاهر أن صب أقراص كبيرة من الزجاج الصواني كان صعباً جداً: فإذا كان الفرن بارداً جداً، بقيت الفقاقيع الهوائية في الزجاج المصبوب؛ وإذا كان الفرن حاراً جداً، فإن أكسيد الرصاص الثقيل يهبط إلى الأسفل، وهذا يجعل الزجاج غير متجانس. لذا كان من النادر شحذ أقراص أقطارها أكبر من أربعة إنشات لتصبح عدسات مقرابية.

وبحلول سنة 1800، لم ينجح سوى رجل واحد خارج إنكلترا في إنتاج زجاج صواني متين بأبعاد كبيرة، هو صانع الأجراس السويسري بيير لوي كينان Pierre Louis Genand. وقد ظل كينان يختبر طوال ثلاثة عقود المكوّنات المختلفة للزجاج الصواني، ودرجات حرارته، وتصميمات أفرانه، وأساليب مزجه قبل بلوغ نجاحه الباهر. ويمكننا فهم السبب الذي دفع كينان لإبقاء إجراءاته هذه طي الكتمان. (في سنة 1773، عرضت الأكاديمية الفرنسية جائزة نقدية لكل من يستطيع إنتاج أقراص كبيرة من الزجاج الصواني

المتجانس؛ لكن كينان لم يكترث بالعرض خشية كشف أساليبه).

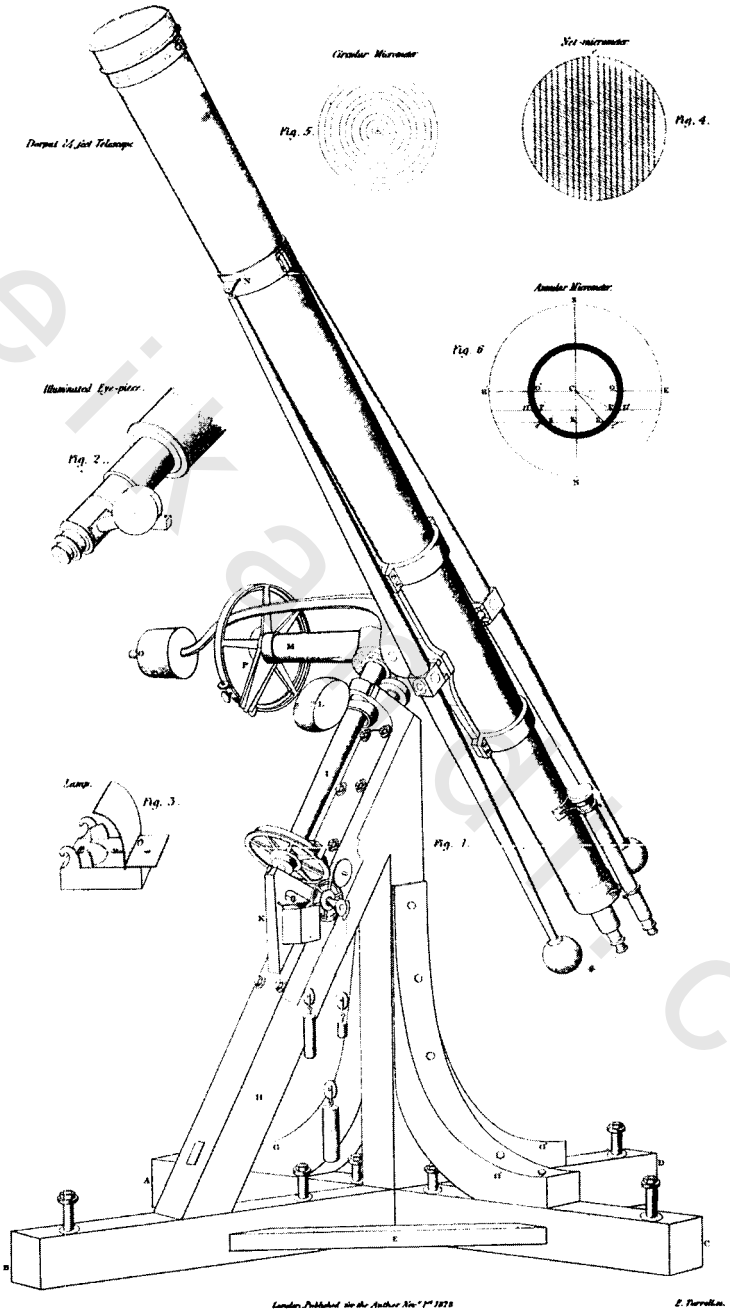
كان المعهد الرياضي ـ الميكانيكي بحاجة إلى بيير لوي كينان، وكان أوتزشنايدر مستعداً ليجزل له العطاء. كان كينان يعرف تماماً أنه الوحيد القادر على إنتاج الزجاج البصري اللازم للمقاريب. لذا وقّع عقداً مجزياً مدته عشر سنوات، يتضمن منحه سكناً مجانياً في معامل التجهيزات البصرية التابعة للمعهد خارج ميونيخ، وإعطاءه نسبةً عالية من أرباح المعهد. ويحوي العقد بنداً ينص على أنه يتعيّن عليه ألاّ يعلّم أحداً خارج عائلته الصغيرة أساليب إنتاج زجاجه. كان عقداً رائعاً لكينان، لكنه لم يكن مريحاً لأوتزشنايدر وشركائه؛ فقد كان الإنتاج الكلي للمعهد من الزجاج يتوقف على مقاولٍ منفعته الشخصية هي الأساس، في حين كانت الفوائد التي يجنيها المعهد تأتي في المقام الثاني. ولتأكيد مخاوفهم، طلب كينان بعد سنة من توقيع العقد سنة 1807 أن يكون راتبه ثلاثة أمثال ما اتُّفق عليه، يُضاف إليه معاشٌ تقاعدي سخي يتقاضاه في أي وقت يترك فيه المعهد. قرر أوتزشنايدر أن يخسر هذه المعركة إذا أراد، في آخر الأمر، أن يكسب الحرب. لذا وافق على تنفيذ كل الشروط التي وضعها كينان، شريطة أن يحقق كينان شرطاً واحداً، وهو أن يدرب فراونهوفر على صناعة الزجاج المناسب للاستعمالات البصرية.

كان من المؤلم لكينان قبول القادم الجديد المجدّ في مسبكه؛ فقد اعتبر هذا المكان منذ البداية ساحته التي لن يرتادها أحد غيره. شعر بأنه مهدد، وله الحق كل الحق بأن يتملكه هذا الشعور. أما فراونهوفر، فلم يبذل ما يكفي من الجهد لتهدئة مخاوف كينان، بل إنه انتقد علناً جودة الزجاج الذي يخرج من أفران كينان. كان فراونهوفر يقترح دوماً طرقاً جديدة لتحسين الزجاج ـ رفع درجة حرارة الفرن، وتهوية الزجاج بقدر أكبر، وإطالة أمد تبريده ـ في حين كان كينان يرى أن الزجاج الذي ينتجه مقبولٌ تماماً. وحينما كان يدخل فراونهوفر مع كينان في نقاشات تقنية مستنداً فيها إلى علم

البصريات النظري، كان وزن الإمكانات العلمية التي يتميز بها الشاب الصغير فراونهوفر تشعر كينان وكأن دبابة تسير فوقه.

بحلول سنة 1809، كان فراونهوفر بلغ منزلة عالية في المعهد، لذا صار شريكاً ـ مبتدئاً ـ فيه. أصبح يتقاضى راتباً مجزياً، ونسبةً من الأرباح، حتى أن المعهد عيّن له مساعداً، وهو صبي من المنطقة لا يذهب إلى المدرسة اسمه جورج ميرز Georg Merz (الذي سيصبح فيما بعد رئيساً للشركة). بات فراونهوفر الآن مسؤولاً عن 48 فنياً في قسم البصريات من ضمنهم بيير كينان. لكن الصعود السريع لهذا الشاب، ابن الثانية والعشرين، لم يعجب كينان، الذي كان في الستينات من عمره. وأخيراً، وتحديداً سنة 1813، لم يعد كينان يحتمل هذا الوضع، فحزم حقائبه وعاد أدراجه إلى سويسرا. لكن المعهد لم يتأثر برحيله، ذلك أن وجوده لم يعد ضرورياً. أصبح فراونهوفر يصنع الزجاج بنفسه في أفران المعهد، التي أعاد بناءها وفقاً لمواصفاته. لم تكن الأقراص الزجاجية أفضل من تلك التي كان ينتجها كينان فحسب، بل صارت هي الفضلى في العالم. غدت بصمات فراونهوفر واضحة على كل مرحلة من عملية الإنتاج في المعهد. كانت أنظمته من التجهيزات البصرية أفضل مما هو موجود منها في أي مكان آخر. أصبح العلماء من جميع أنحاء أوروبا يترددون على ورشة المعهد ويتودّدون إلى فراونهوفر ليعهدوا إليه ببناء آلاتهم وفقاً للنماذج التي يطلبونها. كانوا يفخرون بأنهم يقتنون آلات من نوع فراونهوفر، مثلما يفتخر موسيقي بأنه يقتني كماناً من نوع ستراديفاريوس Stradivarius.

بعد سنة من ذلك، وتحديداً سنة 1814، ترك ريشنباخ المعهد ليدير شركة خاصة به، وتقاعد ليبر، وصار فراونهوفر شريكاً كاملاً. وفي حين كان يهتم أوتزشنايدر بالوضع المالي للمعهد، كان فراونهوفر معنيّاً بتطويره التقني. والواقع أن المعهد كان يُدار من قبل فراونهوفر بالاتجاه الذي يريده هو. فقد قرر توجيه طاقات الشركة إلى المجال الذي كان يسمح لفراونهوفر بالتعبير عن إمكاناته الفريدة: إنه مجال تحسين المقاريب الفلكية.



مقراب دوربا الكاسر من صنع جوزيف فراونهوفر. من بيرسون (1824).
المصدر: مكتبة وولباخ، جامعة هارڤرد.