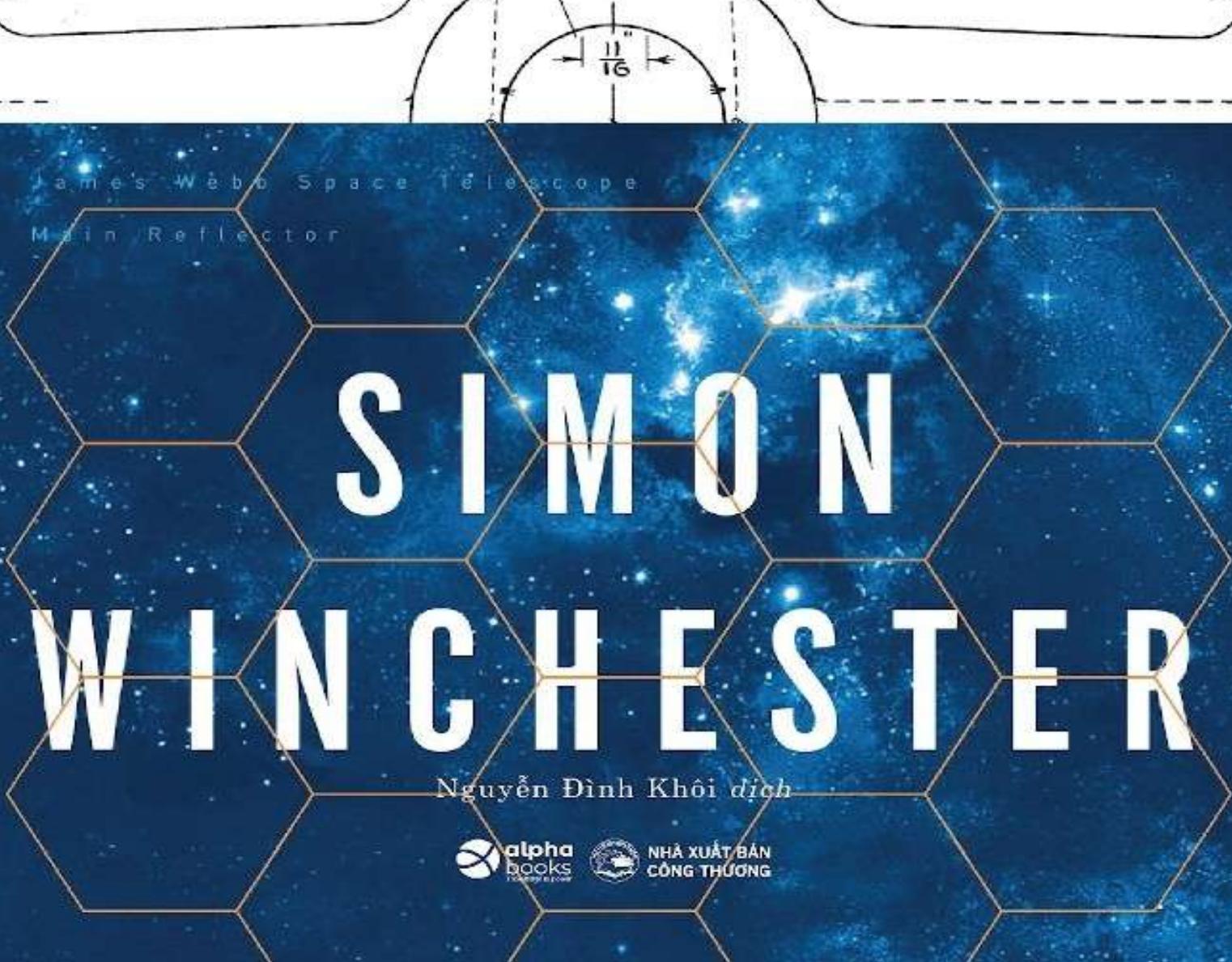


# NHỮNG KẺ CẦU TOÀN

## ĐÃ THAY ĐỔI THẾ GIỚI NHƯ THẾ NÀO?

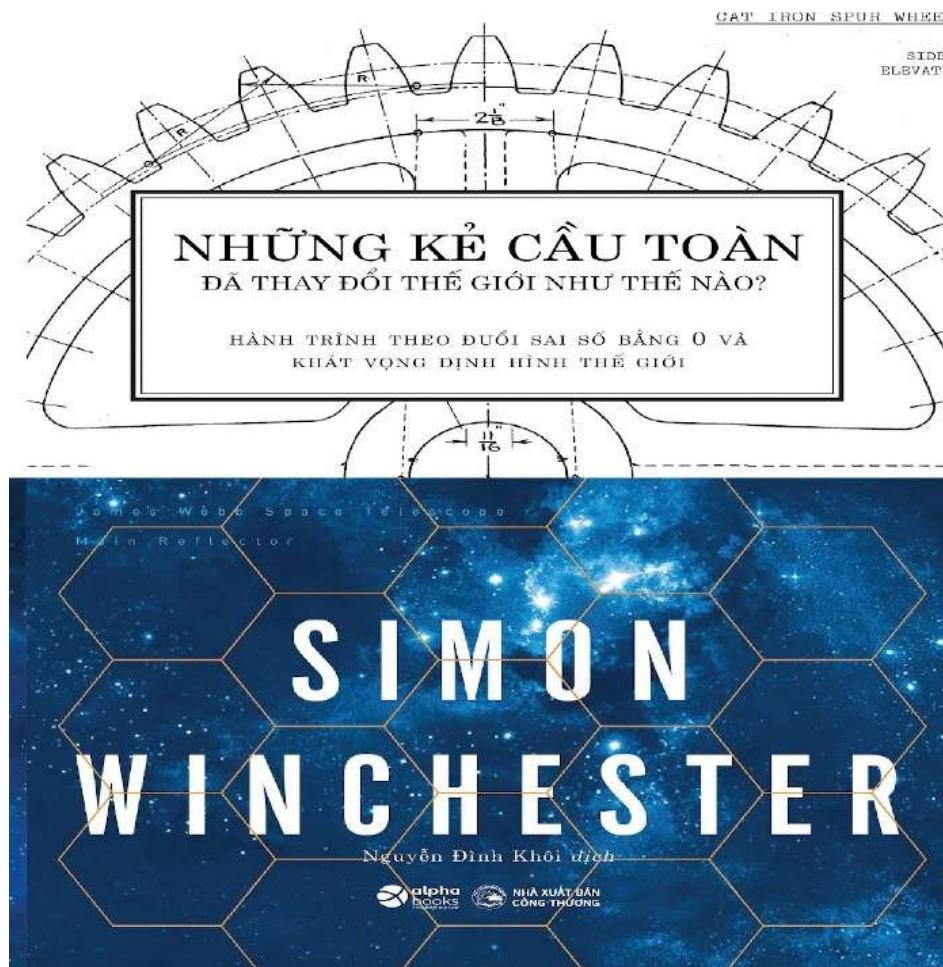
HÀNH TRÌNH THEO ĐUỔI SAI SỐ BẰNG 0 VÀ  
KHÁT VỌNG ĐỊNH HÌNH THẾ GIỚI



# SIMON WINCHESTER

Nguyễn Dinh Khôi dịch





## MỤC LỤC

- Thông tin ebook
- Giới thiệu về tác phẩm
- Nhận xét về tác phẩm
- Về tác giả
- Chú giải thuật ngữ
- Lời mở đầu
- Chương 1 - Các vì sao, giây, xi lanh và hơi nước
- Chương 2 - Phẳng kinh ngạc, sát không ngờ
- Chương 3 - Mỗi nhà một khẩu súng, mỗi ca-bin một đồng hồ
- Chương 4 - Trước ngưỡng cửa của một thế giới hoàn hảo hơn
- Chương 5 - Sự quyến rũ khó cưỡng của cao lộ
- Chương 6 - Chính xác và hiểm họa ở độ cao 10km
- Chương 7 - Qua một thấu kính trong vắt
- Chương 8 - Tôi đang ở đâu, và bây giờ là mấy giờ?
- Chương 9 - Thu nhỏ vượt mọi giới hạn
- Chương 10 - Sự thiết yếu của cân bằng
- Lời bạt - Đo vạn vật
- Lời cảm ơn

## THÔNG TIN EBOOK

Tên sách

**Những kẻ cầu toàn đã thay đổi thế giới như thế nào**

Nguyên tác

**The Perfectionists: How Precision Engineers  
Created the Modern World**

Tác giả

**Simon Winchester**

Dịch giả

**Nguyễn Đình Khôi**

Nhà xuất bản

**NXB Công Thương**

Đơn vị phát hành

**Alpha Books**

Số trang

**380**

Kích thước

**16 x 24 cm**

Giá bìa

**199.000 VNĐ**

Năm xuất bản

**Tháng 12/2020**

Nguồn sách

**PlanetVN**

Tạo ebook  
**PlanetVN**

Ngày hoàn thành  
**09/01/2023**

## GIỚI THIỆU VỀ TÁC PHẨM

Tác giả sách bán chạy nhất của New York đã lần theo quá trình phát triển của công nghệ từ Thời đại công nghiệp đến Thời đại kỹ thuật số để khám phá yếu tố duy nhất quan trọng đối với sự tiến bộ - độ chính xác - suốt chiều dài lịch sử tuyệt vời vừa thể hiện sự kính trọng vừa là lời cảnh báo cho tương lai của chúng ta.

Sự phát triển của ngành sản xuất không thể tồn tại nếu không chú ý đến độ chính xác. Vào buổi bình minh của cuộc Cách mạng Công nghiệp ở Anh thế kỷ XVIII, các tiêu chuẩn đo lường đã được thiết lập, nhường chỗ cho sự phát triển của máy công cụ - máy tạo ra máy móc. Cuối cùng, việc áp dụng các công cụ và phương pháp chính xác đã dẫn đến việc tạo ra và sản xuất hàng loạt các mặt hàng từ súng và thủy tinh đến gương, ống kính và máy ảnh - cuối cùng, đã nhường chỗ cho những đột phá hơn nữa, bao gồm ghép gen, vi mạch và Máy va chạm Hadron.

Simon Winchester đưa chúng ta trở lại nguồn gốc của Thời đại Công nghiệp, đến nước Anh, nơi ông giới thiệu những bộ óc khoa học đã giúp mở ra nền sản xuất hiện đại: John Wilkinson, Henry Maudslay, Joseph Bramah, Jesse Ramsden và Joseph Whitworth. Chính Thomas Jefferson sau này đã xuất khẩu những khám phá của họ sang nước Mỹ non trẻ, đưa quốc gia này trở thành một người khổng lồ về sản xuất. Winchester tiến lên theo thời gian, đến những phát triển tiên tiến của ngày nay đang diễn ra trên khắp thế giới, từ Châu Mỹ đến Tây Âu đến

## Châu Á.

Khi giới thiệu những tư duy và phương pháp đã thay đổi thế giới hiện đại, Winchester khám phá những câu hỏi cơ bản. Tại sao độ chính xác lại quan trọng? Các công cụ khác nhau mà chúng ta sử dụng để đo lường nó là gì? Ai đã phát minh và hoàn thiện nó? Có phải việc theo đuổi sự siêu chính xác trong rất nhiều khía cạnh của cuộc sống con người đã khiến chúng ta không nhận ra những thứ khác có giá trị tương đương, chẳng hạn như sự trân trọng đối với truyền thống lâu đời của nghề thủ công, nghệ thuật và văn hóa? Có phải chúng ta đang thiếu thứ gì đó phản ánh thế giới như nó vốn có, chứ không phải thế giới như chúng ta mong muốn? Và liệu cái chính xác và cái tự nhiên có thể cùng tồn tại trong xã hội không?

---

Sự chính xác là một phần quá thiết yếu của cuộc sống và sự tồn tại của con người đương đại đến nỗi chúng ta hiếm khi dừng lại để nghĩ về nó. Đã bao giờ bạn tự hỏi:

Tại sao *sự chính xác* lại quan trọng?

Có phải việc theo đuổi *sự chính xác* trong nhiều khía cạnh của cuộc sống con người đã khiến chúng ta mù quáng trước những thứ khác có giá trị tương đương, chẳng hạn như sự trân trọng dành cho những nghề thủ công, nghệ thuật và văn hóa truyền thống lâu đời? Có phải chúng ta đang thiếu thứ gì đó phản ánh thế giới như nó vốn có, chứ không phải thế giới như chúng ta nghĩ là mình mong muốn?

Để giải đáp những câu hỏi trên cuốn sách này cung

Để giải đáp những câu hỏi trên, cuối sách này của Simon Winchester sẽ xem xét sự phát triển tương đối gần đây của khái niệm về sự chính xác – những người đã phát triển nó là ai và nó đã định hình thế giới hiện đại như thế nào – cùng những thách thức cũng như tổn thất có nguy cơ xảy ra bởi sự tôn kính và việc theo đuổi các công cụ và phương pháp ngày càng chính xác của chúng ta.

## NHẬN XÉT VỀ TÁC PHẨM

“Winchester là một nhà báo lâu năm trở thành tác giả, một nhà nghiên cứu tỉ mỉ và nhà tư tưởng công giáo.” — *James Gleick, New York Review of Books*

“Một viên ngọc quý khác trong nhóm những nhà sử học nổi tiếng thế giới chuyên về các chủ đề và con người khác thường nhưng hấp dẫn.” — *độc giả giấu tên*

“Tác phẩm mới nhất của Winchester là một tác phẩm hấp dẫn về khoa học đại chúng nhưng cũng đầy ắp thông tin và mang tính giải trí.” — *Publishers Weekly*

“Một chuyến tham quan khoa học đầy lý thú với những kỳ quan công nghệ... Độc giả chắc chắn sẽ thích chuyến đi này.” — *Kirkus Review*

“Một sự tôn vinh nồng nhiệt dành cho các liên minh, các cơ quan và các phát minh - từ Lewis và Clark đến Internet - là nền tảng cho sự hợp nhất hoàn hảo hơn của chúng ta. Một bữa tiệc tuyệt đẹp, rất nguyên bản.” — *Stacy Schiff, tác giả của Cleopatra, đoạt giải Pulitzer*

“Sống động, giá trị... Một câu chuyện phi thường, hấp dẫn.” — *Wall Street Journal*

“Thật đáng kinh ngạc và hấp dẫn... Winchester là một người kể chuyện bậc thầy, và tất cả những cá nhân, địa điểm và sự kiện mà ông say mê viết về đều trở nên sống động đến từng chi tiết một cách tinh tế.” — *New York Journal of Books.*

---

## VỀ TÁC GIẢ

Simon Winchester là tác giả của nhiều cuốn sách được khen ngợi, bao gồm *The Professor and the Madman*, *The Men Who United the States*, *Atlantic*, *Pacific*, *The Man Who Loved China*, *A Crack in the Edge of the World*, và *Krakatoa*, tất cả đều lọt vào danh mục sách bán chạy nhất của *New York Times* và xuất hiện trong nhiều danh mục sách xuất sắc và sách đáng chú ý của năm. Năm 2006, Winchester được Nữ hoàng Anh phong tặng danh hiệu Sĩ quan Đế chế Anh. Ông hiện đang sống tại Tây Massachusetts.

[www.simonwinchester.com](http://www.simonwinchester.com)

*Đằng nào bạn cũng phải nghĩ, vậy sao không nghĩ lớn?*

- Donald Trump

*Hãy di chuyển nhanh và phá vỡ các quy tắc. Nếu vẫn chưa phá vỡ cái gì, chúng tôi bạn di chuyển chưa đủ nhanh.*

- Mark Zuckerberg

*Nếu bạn lấy cạnh tranh làm trọng, bạn sẽ phải đợi cho đến khi đối thủ có động thái. Nếu bạn lấy khách hàng làm trọng, bạn sẽ là người tiên phong.*

- Jeff Bezos

Gửi tặng Setsuko

Và để tưởng nhớ cha tôi,  
Bernard Austin William Winchester, 1921-2011,  
một người vô cùng tỉ mỉ

Những đoản văn dưới đây được trích từ các tác phẩm của nhà văn Lewis Mumford (1895-1990). Hãy khắc ghi chúng trong khi đọc những trang tiếp theo, chúng sẽ là người bạn đồng hành hữu ích với bạn.

*Thời đại của máy móc ngày nay đang dần đi đến hồi kết. Trong ba thế kỷ qua, trải qua sự tôi luyện khắc nghiệt, con người đã học được nhiều điều, đồng thời có được đầu óc nhạy bén và hiểu biết sâu sắc về các tiềm năng thực tiễn mà máy móc đem lại cho chúng ta: nhưng chúng ta không thể tiếp tục sống trong thế giới của máy móc nữa, cũng như chúng ta chẳng thể tồn tại trên bề mặt cằn cỗi của mặt trăng vậy.*

- The Culture of Cities (tạm dịch: Văn hóa đô thị) (1938)

*Chúng ta phải coi trọng cảm xúc cũng như việc biểu đạt các giá trị đạo đức và thẩm mỹ giống như cái cách mà chúng ta để cao khoa học, phát minh và tổ chức thực tiễn. Nếu thiếu nhau, chúng sẽ trở nên vô dụng.*

- Values for Survival (tạm dịch: Các giá trị sinh tồn)  
(1946)

*Hãy quên đi những chiếc xe đáng nguyền rủa để xây nên những thành phố cho tình nhân và bằng hữu.*

- My Works and Days (tạm dịch: Cuộc đời và sự nghiệp của tôi) (1979)

## CHÚ GIẢI THUẬT NGỮ

- Chuẩn xác: kết quả đo lường hoặc kết quả hành động gần với kết quả mong muốn. Ví dụ bắn tên trúng hồng tâm.
- Hỗn thiên cầu: một khung phức tạp gồm các vòng bằng đồng đại diện cho các đặc điểm thiên văn và đặc điểm Trái đất - ví dụ đường hoàng đạo, quỹ đạo mặt trăng, chí tuyến.
- Loạn thị: biến dạng hình ảnh trong mắt hoặc trong camera hay kính viễn vọng gây ra bởi các bất thường khúc xạ trong hình dạng thấu kính.
- Cung thiên văn: một thiết bị cơ, tương tự như một đồng hồ thiên văn, được dùng để dự đoán các sự kiện thiên văn, sự di chuyển của các hành tinh qua bầu trời.
- Thước trắc tinh: Một đĩa kim loại chia độ với các bộ phận xoay để tính toán các sự kiện thiên văn.
- Số Avogadro: số hạt nguyên tử, photon, phân tử - chứa trong một lượng chất bằng một mole (đơn vị SI). Số này bằng  $6,0221415 \times 10^{23}$ .
- Băng lưỡng kim: Do các kim loại khác nhau có tính chất giãn nở nhiệt khác nhau, một băng ghép từ hai dải kim loại khác nhau có khả năng uốn cong khi nhiệt độ thay đổi - một hiện tượng được ứng dụng trong công tắc ngắt mạch, ví dụ trong một bộ ổn nhiệt.
- Cụm ròng rọc (hàng hải): một ròng rọc hoặc một hệ

ròng rọc dùng để nâng hệ thống dây cáp của tàu buồm hoặc để nâng các vật nặng.

- Hàn vảy cứng: một phương pháp sử dụng nhiệt để hàn kim loại với kim loại, mối hàn không bền như hàn nóng chảy nhưng bền hơn hàn vảy mềm.
- Brevet d'invention: bằng sáng chế Pháp.
- British Standard Whitworth: bộ tiêu chuẩn dành cho vít và ren vít.
- Thước kẹp: thước đo có hai mấu kẹp, trong đó một mấu cố định mà một mấu có thể trượt hoặc xoay, dùng để xác định kích thước bên ngoài của vật đo.
- Súng các-bin: một loại súng, hơi ngắn và nhẹ hơn so với súng hỏa mai, thường được dùng bởi kỵ binh.
- Sợi cacbon: một dạng cacbon đặc biệt khoẻ và nhẹ, phát minh vào thập niên 1960 và có ứng dụng rộng rãi trong cơ khí xây dựng.
- Vật cạnh: làm nhẵn cạnh và góc săn.
- Coma (trong kính viễn vọng): hiện tượng cầu sai trong thấu kính, cho hình ảnh vật thể bị mờ viền.
- Kinh tối: buổi cầu kinh cuối cùng của một ngày trong tu viện, còn có nghĩa là thời gian mà buổi lễ được tổ chức.
- Lưới nhiễu xạ: một lưới phẳng gồm các đường song song cách đều cực mỏng, tạo ra phổ nhiễu xạ khi ánh sáng đi qua.
- Máy chia khoảnh: một thiết bị thiền na gồm một hánh

xe lớn chuyển động bằng bánh vít, dùng để khắc các vạch chia khoảng lên một dụng cụ đo.

- Mộng: một thanh hoặc một cọc, thường nhẵn và làm bằng gỗ, để chốt các bộ phận với nhau.
- EDM: Gia công tia lửa điện, trong đó các tia lửa điện cường độ lớn được dùng để gia công các chi tiết kim loại – thường là để khoan các lỗ nhỏ trong các chi tiết có hình dạng bất tiện.
- È-te: một chất vô hình trước đây được cho là lấp đầy không gian và là môi trường truyền bức xạ.
- Fab: một nhà máy sản xuất hàng loạt linh kiện điện tử.
- Kíp súng: bộ phận tạo ra tia lửa làm nổ thuốc súng bằng cách chà kim loại và đá lửa.
- Con lắc của Foucault: đặt tên theo nhà vật lý học người Pháp thế kỷ XIX, người khám phá ra hiện tượng một con lắc dài và di chuyển chậm sẽ luôn dao động theo cùng một phương và chuyển động quay của Trái Đất sẽ được ghi lại trên đĩa số bên dưới quả nặng.
- Mặt cọ xát: chi tiết kim loại trong kíp súng (xem thêm kíp súng) mà khi chà vào đá lửa sẽ tạo ra tia lửa.
- Góc (đường) hạ cánh: đường di chuyển tối ưu cho máy bay hạ cánh.
- Dưỡng kiểm đạt/không đạt: một dụng cụ kiểm tra với hai đầu – một đầu (một vít hay một chốt) sẽ đi vào trong

chi tiết kiểm tra và một đầu sẽ không vào được, trên cơ sở đó xác định chi tiết kiểm tra có chính xác hay không.

- Bộ điều tốc: một thiết bị cơ gắn với động cơ để điều chỉnh và giới hạn tốc độ của động cơ.
- Graphene: cacbon dưới dạng các tấm chỉ bao gồm một lớp phân tử và gần như không thể nhìn thấy bằng mắt thường, được tạo ra vào năm 2004 và đang được nghiên cứu rộng rãi do có ưu thế nhẹ nhưng khoẻ.
- Ha-ha: hào nhân tạo bao quanh các điền trang lớn, một dạng hàng rào gần như vô hình để bảo vệ đồng ruộng, vườn tược.
- Cấu phần đổi lắn: nền tảng của sản xuất hiện đại, trong đó tất cả các cấu phần được chế tạo đồng nhất đảm bảo chúng luôn ăn khớp trong quá trình lắp ráp. Khái niệm này, đưa ra lần đầu ở Pháp thế kỷ XVIII, thống trị ngành sản xuất Mỹ của thế kỷ XIX.
- Giao thoa kế: một thiết bị đo quang học chính xác cao, có chức năng tách một tia sáng thành hai tia rồi lại kết hợp hai tia đó sao cho chênh lệch về quãng đường di chuyển của các tia sáng sẽ được phản ánh trong và tính toán từ các vân giao thoa.
- Gá: một thiết bị chống đỡ hoặc dẫn hướng, thường được làm thủ công, có chức năng định vị dụng cụ gia công (ví dụ như mũi khoan) sao cho thao tác gia công có thể lặp đi lặp lại nhiều lần.

- Máy tiện: một máy có nguồn gốc cổ xưa, trong đó chi tiết gia công (gỗ, ngà, kim loại) được cố định nằm ngang và được xoay khi tiếp xúc với dụng cụ gia công.
- Lignum vitae: Thường chỉ gỗ của một loại cây Tây Ấn, đặc biệt cứng và có khả năng tự bôi trơn, từ lâu đã được sử dụng để làm bánh răng và các bộ phận cơ khí khác. Chìm trong nước.
- LIGO: Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory (Đài quan trắc Sóng Hấp dẫn Giao thoa Laze), thường dùng để chỉ hai đài quan trắc đặt tại Louisiana và Washington, Mỹ nhưng là một mạng lưới toàn cầu các thiết bị ghi đo sự truyền qua của sóng hấp dẫn trong không thời gian.
- Dụng cụ gia công: dụng cụ (thường không di động) dùng để khoan, cắt, mài, tạo hình kim loại; thường được nhắc đến như là máy dùng để tạo ra máy.
- Ma-nhê-tô: một thiết bị nhỏ sử dụng nam châm và cuộn cảm, khi xoay sẽ tạo ra tia lửa điện.
- Kinh sáng: buổi cầu kinh đầu tiên của một ngày trong tu viện (xem thêm *kinh tối*).
- Thước pan-me: một thiết bị đo dùng một đinh vít nhỏ bộ phận chia khoảng có chức năng tịnh tiến vít, dùng để đo kích thước với độ chính xác cao.
- MBI: Chụp cộng hưởng từ - phương pháp kiểm tra bên trong vật thể - thường là cơ thể người nhưng cũng có thể

dùng cho các vật thể không sống - dựa trên sự kết hợp của các từ trường mạnh và sóng radio cao tần.

- Cung hành tinh: một thiết bị có cơ cấu dây cót bánh răng mô phỏng sự chuyển động của các thiên thể xung quanh mặt trời hoặc Trái Đất (để nghiên cứu hoặc giải trí).
- Máy vẽ truyền: một dụng cụ bao gồm các thanh kim loại gắn với nhau tạo thành hình bình hành, cho phép sao chép các bản vẽ, biểu đồ, hay vật thể. Khi rà một đầu theo hình hoặc vật cần sao chép, đầu còn lại, gắn bút hoặc dao cắt, sẽ di chuyển tương ứng.
- Permi: kỷ địa chất bắt đầu từ 390 triệu năm trước và kết thúc 50 triệu năm trước, diễn ra sau kỷ Than Đá. Trong kỷ này hình thành nhiều vòm đá cát kết hoặc vòm muối phủ lên các trầm tích dầu và khí ga hình thành ở các kỷ trước.
- In ảnh li-tô: một kiểu in trong đó ảnh chụp được chuyển lên một bề mặt in; ngày nay được dùng để sản xuất linh kiện bán dẫn.
- Hằng số Plank: đặt tên theo nhà vật lý học người Đức Max Plank, mô tả quan hệ giữa năng lượng của một photon bức xạ điện từ và tần số của nó, thường được biểu diễn bằng ký hiệu  $h$ .
- Plasma: thể khí hình thành ở nhiệt độ cao, chứa các electron tự do và ion dương.
- Chính xác (*precision*): thường được dùng lẫn với

*accuracy*, trong công nghệ chỉ mức độ tinh vi trong yêu cầu kỹ thuật. Nhìn chung càng nhiều số 0 sau dấu thập phân thì càng chính xác.

- Cơ học lượng tử: nhánh vật lý học nghiên cứu sự tương tác và tính nhị nguyên của các hạt cơ bản và hiện tượng ở quy mô nguyên tử hoặc hạ nguyên tử.
- Hạng (tàu chiến): hệ thống phân loại tàu chiến thời xưa, chủ yếu căn cứ vào số súng: tàu hạng nhất có 100 đại bác, tàu hạng hai có 80, v.v.
- Lưỡi giữ cót: bộ phận đồng hồ sử dụng một hệ thống lò xo và quả nặng để cấp năng lượng cho bánh xe cân bằng.
- Chạy lồng: nếu bộ điều tốc động cơ không hoạt động, động cơ sẽ chạy không kiểm soát và có thể gây nguy hiểm.
- Xăng-quy-lốt: chỉ những người nghèo ủng hộ cách mạng trong cách mạng Pháp, thường được lợi dụng để thực hiện các hoạt động bạo lực trong Thời kỳ Khủng bố. Xăng-quy-lốt nghĩa là “không quần ống túm”, xuất phát từ trang phục của giai cấp lao động thời đó.
- Bán dẫn: một vật liệu - silic, gecmani - có khả năng thay đổi tính dẫn điện, dùng để chế tạo các transistor trong các thiết bị điện tử.
- Kính lục phân, cung phần tám: dụng cụ cầm tay của người đi biển để đo góc thiên thể phục vụ điều hướng. GPS đã thay thế gần như hoàn toàn các dụng cụ này, dù

các hoa tiêu vẫn phải học cách sử dụng chúng.

- SI: Hệ Đo lường Quốc tế (chỉ Myanmar, Liberia, và Mỹ là không gia nhập).
- Silic: một trong những nguyên tố phổ biến nhất cấu thành đá và là một vật liệu quan trọng trong bộ vi xử lý máy tính.
- Bàn trượt: bộ phận máy tiện gắn các dụng cụ gia công, có thể được di chuyển đến chi tiết gia công.
- Thước lô-ga: cho đến gần đây các kỹ sư vẫn thường xuyên mang theo mình thước lô-ga, một loại thiết bị tính toán nhanh nhưng tính chính xác không cao, bao gồm các thước trượt chia khoảng theo thang lô-ga-rít, cho phép thực hiện các phép tính số học.
- Dây chằng tàu: dây thừng để buộc tàu vào cảng; dây này được hạ lệnh tháo khi tàu chuẩn bị cảng buồm.
- Khoan đập (khai thác dầu): Để bắt đầu khoan giếng dầu, một mũi khoan được đập liên tiếp vào bề mặt cho đến khi tạo ra một lỗ sâu khoảng ba mươi phân, sau đó mới bắt đầu khoan thực sự.
- Talleyrand: một nhà ngoại giao và giám mục người Pháp - và cũng là một vương tước - điển hình cho sự khôn khéo và xảo quyệt.
- Thanh truyền: một bộ phận nhỏ di chuyển lên xuống cùng trực cam và có tác dụng truyền động cho một bộ phận lớn hơn.
- Trong vật khởi trùi hẵn thach anh nuna chảv đắt

(cùng với một hệ thống quả nặng cân bằng và lò xo phức tạp) ở hai đầu của hai cánh của đài quan trắc LIGO.

- Tetsubin: ấm đun nước bằng gang của Nhật, có tay cầm và nắp, thường được đun trên bếp than để pha trà.
- Toise: trước khi nó rơi vào quên lãng ở đầu thế kỷ XIX, toise là đơn vị đo độ dài của Pháp, bằng 1,9 mét, và được chia thành 6 *pied*.
- Tính lưu vết: khả năng một phép đo có thể được lần về một tiêu chuẩn - ví dụ một giây đo bởi một đồng hồ đeo tay được gián tiếp đối sánh và đồng bộ với tín hiệu của đồng hồ nguyên tử.
- Cuộn dây rung: thiết bị tạo tia lửa điện phục vụ khởi động trong xe Model T Ford.
- Vanadie: một nguyên tố màu xám bạc, khi bổ sung vào thép sẽ tăng đáng kể độ cứng của thép, được dùng làm phụ gia cho nhiều hợp kim phức tạp ngày nay.
- Vernier: nhà toán học người Pháp thế kỷ mười sáu, cha đẻ của thước véc-nê. Thước véc-nê gắn vào thước đo chính và cho phép đọc các khoảng cách nhỏ hơn khoảng chia của thước đo chính.
- Kinh chiêu: buổi cầu kinh khi mặt trời lặn trong tu viện; nằm gần cuối trong các nghi thức tế lễ của một ngày.
- Wabi-sabi: khái niệm đối lập với hoàn hảo; thể hiện quan điểm thẩm mỹ đề cao sự vô thường, sự mộc mạc, và kĩ nanh thiêc cônna

My name and company

## LỜI MỞ ĐẦU

*Mục tiêu của khoa học không phải là mở ra cánh cửa dẫn tới miền trí tuệ vô biên, mà là hạn chế sai lầm vô độ - Bertolt Brecht, Life of Galileo (tạm dịch: Cuộc đời của Galileo) (1989)*

Chúng tôi chuẩn bị ngồi xuống dùng bữa tối thì cha tôi, với ánh mắt hấp háy đầy bí ẩn, nói ông có thứ muối chỉ cho tôi xem. Ông mở ca tát, lấy ra một cái hộp gỗ lớn và trông rõ nặng.

Đó là một đêm mùa đông vào giữa thập niên 1950. Thời tiết hôm đó rất xấu, London chìm trong màn sương mù lạnh lẽo và ẩm đạm. Tôi lúc ấy khoảng mươi tuổi, từ trường nội trú về thăm nhà nhân kỳ nghỉ lễ Giáng Sinh. Cha tôi vừa trở về từ nhà máy của ông ở Bắc London, dùng tay phủi những hạt tuyết xám xịt vì khói công nghiệp ra khỏi vai chiếc áo choàng sĩ quan quân đội của mình, ông đang đứng trước than hồng để sưởi ấm, răng cắn tẩu thuốc. Mẹ tôi đang tất bật trong bếp, và sau một hồi bà bắt đầu mang chén đĩa vào phòng ăn.

Nhưng trước hết, tôi phải nói tới chiếc hộp đã.

Tôi vẫn còn nhớ như in chiếc hộp đó, dù sáu mươi năm có lẽ đã trôi qua. Đó là cái hộp hình vuông có cạnh dài khoảng 25cm, sâu chừng 7-8m, cỡ một cái hộp bánh quy. Nó được làm từ gỗ sồi đánh véc-ni, trông thấy rõ là một vật phẩm cao cấp, đã được sử dụng và bảo quản cẩn thận nhiều năm. Trên tấm lá đồng ở nắp hộp có khắc họ và tên viết tắt, cũng như

danh xưng của cha tôi, B. A. W. WINCHESTER ESQ. Cũng như cái hộp gỗ thông khiêm tốn hơn nhiều mà tôi dùng để đựng bút chì và màu vẽ, chiếc hộp của cha tôi có nắp trượt, khóa bằng một then đồng nhỏ, và một chỗ lõm vào để mở hộp ra bằng cách ấn một ngón tay vào đó.

Cha tôi mở chiếc hộp, bên trong hộp lót một lớp nhung dày màu đỏ thẫm và có một loạt các rãnh rộng. Đặt trong từng rãnh là rất nhiều mẫu kim loại sáng bóng, một số mẫu có hình lập phương, phần lớn có hình chữ nhật, tựa như những thẻ bài, cây gậy và quân domino tí hon. Tôi thấy trên bề mặt mỗi mẫu đều được khắc một con số, hầu hết các con số đều có dấu thập phân - chẳng hạn như 0,175 hay 0,735 hoặc 1,300. Cha tôi cẩn thận đặt chiếc hộp xuống và châm tẩu: những mẫu kim loại bí ẩn, hơn trăm cái, lấp lánh trong ánh lửa than.

Ông lấy hai mẫu kim loại lớn nhất ra và đặt lên chiếc khăn trải bàn bằng vải lanh. Mẹ tôi ngờ rằng những mẫu kim loại này - cũng như nhiều thứ khác cha tôi mang về từ xưởng cho tôi xem - có bám một màng mỏng dầu máy (thực tế đúng là như vậy), liền thốt lên bức bối và chạy vào bếp. Bà là một phụ nữ người Bỉ kỹ tính đến từ Ghent, là mẫu người điển hình của thời đó và do đó hết sức trân trọng lanh ren tinh túng không tì vết.

Cha tôi giơ hai mẫu kim loại lên cho tôi nhìn kỹ hơn. Ông nói chúng được làm từ thép không gỉ có hàm lượng carbon cao, nếu không thì chí ít cũng là một loại hợp kim có chứa một ít crôm và có lẽ thêm cả một lượng nhỏ tungsten nữa

nên chúng đặc biệt cứng. Cha tôi còn nói thêm rằng chúng hoàn toàn không có từ tính, và để minh họa cho điều này, ông đẩy chúng lại gần nhau trên mặt khăn trải bàn - làm dây những vết dẫu nhỏ ra chiếc khăn, khiến mẹ tôi càng thêm khó chịu. Ông nói đúng: hai mẫu kim loại không có dấu hiệu gì là muốn dính vào nhau hay đẩy nhau ra cả. Cha bảo tôi cầm chúng lên, mỗi tay cầm một mẫu. Tôi đặt mỗi mẫu vào lòng bàn tay và nâng lên hạ xuống như để cân chúng. Chúng lạnh và nặng, có trọng lượng đáng kể, được tạo tác với độ chính xác cao và bởi vậy mang một vẻ đẹp riêng.

Sau đó, cha lấy lại các mẫu kim loại từ tay tôi và đặt chúng lên bàn, chồng lên nhau. Lúc này, ông bảo tôi cầm mẫu kim loại ở trên lên. Chỉ mẫu trên cùng. Bằng một tay. Nhưng khi tôi làm theo lời ông, cầm mẫu bên trên lên thì mẫu bên dưới cũng được nhắc lên theo.

Cha mỉm cười. Ông bảo tôi tách chúng ra. Tôi cầm mẫu bên dưới và gắng sức kéo. Nhưng nó không hề suy suyển. Cha bảo tôi hãy kéo mạnh lên. Tôi thử lại. Vẫn không được. Chúng không mảy may di dịch. Hai mẫu thép hình chữ nhật bám chặt vào nhau cứ như thể được dán keo hay được hàn vào nhau và trở thành một thể thống nhất vậy - vì tôi không còn nhận ra được đâu là ranh giới giữa chúng nữa. Cứ như thể cả hai mẫu kim loại này đã "hòa quyện" vào nhau vậy. Tôi cố thêm lần nữa, rồi lại một lần nữa.

Đến khi tôi toát mồ hôi hột, còn mẹ tôi đã trở ra từ bếp và bắt đầu sốt ruột, cha tôi mới cất cái tẩu thuốc đi, cởi áo

choàng ra rồi bắt đầu chia đồ ăn ra đĩa. Hai mẫu kim loại được đặt cạnh cốc nước của ông, chúng thể hiện sự yếu ớt của tôi, là thất bại của tôi. Tôi hỏi trong bữa ăn: “Liệu con có thể thử thêm lần nữa không?” Ông đáp: “Không cần nữa đâu”, rồi cầm “khối kim loại” lên, xoay cổ tay một cái, làm hai mẫu kim loại trượt ra hai phía. Hai mẫu tách khỏi nhau ngay tức thì, dễ dàng và duyên dáng. Tôi đã há hốc mồm trước cảnh tượng ấy. Trong con mắt của một đứa nhóc tiểu học như tôi hồi đó, nó như một phép màu vậy.

Cha tôi nói: “Chẳng có phép màu nào hết.” Ông giải thích: Tất cả sáu mặt của “khối kim loại” này chỉ đơn giản là phẳng lì, phẳng tuyệt đối, phẳng hoàn hảo. Chúng đã được cắt với độ chính xác cao tới mức không còn chút gỗ ghề nào trên bề mặt để không khí có thể lọt vào giữa và tạo ra điểm yếu nữa. Chúng phẳng hoàn hảo đến độ các phân tử trên bề mặt hai mẫu sẽ liên kết với nhau khi áp vào nhau, do đó chúng gần như không thể tách rời, dù không ai biết chính xác lý do. Chúng ta chỉ có thể trượt chúng ra khỏi nhau; đó là cách duy nhất. Có một từ để tả việc này, đó là: *vận*.

Cha tôi bắt đầu giảng giải một cách sống động, với vẻ mê say mà tôi luôn yêu mến. Ông kiêu hãnh nói: “Những mẫu kim loại như thế này có lẽ là thứ chính xác nhất mà con người từng tạo ra. Chúng được gọi là căn mẫu (gauge block), hay khối Jo – được đặt theo tên của nhà phát minh ra chúng, Carl Edvard Johansson. Chúng được dùng để đo đạc mọi thứ với sai số nhỏ nhất. Những người sản xuất ra căn mẫu là những người làm việc ở đỉnh cao của kỹ thuật cơ khí. Đây là

những thứ quý giá, và cha muốn cho con xem, vì chúng cực kỳ quan trọng với cuộc đời cha."

Nói xong, cha tôi lặng lẽ cẩn thận cất những miếng căn mẫu vào chiếc hộp gỗ lót nhung, ăn nốt bữa tối, châm lại tẩu thuốc và ngủ thiếp đi bên lò sưởi.

SUỐT CẢ ĐỜI MÌNH, CHA TÔI đã làm kỹ sư trong ngành công nghệ chính xác. Vào những năm cuối sự nghiệp, ông thiết kế và chế tạo những động cơ điện tí hon cho các hệ thống dẫn hướng ngư lôi. Phần lớn công việc này là cơ mật, nhưng thi thoảng ông sẽ bí mật đưa tôi đến một trong số các nhà máy của ông; và tôi sẽ nhìn chằm chằm - trong sự ngưỡng mộ và băn khoăn - những cỗ máy có thể cắt và khía răng cho những bánh răng đồng nhỏ xíu, hay những trực đỗ bằng thép nhẵn bóng mỏng tựa sợi tóc, hoặc những cuộn dây đồng quấn quanh những chiếc nam châm có kích thước không vượt quá que diêm châm tẩu.

Tôi vẫn lưu giữ những ký ức thân thương về một người nhân viên tin cẩn của cha, người đàn ông lớn tuổi khoác chiếc áo phòng thí nghiệm màu nâu, cũng hay cài tẩu giữa hai hàm răng giống cha tôi và vừa làm việc vừa ngậm tẩu khan. Bác ấy lúc nào cũng nheo mày khi ngồi ở đầu vận hành của một chiếc máy tiện đặc biệt - cha tôi nói chiếc máy này do Đức sản xuất và rất đắt tiền - theo dõi lưỡi cắt của dụng cụ cắt khi nó quay với tốc độ chóng mặt. Chiếc máy liên tục được làm mát bởi một hỗn hợp dầu-và-nước dạng kem phun. Chiếc máy dò và mổ vào một cái mộng bằng đồng nhỏ, hớt ra từ cạnh của nó những sợi kim loại

mỏng dính khi cái mộng chậm rãi quay quanh trục. Quá trình ấy mới kỳ diệu làm sao! Tôi chăm chú nhìn hàng răng tí hon mới cắt đều tăm tắp hiện ra ở mép miếng kim loại.

Cỗ máy dừng trong thoáng chốc: tất cả đột nhiên im ắng - và rồi, khi tôi đang nheo mắt nhìn dòng chảy hỗn độn xung quanh chi tiết gia công, một loạt dụng cụ làm bằng các-bua tungsten tách biệt và tinh tế hơn xuất hiện và ngay lập tức “bắt tay vào việc”, rồi trực chính bắt đầu quay và cắt, còn những chiếc răng vừa được tạo ra giờ đang được định hình, uốn, khía và vát. Nhìn qua ống kính lúp của cỗ máy, chúng ta có thể thấy hình dạng của mép răng thay đổi ra sao khi đi qua lưỡi dao, cho tới khi tiếng máy nhỏ dần, bánh răng và dụng cụ được tách khỏi nhau, trực chính dừng quay, cái mộng được lặng như một miếng giăm bông, còn gá kẹp thì nhả ra. Sau đó, trên chiếc phễu được kéo lên từ bồn đầy kem-dầu là những bánh răng hoàn chỉnh, bóng láng đến kinh ngạc, vẫn nhỏ giọt tong tong, có lẽ đến hai chục chiếc, mỗi chiếc dày không quá 1mm và đường kính không quá 1cm.

Các bánh răng được một đòn bẩy ẩn lật từ chiếc máy tiện sang một cái khay, nằm ở đó chờ trượt vào trực chính và bằng một cách bí ẩn nào đó gắn lên những động cơ. Một số động cơ có thể quay chân nhái, trong khi số khác thay đổi độ nghiêng của chân vịt, sao cho hỏa lực tàu ngầm luôn di chuyển thẳng tới mục tiêu địch theo lệnh của con quay hồi chuyển, bất chấp những chuyển động không thể đoán trước trong lòng biển lạnh lẽo và hỗn loạn.

Chỉ có điều, trong tình huống này, người nghệ nhân lớn tuổi cho rằng Hải quân Hoàng gia Anh có thể dễ dàng bỏ qua một mẩu trong mẻ bánh răng mới ra lò này. Ông lấy một chiếc nhíp nhọn bằng thép và gấp một mẩu từ bồn kem, rửa nó dưới vòi nước sạch, rồi trao cho tôi với vẻ kiêu hãnh và đắc thắng, ông ngồi xuống, cười rạng rỡ với những thành phẩm hoàn hảo và mãn nguyện châm tẩu. Cha tôi nói: "Chiếc bánh răng tí hon là một món quà, là thứ sẽ luôn nhắc con nhớ về chuyến tham quan này. Nó là chiếc bánh răng chính xác nhất mà con được thấy trong đời."

CŨNG NHƯ NGƯỜI NHÂN VIÊN XUẤT SẮC KIA, cha tôi cực kỳ tự hào về nghề nghiệp của ông. Ông tin đó là một công việc sâu sắc, quan trọng và đáng *trân quý* - công việc biến những thanh kim loại cứng quèo không hình thù thành những vật phẩm đẹp đẽ và hữu ích, mỗi thứ được tinh chỉnh tỉ mỉ, hoàn thiện tinh tế và phục vụ đủ mọi mục đích, từ bình phàm đến lạ lẫm - vì nhà máy của cha không chỉ sản xuất vũ khí, mà còn chế tạo các thiết bị cho ô tô, quạt sưởi và việc khai khoáng; những động cơ cắt kim cương, nghiền hạt cà phê cũng như những động cơ được lắp bên trong kính hiển vi, áp kế, máy ảnh và đồng hồ. Cha tôi tiếc nuối nói nhà máy của ông không tạo ra máy của đồng hồ đeo tay, mà sản xuất động cơ của đồng hồ để bàn, đồng hồ đi biển và đồng hồ quả lắc thân dài, nơi những bánh răng của ông nhẫn nại đếm thời gian cho những kỳ trăng và hiện thời gian trên những mặt đồng hồ treo cao trong hàng ngàn tiệm sảnh.

Đôi khi, ông mang về nhà nhiều thứ còn cầu kỳ hơn nhưng có lẽ không nhiệm màu bằng những khối căn mẫu với bề mặt cắt máy siêu phẳng. Ông mang chúng về chủ yếu để cho tôi nghịch, bày chúng ra ở bàn ăn tối, nhưng luôn khiến mẹ tôi bức bối vì ông luôn bọc chúng trong những tờ giấy sáp nâu nhòn mờ làm bẩn khăn trải bàn. Mẹ sẽ kêu lên: “Anh làm ơn để nó lên tờ báo kia được không?” nhưng thường vô ích, vì lúc đó cha đã lấy thứ kia ra, để nó lấp lánh dưới ánh đèn rồi. Bánh xe đã sẵn sàng xoay, cần đã sẵn sàng quay, mặt kính (vì thường có một hoặc hai thấu kính, hay một cái gương phụ gắn vào thiết bị) sẵn sàng “trình diễn”.

Cha tôi đam mê và tôn thờ những chiếc ô tô được chế tạo công phu, đặc biệt là những chiếc xe của hãng Rolls-Royce. Đó là cái thời xa xưa, khi những cỗ máy kiêu kỳ ấy không tượng trưng cho đẳng cấp của chủ sở hữu, mà cho kỹ nghệ tuyệt vời của nhà sản xuất. Cha tôi từng được đi tham quan dây chuyền lắp ráp của Rolls-Royce ở Crewe và nói chuyện với nhóm chế tạo trực khuỷu của động cơ. Điều khiến ông ấn tượng nhất là những trực khuỷu ấy, nặng hàng chục kí-lô-gam, được làm hoàn toàn bằng tay và cân bằng chính xác đến độ, khi được đưa lên một bảng thử để kiểm tra vòng quay, chúng không tỏ ra dấu hiệu nào là sẽ ngừng quay cả, vì không có bên nào nặng hơn bên nào dù chỉ chút đỉnh. Cha tôi nói: Nếu không có hiện tượng ma sát, trực khuỷu của một chiếc Phantom V, một khi đã quay sẽ không bao giờ dừng lại. Vì câu chuyện này, ông đã bảo tôi thiết kế một động cơ vĩnh cửu cho riêng mình, một giấc mơ đã ngốn mất

của tôi (vì tôi chỉ có vốn hiểu biết hết sức mơ hồ về hai định luật đầu tiên của nhiệt động lực học, vì vậy không biết thử thách ấy không bao giờ có thể chinh phục được) hàng tiếng đồng hồ và hàng trăm trang viết.

Tuy thời ấu thơ hạnh phúc bên những cỗ máy đã trôi qua hơn nửa thế kỷ, nhưng những ký ức đó vẫn còn sức hút trong tôi - và không khi nào chúng lôi cuốn mạnh mẽ hơn một buổi chiều mùa xuân năm 2011, khi tôi bất ngờ nhận được một e-mail từ một người hoàn toàn xa lạ ở thành phố Clearwater, Florida. Tiêu đề e-mail rất đơn giản: “Một gợi ý”, và đoạn đầu tiên (trong ba đoạn thư) bắt đầu không rào đón: “Tại sao anh không viết một cuốn sách về Lịch sử của công nghệ chính xác?”

Tên người gửi thư là Colin Povey, một người đàn ông có nghề nghiệp chính là thổi thủy tinh khoa học<sup>[\*]</sup>. Lập luận của anh rất đơn giản, nhưng chính vì thế lại có tính thuyết phục: theo anh, sự chính xác là yếu tố then chốt của thế giới hiện đại, nhưng lại vô hình, ẩn giấu ngay trước mắt. Chúng ta đều biết máy móc phải chính xác; chúng ta đều hiểu những thứ quan trọng trong đời sống (máy ảnh, điện thoại di động, máy tính, xe đạp, ô tô, máy rửa bát, bút bi) buộc phải có những thành phần ăn khớp với nhau ở mức độ chính xác cao và vận hành gần như hoàn hảo; và có lẽ tất cả chúng ta đều cho rằng thứ gì càng chính xác càng vận hành tốt. Cùng lúc đó, hiện tượng được gọi là chính xác này, cũng như khí oxy hay tiếng Anh, là thứ mà chúng ta cho là đương nhiên, gần như không để tâm đến, hiếm khi nghĩ kỹ về nó và chẳng mấy khi thảo luận một cách xứng tầm, chí ít là với những

người không chuyên. Nhưng nó luôn hiện hữu, là một khía cạnh cốt yếu của xã hội hiện đại. Không có yếu tố này, công cuộc hiện đại hóa sẽ chỉ là điều viển vông trong trí óc con người.

Tuy nhiên, điều này không phải lúc nào cũng đúng. Công nghệ chính xác cũng có điểm khởi đầu, với thời điểm ra đời cụ thể không cần bàn cãi. Công nghệ chính xác đã phát triển theo thời gian, trưởng thành, biến đổi và tiến hóa. Đối với một số người, viễn cảnh ngành công nghệ chính xác sẽ phát triển trong tương lai là điều rõ ràng, nhưng một số khác lại lúng túng và không chắc chắn về nó. Nói cách khác, sự tồn tại của ngành công nghệ chính xác là một câu chuyện có diễn biến, dù diễn biến của nó có thể đi theo quỹ đạo parabol thay vì một đường thẳng đi lên vô tận. Dù công nghệ chính xác đã phát triển theo đường hướng nào thì vẫn có một câu chuyện đi kèm với nó; như cách giới làm phim hay nói, nó có một cốt truyện.

Povey nói đó là cách anh hiểu về công nghệ chính xác. Nhưng anh còn có một lý do cá nhân cho đề nghị trên, và để minh họa, anh kể cho tôi một câu chuyện mà tôi xin tóm tắt bên dưới, một câu chuyện chính xác và súc tích:

Ông Povey cha, cha của tác giả bức thư, là một cựu binh sĩ người Anh, có tính cách hơi lập dị. Ông từng nhận mình là người theo đạo Hindu để không phải đi lễ nhà thờ Anh giáo bắt buộc vào ngày Chúa nhật. Không muốn chiến đấu ở các chiến hào, ông gia nhập Cục Quân giới Lục quân Hoàng gia (RAOC), đơn vị chịu trách nhiệm tiếp tế vũ khí, đạn dược và

xe bọc thép cho các lực lượng tác chiến. (Chức năng của RAOC đã được mở rộng và hiện bao gồm thêm những việc ít hào nhoáng hơn như vận hành cơ sở tắm giặt di động và chụp ảnh cho lục quân.)

Trong quá trình huấn luyện, ông đã nắm được những điểm cơ bản của việc phá bom và các nhiệm vụ kỹ thuật khác, thể hiện khả năng kỹ thuật xuất sắc, do đó được cử đến Đại sứ quán Anh tại Washington, DC vào năm 1940 (một cách bí mật, mặc thường phục, vì lúc đó Mỹ vẫn chưa tham gia Thế chiến thứ II). Nhiệm vụ của ông chủ yếu là liên hệ với các nhà sản xuất đạn dược của Mỹ để chế tạo hỏa lực phù hợp với vũ khí của Anh.

Năm 1942, ông được giao một nhiệm vụ đặc biệt: tìm hiểu tại sao một số đầu đạn chống tăng của Mỹ lại ngẫu nhiên bị kẹt khi bắn từ súng của Anh. Ông tức tốc bắt tàu hỏa tới các nhà sản xuất ở Detroit, dành hàng tuần ở nhà máy tỉ mỉ đo đạc từng lô đạn, rồi chán nản nhận thấy tất cả các viên đạn đều vừa vặn hoàn hảo với súng và đáp ứng mọi quy cách kỹ thuật với độ chính xác tuyệt đối. Ông báo cáo với cấp trên ở London vấn đề không nằm ở nhà máy. Thế là London lệnh cho ông đi theo đạn dược đến nơi mà các chỉ huy đang loay hoay với những phát súng tịt khó hiểu, và đó là chiến trường ở sa mạc Bắc Phi.

Ông Povey, vác theo chiếc bao da khổng lồ đựng dụng cụ đo đạc, bay tới Bờ Đông. Đầu tiên, ông di chuyển trên các chuyến tàu chở đạn, chậm chạp đi qua các rặng núi và con sông ở phía Đông nước Mỹ, tới tận Philadelphia, nơi các đầu

đạn sẽ được chất lên tàu thủy. Mỗi ngày, ông đều đo vỏ đạn và nhận thấy cả viên lẩn vỏ đều giữ nguyên thiết kế ban đầu, vừa với nòng súng ở mỗi ga tàu y như khi chúng rời khỏi dây chuyền sản xuất. Sau đó, ông lên tàu thủy chở hàng.

Chuyến đi này hóa ra đầy gian nan: con tàu bị hỏng, bị đoàn hộ tống và tàu khu trục bảo vệ bỏ rơi, dễ dàng trở thành mục tiêu tấn công của tàu ngầm quân sự U-boat của Đức, và bị mắc kẹt trong một cơn bão ngoài khơi khiến tất cả thủy thủ đoàn say sóng nặng nề. Nhưng chính môi trường gian nan ấy đã cho phép Povey cha tìm ra lời giải cho câu đố.

Sự rung lắc dữ dội của con tàu hóa ra chính là nguyên nhân gây hư hại vỏ đạn. Đạn được xếp chồng lên nhau trong các thùng ở sâu trong khoang tàu. Khi con tàu rung lắc và nghiêng ngả trong cơn bão, những thùng ở rìa ngoài chồng, và chỉ những thùng đó, sẽ đập vào vách tàu.

Nếu va chạm nhiều lần và đầu đạn va vào vách khoang, toàn bộ phần đầu kim loại của vỏ đạn - đầu đạn, nói theo cách đơn giản - sẽ bị ăn ngược lại, có lẽ chỉ một phần rất nhỏ của 1 cm, vào trong vỏ đồng. Sự va đập này, nếu lặp lại nhiều lần, sẽ khiến vỏ đạn biến dạng, vành đế phồng lên một chút, mức độ biến dạng gần như khó nhìn thấy được bằng mắt thường, mà chỉ có thể phát hiện bằng những dụng cụ có độ nhạy cao trong bộ thước pan-me và đồng hồ đo của Povey.

Những vỏ đạn chịu những cú va đập như vậy sẽ không khớp với nòng súng trên chiến trường - và chúng sẽ phân bố ngẫu nhiên, bởi một khi tàu cập cảng và công nhân bốc vác dỡ các thùng xuống, đạn sẽ được chia ra và gửi tới các quân đoàn khác nhau, không ai biết trật tự của chúng. Hậu quả là hàng loạt phát súng tịt xảy ra hoàn toàn ngẫu nhiên.

Đó là một đánh giá súc tích và hàm chứa một giải pháp kiến nghị đơn giản: các nhà máy ở Detroit chỉ cần gia cố vách bìa và tấm gỗ của các thùng đạn được và thế là các vỏ đạn sẽ ra khỏi tàu nguyên vẹn, từ đó các súng chống tăng sẽ không còn bị tịt nòng nữa.

Povey đánh điện về London để báo cáo về những phát hiện của mình và đưa ra đề xuất. Ngay lập tức, ông được phong anh hùng, và theo phong cách thường hằng của quân đội, ông cũng ngay lập tức bị lãng quên. Ông bị bỏ mặc trên sa mạc, không những không nhận được mệnh lệnh mới nào mà còn bị nợ rất nhiều tiền lương do đã ở ngoài văn phòng Washington quá lâu.

Chắc hẳn là Sahara rất nóng nực, vì tới thời điểm này, diễn biến câu chuyện có phần biến động: Povey cha có vẻ đã chè chén tiệc tùng say sưa trong một thời gian dài trên sa mạc. Nhưng sau nhiều tuần đằng đẵng tận hưởng nắng ấm, ông quyết định phải quay về Mỹ. Vì thế, ông đã tìm đường quay lại bằng cách dùng các chai whisky Scotch làm của hối lộ. Ông đã dùng 11 chai Johnnie Walker để đi từ Cairo (qua một sân bay nhỏ tạm bợ, một trạm trung chuyển

kỳ lạ chẳng kém gì Timbuktu) tới Miami, sau đó, chỉ cần đi một quãng ngắn là dễ dàng tới được Washington.

Ở đó, ông nhận được tin dữ. Hóa ra vì đã ở châu Phi quá lâu và không có bất cứ liên lạc nào nên ông bị tuyên bố là mất tích và được cho là đã chết. Ông bị cắt mất nhiều quyền lợi, tủ cá nhân bị khóa, tất cả quần áo được sửa lại cho một người thấp bé hơn nhiều sử dụng.

Phải mất một thời gian thì sự cố lằng nhằng này mới được xử lý xong, và đến khi mọi thứ đã trở về bình thường, ông lại phát hiện toàn bộ đơn vị quân nhu của mình đã được điều chuyển tới Philadelphia - và thế là ông tức tốc lên đường.

Tại Philadelphia, ông đã gặp và đem lòng yêu cô thư ký người Mỹ của đơn vị. Hai người kết hôn và Povey (cha), không bao giờ tuân theo đạo Hindu ghi trên thẻ quân nhân, dành phần đời còn lại ở nước Mỹ mà không bao giờ bị khiển trách.

Và, như tác giả bức thư viết, một cách đầy bay bướm, “người phụ nữ đó là mẹ tôi, tôi có mặt trên đời này hoàn toàn là nhờ công nghệ chính xác.” Đó là lý do vì sao, anh viết tiếp, “ông phải viết cuốn sách này.”

**TRƯỚC KHI ĐI SÂU VÀO LỊCH SỬ** của công nghệ chính xác, chúng ta cần thảo luận về hai khía cạnh cụ thể của nó. Đầu tiên, nó xuất hiện trong mọi cuộc nói chuyện ngày nay - trên thực tế, công nghệ chính xác là phần không thể thiếu, không phải bàn cãi và dường như cực kỳ quan trọng của thời hiện đại ở mọi phương diện từ xã hội, thương mại, khoa học, cơ khí, cho đến kiến thức. Nó thâm nhập vào mọi nơi, mọi

ngóc ngách, mọi lĩnh vực của đời sống. Tuy nhiên, điều đáng chú ý thứ hai - có chút trớ trêu thay - là hầu hết chúng ta đang sống một cuộc sống phụ thuộc vào công nghệ chính xác như món ăn phụ thuộc vào hương liệu, gia vị, dầu mỡ, nhưng lại chỉ hiểu một cách mù mờ “chính xác” nghĩa là gì, và nó khác với những khái niệm nghe na ná ra sao - nhất là so với từ “chuẩn xác”, hoặc các từ “gần nghĩa” của nó như hoàn hảo, chẩn chu, đúng đắn hay phù hợp.

Không khó để chúng ta nhận ra sự hiện diện của công nghệ chính xác ở khắp mọi nơi.

Bạn chỉ cần nhìn xung quanh là hiểu. Chẳng hạn, hãy nhìn vào quyển tạp chí trên bàn trà của mình, đặc biệt là những trang quảng cáo. Chỉ trong vài phút, bạn có thể dựa vào những trang ấy xây dựng một lịch trình sơ bộ để tận hưởng một ngày tràn ngập “sự chính xác”.

Bạn khởi đầu ngày mới bằng cách làm sạch miệng với chiếc bàn chải chính xác của Colgate; nếu đã quen với các dòng sản phẩm của Gillette, bạn có thể dùng “dao cạo năm lưỡi chính xác” trong hộp dao mới Fusion5 ProShield Chill của hãng để giảm bớt cảm giác “dứt và giật” khi cạo râu, sau đó xén tỉa râu bằng chiếc máy cạo chính xác của Braun. Trước khi tới buổi hẹn đầu tiên với bạn gái mới quen, bạn hãy chắc chắn mình đã xóa tất cả các hình xăm ở bắp tay liên quan tới người yêu cũ bằng một chiếc máy được quảng cáo là không gây đau đớn và sử dụng “công nghệ xóa xăm bằng lazer” chính xác đã được cấp bằng sáng chế. Sau khi xóa sạch sẽ “dấu vết”, bạn có thể khoe cơ bắp, lấy lòng

nàng bằng cách dạo một khúc nhạc bằng chiếc guitar bass chính xác của Fender; hoặc trang bị bộ lốp chuyên dụng đi trên đường tuyết chính xác của Firestone cho chiếc xe của mình để đưa nàng đi chơi vào mùa đông mà không lo chiếc xe mất kiểm soát; gây ấn tượng với nàng bằng tài lái xe “điệu nghệ” trên đường cao tốc rồi khéo léo đậu xe ở lề đường với công nghệ hỗ trợ đỗ xe chính xác của Volkswagen; đưa nàng lên lầu và lắng nghe những bản nhạc êm dịu phát ra từ chiếc radio chính xác của Scott. Sau đó, nếu tuyết đã ngớt, hai bạn có thể chuẩn bị bữa tối ở sân sau nhờ chiếc bếp ngoài trời Big Green Egg được trang bị “hệ thống kiểm soát nhiệt độ chính xác”; cùng nhau mơ màng ngắm nhìn những cánh đồng ngô gần đó vừa mới gieo những hạt giống chính xác của Johnson Precision; và cuối cùng, dù bị đau đầu hay cảm thấy không khỏe khi tỉnh dậy vào buổi sáng, sau một đêm không ngủ, hãy yên tâm rằng bạn có thể trông cậy vào loại thuốc chính xác mới được bán ở Bệnh viện Giáo hội Trưởng lão New York.

Chỉ cần lấy ngẫu nhiên một tờ tạp chí trên chiếc bàn trà rồi mở ra xem, chúng ta sẽ thấy ngay các ví dụ đã nhắc tới ở trên. Và còn rất nhiều trường hợp khác nữa. Chẳng hạn, tôi từng đọc được rằng tiểu thuyết gia người Anh Hilary Mantel gần đây đã miêu tả Công nương tương lai của Anh Quốc, Kate Middleton, có dung mạo hoàn mỹ đến độ như thể cô “được chế tạo chính xác, được tạc nên bằng máy móc vậy”. Tất nhiên, cả Hoàng gia Anh và các kỹ sư đều không hài lòng với nhận định này, vì những điểm hoàn hảo ở vị Công nương xứ Cambridge, và thực chất ở bất kỳ con người nào

khác, chính là sự thiếu chính xác tất yếu do di truyền và dưỡng dục mang lại.

Từ “chính xác” được dùng ở trên với ý phê phán. Ngoài ra, nó còn được đưa vào tên của nhiều sản phẩm, được dùng để chỉ các đặc trưng chính trong chức năng hoặc kiểu dáng của các sản phẩm đó, và thường xuyên xuất hiện trong tên của các công ty sản xuất ra chúng. Nó cũng được mọi người dùng để mô tả cách sử dụng ngôn ngữ; cách tổ chức ý tưởng; cách ăn vận, viết chữ, thắt cà vạt, may quần áo, pha cocktail; cách cắt, thái, lạng thực phẩm – một bậc thầy sushi đã được ca tụng vì sự chính xác trong lưỡi dao khi lạng phần thịt ở bụng con cá ngừ (*toro*); cách ném bóng, trang điểm, thả bom, giải đố, bắn súng, vẽ chân dung, đánh máy, tranh luận và đưa ra đề nghị.

Có thể nói đây *chính xác* là điều phải chứng minh.

*Chính xác* (precision) và *chuẩn xác* (accuracy) là hai từ gần nghĩa, nhưng *chính xác* có tính ưu việt hơn, khôn khéo hơn hẳn trong các ví dụ nêu trên. “Xóa xăm bằng lazer chuẩn xác” nghe có vẻ kém thuyết phục hoặc kém hiệu quả; một chiếc xe được trang bị “công nghệ đỗ xe chuẩn xác” có thể khiến người ta ngờ vực nó hay va đụng vào tấm chắn bùn của những chiếc xe khác; “hạt ngô chuẩn xác” nghe khá nhạt nhẽo. Và khen một người “thắt cà vạt chuẩn xác” sẽ khiến đối phương cho rằng bạn đang tỏ ra trịch thượng – sẽ phải phép hơn nhiều nếu thay vào đó bạn nói anh ta thắt cà vạt thật chính xác.

TỪ *CHÍNH XÁC* (PRECISION), một danh từ dễ nghe và lôi cuốn (chủ yếu nhờ âm xuýt ở đầu âm tiết thứ ba) có nguồn gốc từ tiếng Latin, lần đầu tiên được sử dụng rộng rãi trong tiếng Pháp, sau đó được du nhập vào kho tàng từ vựng tiếng Anh vào đầu thế kỷ XVI. Ban đầu, từ này có nghĩa là “hành động chia tách hoặc cắt rời” - liên quan đến một từ khác cũng có nghĩa là “cắt bỏ”, *précis* (tóm lược) - ngày nay, không mấy ai còn dùng nó theo nghĩa này nữa<sup>[\*]</sup>: nghĩa phổ biến hiện nay của nó mà chúng ta dùng nhiều đến mức gần như rập khuôn, như được nêu trong *Từ điển Tiếng Anh Oxford*, là “đúng đắn và chuẩn xác”.

Do đó, từ *chính xác* và *chuẩn xác* thường được dùng lẫn với nhau, vì mọi người thường nghĩ hai từ này đều chỉ chung một thứ, nhưng thực chất, chúng không hẳn là đồng nghĩa.

Với những chủ đề cụ thể trong cuốn sách, chúng ta phải phân biệt hai từ này, vì đối với những kỹ sư làm việc trong ngành công nghệ chính xác, sự khác biệt giữa chúng rất quan trọng. Điều này nhắc nhở chúng ta tiếng Anh gần như không có các từ đồng nghĩa, mỗi từ trong tiếng Anh đều là duy nhất, thường có nghĩa rất hẹp, phù hợp với từng cảnh cụ thể. Đối với một số người, *chính xác* và *chuẩn xác* có sự khác biệt đáng kể về nghĩa.

Nguồn gốc Latin của hai từ này sẽ cho thấy sự khác biệt cơ bản giữa chúng. Từ nguyên của từ *chuẩn xác* (accuracy) liên quan nhiều với các từ Latin vốn có nghĩa là “cẩn thận, chú ý”; trong khi đó, từ *chính xác* (precision) có gốc rễ là một loạt từ cổ liên quan tới sự chia tách. “Cẩn thận, chú ý”

thoạt đầu có vẻ có liên hệ, dù khá xa xôi, với hành động chia cắt một cái gì đó. Còn *precision* có mối liên hệ gần gũi hơn với các từ như chi tiết, tỉ mỉ. Nếu mô tả thứ gì đó có tính chuẩn xác cao, bạn đang mô tả nó kỹ lưỡng hết sức có thể về bản chất và giá trị thật của nó. Nếu mô tả thứ gì đó có tính chính xác cao, bạn đang mô tả nó thật tỉ mỉ và chi tiết, tuy những chi tiết ấy chưa chắc đã phản ánh giá trị đích thực của đối tượng được mô tả.

Bạn có thể mô tả hằng số tỷ lệ giữa đường kính và chu vi của một đường tròn, tức số pi, với độ *chính xác* rất cao, chẳng hạn như 3,14159265 358979823846. Hoặc số pi có thể được biểu diễn ở mức độ *chuẩn xác* đến bảy chữ số thập phân: 3,1415927 – cách viết này có tính chuẩn xác chặt chẽ vì chữ số cuối cùng (7) là có thể chấp nhận được để làm tròn cho đuôi 65 (chú ý dấu cách tôi đã đưa vào trong dãy chữ số đầu tiên.)

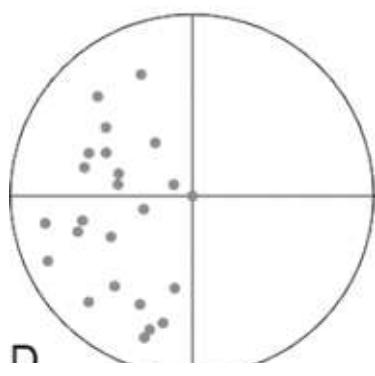
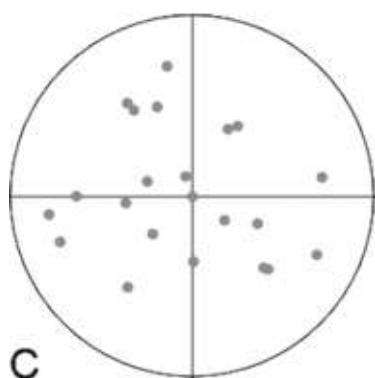
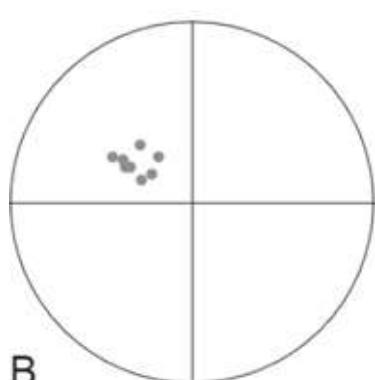
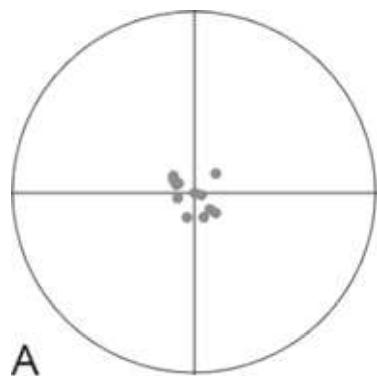
Một cách minh họa đơn giản hơn nữa là bia bắn súng ba vòng tròn. Giả sử bạn bắn sáu phát vào bia, và cả sáu phát đều trượt rất xa mục tiêu, thậm chí còn không được gọi là suýt soát – phát súng của bạn vừa không chính xác vừa không chuẩn xác.

Cũng có thể tất cả các phát bắn của bạn đều trúng vòng trong nhưng rải rác khắp nơi trên bia. Trong trường hợp này, bạn đã bắn rất chuẩn xác, điểm bắn rất gần với hồng tâm nhưng lại thiếu chính xác, vì các viên đạn nằm rải rác ở nhiều vị trí khác nhau trên bia bắn.

Hoặc tất cả các viên đạn đều rơi vào khoảng giữa vòng trong và vòng ngoài và nằm rất gần nhau, ở trường hợp này, bạn đã bắn rất chính xác nhưng không chuẩn xác lắm.

Cuối cùng, trong trường hợp lý tưởng nhất: tất cả các phát đạn đều quy tụ tại hồng tâm. Tức là bạn đã bắn vừa chính xác vừa chuẩn xác.

Trong mỗi trường hợp, dù là viết giá trị của số pi hay bắn vào bia, bạn sẽ được coi là đạt được sự chuẩn xác khi các kết quả thu được tiệm cận với giá trị mong muốn theo thời gian; mà ở đây là giá trị thực của hằng số hoặc hồng tâm của bia đạn. Ngược lại, bạn được coi là đạt được sự chính xác khi kết quả các lần đều giống nhau, khi các viên đạn găm trúng cùng một điểm sau nhiều lần bắn - dù kết quả có thể không nhất thiết phản ánh giá trị thực của mục tiêu kỳ vọng. Tóm lại, độ chuẩn xác phản ánh đúng ý định, còn độ chính xác chỉ phản ánh chính nó.



## Sự khác nhau giữa chuẩn xác và chính xác

Hình ảnh bia bắn cung cấp cho chúng ta một cách phân biệt dễ hiểu giữa chính xác và chuẩn xác. Ở hình A, tất cả các phát đạn đều nằm gần nhau và tập trung quanh hồng tâm: độ chính xác và chuẩn xác đều cao. Ở hình B có sự chính xác, nhưng do tất cả các phát bắn đều trượt hồng tâm nên nó có độ chuẩn xác thấp. Ở hình C, đạn phân bố rải rác, nên nó vừa không có sự chính xác, vừa không có sự chuẩn xác. Và ở hình D, một số viên đạn nằm tương đối gần nhau và một số khác nằm gần hồng tâm, nên nó có sự chính xác và chuẩn xác ở mức trung bình.

Phần giải thích trên có vẻ vẫn chưa giúp bạn phân biệt rạch ròi hai khái niệm này, nên tôi sẽ phải đưa thêm một khái niệm nữa để làm rõ hơn: đó là khái niệm dung sai (*tolerance*). Dung sai là một khái niệm đặc biệt quan trọng trong cuốn sách này cả về mặt tư tưởng và bối cục. Quan trọng về mặt bối cục vì nó là nguyên lý để bối cục nội dung sách. Vì xã hội hiện đại ngày nay đang không ngừng theo đuổi sự chính xác và chính xác hơn nữa, nên tôi đã sắp xếp các chương theo chiều dung sai giảm dần, bắt đầu từ những dung sai lớn như 0,1 và 0,01, cho tới những dung sai trông có vẻ buồn cười và nhỏ đến mức không tưởng mà một số nhà khoa học thời nay đã sử dụng - đó là những phép đo có sự chênh lệch cực kỳ nhỏ, cỡ 0,000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 01 gam, hay  $10^{-28}$  gam<sup>[\*]</sup>.

Nhưng nguyên lý này cũng khơi lên một câu hỏi mang tính triết học phổ biến hơn: tại sao? Tại sao phải cần đến những dung sai như thế? Liệu một cuộc chạy đua hướng đến độ chính xác ngày càng cao thực sự sẽ có lợi cho xã hội?

Phải chăng chúng ta đang thần thánh hóa sự chính xác, liên tục làm ra những thứ có dung sai vượt quá sức tưởng tượng chỉ đơn giản vì chúng ta có khả năng hoặc tin mình cần làm như vậy? Đó là những câu hỏi để dành cho sau này, nhưng chúng cho thấy chúng ta phải định nghĩa dung sai để hiểu rõ khía cạnh độc đáo này của công nghệ chính xác, giống như hiểu về chính công nghệ chính xác vậy.

Dù trước đó tôi đã nói một người có thể chính xác trong cách sử dụng một ngôn ngữ hoặc chuẩn xác khi vẽ một bức tranh, cuốn sách chủ yếu sẽ thảo luận về các thuộc tính này trong khuôn khổ sản xuất, và phần lớn các trường hợp là những đối tượng được sản xuất bằng cách thao tác trên các vật liệu cứng: kim loại, thủy tinh, gốm sứ... trừ gỗ. Tuy chúng ta rất thích chiêm ngưỡng những đồ nội thất và kiến trúc đền thờ tinh xảo làm từ gỗ, và ngưỡng mộ sự chuẩn xác trong việc bào gỗ cũng như sự chính xác giữa các khớp nối, nhưng khái niệm chính xác và chuẩn xác không bao giờ có thể áp dụng một cách nghiêm ngặt vào những đồ vật làm bằng gỗ - vì gỗ rất linh hoạt; nó nở ra và co lại theo những cách khó đoán; nó không có kích thước cố định vì bản chất của nó là vật liệu tự nhiên. Dù được bào, ghép nối, chà nhám hay phay, hoặc được đánh véc-ni sáng bóng, về cơ bản thì gỗ không có sự chính xác.

Tuy nhiên, một mẫu kim loại được gia công bằng máy ở cấp độ cao hay một thấu kính thủy tinh được đánh bóng hoặc một cạnh của sứ nung thì khác - chúng có thể được sản xuất với độ chính xác tuyệt đối và lâu bền, và nếu quá

trình sản xuất không có sai sót, chúng có thể được sản xuất lặp đi lặp lại, tất cả y hệt nhau và có thể thay thế cho nhau.

Bất kỳ mẫu kim loại (thủy tinh hay sứ) được gia công nào cũng đều phải có cả tính chất vật lý và hóa học: khối lượng, mật độ, hệ số giãn nở, độ cứng, nhiệt dung riêng và các tính chất khác. Nó cũng phải có kích thước: chiều dài, chiều cao, chiều rộng. Nó phải có các tính chất hình học: độ thẳng, độ phẳng, độ tròn, độ trụ, độ vuông góc, độ đối xứng, độ song song và vị trí – tất cả đều phải đo lường được, bên cạnh vô số thuộc tính ít quen thuộc hơn.

Tất cả các kích thước và tính chất hình học này của mẫu kim loại phải đạt đến một mức độ nhất định của cái mà chúng ta gọi là “dung sai”<sup>[\*]</sup>. Nó phải có dung sai ở mức độ nào đó để có thể lắp vào bên trong một cái máy, dù cái máy đó là chiếc đồng hồ, cây bút bi, động cơ phản lực, kính viễn vọng hay hệ thống dẫn hướng ngư lôi. Dung sai sẽ chẳng có nhiều ý nghĩa nếu chi tiết gia công hoạt động riêng lẻ. Nhưng để khớp nối mẫu kim loại này với một miếng kim loại được gia công tinh xảo khác, nó phải có một lượng biến thiên về kích thước và tính chất hình học phù hợp trong mức cho phép. Sự biến thiên trong phạm vi cho phép đó được gọi là dung sai, và gia công càng chính xác thì dung sai càng phải nhỏ.

Ví dụ, giày là một thứ có dung sai lớn: một mặt/ một chiếc giày gia công kém có thể có “mức độ biến đổi cho phép theo thỏa thuận hoặc được công bố về các kích thước của nó” (định nghĩa chính thức về dung sai của các kỹ sư) là 1 cm,

với một khoảng xê dịch giữa bàn chân và lót giày lớn đến mức từ “chính xác” không còn ý nghĩa gì ở đây nữa. Mặt khác, một chiếc giày được làm thủ công bởi Lobb ở London có vẻ vừa vặn với bàn chân, hoàn hảo và rất chính xác, nhưng nó vẫn có dung sai rời vào khoảng 0,32 cm - đối với một chiếc giày, dung sai như thế là chấp nhận được, và chiếc giày sẽ được khách hàng mang vào chân đầy hạnh diện. Nhưng về phương diện công nghệ chính xác mà nói, nó không phải là thứ được chế tạo chính xác hay chuẩn xác<sup>[\*]</sup>.

CON NGƯỜI CHÚNG TA đã sản xuất được hai dụng cụ đo lường chính xác nhất. Một trong hai dụng cụ đó hiện đang được đặt cách xa nhịp sống hối hả của vạn vật, ở vùng Tây Bắc Thái Bình Dương của nước Mỹ, cụ thể hơn là ở miền Trung khô cằn và cô quạnh của bang Washington. Nó được chế tạo ngay bên ngoài một căn cứ hạt nhân tối mật, nơi Hoa Kỳ sản xuất đợt plutoni đầu tiên cho quả bom sẽ hủy diệt thành phố Nagasaki. Trong nhiều thập kỷ, plutoni là vật liệu cốt yếu để sản xuất vũ khí nguyên tử của nhiều quốc gia.

Khu vực này đã thực hiện các hoạt động hạt nhân trong nhiều năm, để lại một lượng phóng xạ tồn đọng lớn: từ các thanh nhiên liệu cũ tới những trang phục nhiễm phóng xạ, mà chỉ cho tới gần đây mới bắt đầu được xử lý sau khi dư luận kịch liệt lên án - hay là được *hoàn nguyên* như cách nói của các nhà môi trường học. Ngày nay, Hanford là khu vực hoàn nguyên môi trường lớn nhất thế giới, với chi phí khử nhiễm lên tới hàng chục tỷ đô-la và công tác xử lý có thể kéo dài đến tận giữa thế kỷ XXI.

Lần đầu tôi đi ngang qua đó là vào một đêm rất khuya, sau một quãng đường dài chạy xe từ Seattle. Trên chiếc xe đang lao về phương nam, tôi nhìn thấy ánh sáng lấp ló xa xa. Đằng sau những hàng rào dây thép gai, biển cảnh báo và lực lượng bảo vệ có vũ trang, khoảng 11.000 nhân công đang lao động suốt ngày đêm để khử phóng xạ độc hại đầy rẫy trong đất và nước. Có ý kiến cho rằng công tác này quá lớn để có thể hoàn thành một cách chuẩn chỉ.

Về phía nam của khu khử nhiễm chính, ngay bên ngoài hàng rào thép gai nhưng vẫn có thể thấy được những tòa tháp hạt nhân còn lại đứng sừng sững, đang diễn ra một thí nghiệm vĩ đại bậc nhất của khoa học hiện đại. Đó là một thí nghiệm không hề bí mật, không để lại bất kỳ di sản độc hại nào, và đòi hỏi phải sản xuất và sử dụng những máy móc và dụng cụ chính xác nhất trong lịch sử nhân loại.

Đó là một nơi chân phương, không thu hút sự chú ý. Tôi tới đó vào một buổi sáng theo lịch hẹn trước, vẫn còn mệt mỏi sau một đêm dài lái xe. Trời lạnh; đường xá vắng tanh, các ngã rẽ không được đánh dấu. Một tấm biển nhỏ ở phía bên trái chỉ tới một cụm các tòa nhà thấp màu trắng cách mặt đường gần 100m. Tấm biển đề dòng chữ “LIGO”. “CHÀO MỪNG”. Chỉ có thế. Nó hoàn toàn có thể nói rõ hơn như sau: Chào mừng tới đền thờ của công nghệ chính xác.

Các nhà khoa học đã dành hàng thập kỷ để thiết kế các dụng cụ khoa học trong bí mật ở nơi đồng không mông quạnh này. “Chúng ta an toàn vì không ai để ý đến chúng ta” là phương châm quen thuộc dành cho những người lo

lắng về chuyện những thiết bị đắt đỏ được để ở đó mà chẳng có lấy một đoạn rào xích hay thép gai bao bọc. Các cỗ máy tại LIGO có dung sai nhỏ đến mức khó tin, và độ chính xác của các cấu phần của chúng cao đến mức chưa từng xuất hiện các vật thể đạt đến mức độ chính xác như thế ở bất cứ đâu trên Trái Đất.

LIGO là một đài quan trắc, viết tắt của Lazer Interferometer Gravitational Wave Observatory (Đài quan trắc sóng hấp dẫn bằng giao thoa kế laze). Chức năng của thiết bị đắt tiền, phức tạp và siêu nhạy này là phát hiện những đứt đoạn, biến dạng và gợn sóng xuyên qua kết cấu của không-thời gian, hay còn được gọi là sóng hấp dẫn, một hiện tượng mà Albert Einstein đã tiên đoán vào năm 1919 dựa trên thuyết Tương đối rộng của ông.

Nếu Einstein đoán đúng, những gợn sóng ở các ngôi sao khác nhau sẽ lan ra với tốc độ ánh sáng khi những sự kiện kỳ vĩ xảy ra đâu đó trong không gian sâu (chẳng hạn như sự va chạm giữa hai lỗ đen), và cuối cùng sẽ va vào Trái đất rồi nhanh chóng rời đi, khiến toàn bộ hành tinh bị biến dạng, ở một mức độ vô cùng nhỏ và trong một khoảnh khắc vô cùng ngắn.

Không có sinh vật nhạy cảm nào có thể cảm nhận được hiện tượng trên; và sự biến dạng của Trái Đất vi tế và chóng vánh đến mức nó sẽ không để lại bất kỳ dấu vết gì ở bất kỳ máy móc hay thiết bị nào trừ LIGO, chí ít thì lý thuyết là vậy. Sau hàng chục năm được thử nghiệm với những thiết bị được tinh chỉnh theo thời gian và ngày càng nhạy, cuối cùng

những thiết bị hiện tại đang hoạt động trên sa mạc vùng Tây Bắc của bang Washington và vùng vịnh ở Louisiana - nơi đài quan trắc thứ hai được xây dựng, đã đem tới kết quả.

Sau gần một thế kỷ kể từ lần đầu tiên Einstein công bố Thuyết tương đối, tháng 9 năm 2015, các dụng cụ của LIGO đã phát hiện bằng chứng vững chắc về một loạt sóng hấp dẫn. Chúng đã ghi nhận sự tồn tại của sóng hấp dẫn lần thứ hai vào ngày Giáng sinh cùng năm, và lần thứ ba vào năm 2016. Sóng hấp dẫn đã xuất hiện sau hàng tỷ năm lan truyền từ ngoại biên của vũ trụ, đi qua và xuyên qua Trái Đất, và trong một khoảnh khắc ngắn ngủi, chúng đã làm biến đổi hình dạng hành tinh của chúng ta.

**ĐỂ PHÁT HIỆN ĐƯỢC SÓNG HẤP DẪN**, các máy móc LIGO phải đạt đến tầm mức hoàn hảo về cơ học mà chỉ vài năm trước được coi là bất khả thi và trước đó nữa còn nằm ngoài trí tưởng tượng của con người, chứ đừng nói là sẽ đạt được. Bởi trước đây chưa từng tồn tại sự tinh tế, nhạy bén và chính xác đến nhường ấy. Công nghệ chính xác không phải là thứ đã tồn tại từ ngàn xưa, lặng lẽ chờ đợi con người khám phá và được sử dụng vì lợi ích chung của nhân loại. Không phải thế.

Chính xác là khái niệm được tạo ra có chủ ý, xuất phát từ nhu cầu duy nhất và phổ quát của con người. Nó được sinh ra từ những nhu cầu thực tiễn - những nhu cầu không liên quan gì tới ước mơ của thế kỷ XXI: kiểm chứng sự tồn tại của những rung động do những cú va chạm giữa các vì sao xa xôi tạo ra. Thay vào đó, nó phát sinh từ một nhận thức

đầy thực tế của thế kỷ XVIII về một vấn đề vật lý cấp thiết: tiềm năng lớn lao của một dạng vật chất mà từ rất lâu trước đó đã được biết tới với cái tên *hở nước*.

Công nghệ chính xác ra đời vì con người mong muốn nắm giữ, kiểm soát và điều khiển thứ hơi này, thứ khí vô hình được sản sinh từ nước đun sôi để có thể tạo ra năng lượng và sử dụng năng lượng ấy để phục vụ lợi ích của toàn nhân loại.

Ước vọng ấy, mơ mộng ấy, một trong những bản hùng ca phi thường nhất trong giới công nghệ, đã diễn ra tại Bắc Wales vào một ngày tháng 5 mát mẻ năm 1776 – một điều ngẫu nhiên là chỉ vài tuần sau đó, Hoa Kỳ được thành lập, nơi mà công nghệ chính xác được triệt để phát huy trong tương lai.

Ngày mùa xuân ấy giờ đây được đa số mọi người đồng ý coi là ngày ra đời của công trình đầu tiên sở hữu mức độ chính xác cơ học thực và có thể tái tạo độ chính xác có thể đo lường, ghi lại, lặp lại và trong trường hợp này, nó có dung sai là 0,254 cm, tương đương với độ dày của một đồng shilling Anh.

## Chương 1 - Các vì sao, giây, xi lanh và hơi nước

Dung sai: 0,01

*Dấu hiệu của một bộ óc thông thái là biết thỏa mãn với độ chính xác phù hợp với bản chất của đối tượng, thay vì đòi hỏi sự tỉ mỉ thái quá trong khi chân lý chỉ có thể được biết một cách đại khái.*

- Aristotle (384-322 TCN), Nicomachean Ethics (tạm dịch: Đạo đức luận)

Người đàn ông được cộng đồng kỹ sư tôn vinh là cha đẻ của công nghệ chính xác là John Wilkinson, một người Anh sống trong thế kỷ XVIII. Người đời nhạo báng ông là “một gã điên đáng yêu” vì niềm đam mê đến ám ảnh của ông đối với sắt kim loại, ông đóng một con thuyền sắt, dùng bàn làm việc sắt, dựng bức giảng kinh bằng sắt, yêu cầu được chôn cất trong quan tài sắt mà ông cất trong xưởng (và sẽ nấp trong đó để nhảy ra trêu đùa các quý cô tới viếng thăm), và được tưởng niệm bằng một cột sắt mà ông đã dựng trước khi qua đời tại một ngôi làng hẻo lánh ở miền Nam Lancashire.

Song, có ý kiến cho rằng trước Wilkinson “Cuồng Sắt” – biệt danh mà người ta hay gọi ông, đã có những người khác cũng xứng đáng được tôn là cha đẻ của công nghệ chính xác không kém gì ông. Một trong số đó là người thợ đồng hồ thiếp kỷ trước đó, ông đã chế tạo được những thiết bị đo thời gian gần như hoàn hảo. Một người nữa – những ai cho rằng

công nghệ chính xác ít nhiều là sản phẩm của thời hiện đại hẳn sẽ bất ngờ với điều này - là một thợ thủ công vô danh ở thời Hy Lạp cổ đại sống trước thời Harrison khoảng hai ngàn năm, tác giả của những tạo vật thủ công có độ chính xác cao mà một nhóm ngư dân lặn tìm bọt biển phát hiện ở dưới đáy biển Địa Trung Hải đầu thế kỷ XX.

Nhóm ngư dân Hy Lạp lặn ở vùng nước ấm phía Nam bán đảo Peloponnese, như thường lệ vẫn kiếm được dư dả bọt biển ở gần hòn đảo nhỏ Antikythera. Nhưng lần này, họ còn tìm thấy những thứ khác: những chiếc cột và xà bị gãy của một xác tàu đắm, khả năng cao là một con tàu chở hàng từ thời La Mã. Giữa những thanh gỗ mục gãy, họ tìm được một chiến lợi phẩm trong mơ đối với một thợ lặn: một lượng lớn tác phẩm nghệ thuật và vật dụng xa xỉ. Bí ẩn hơn, cùng với những kho báu này, có một đồ vật làm bằng đồng và gỗ đã bị ăn mòn và vôi hóa, kích thước cỡ cuốn danh bạ điện thoại, thoạt đâu được đánh giá là không có mấy giá trị khảo cổ.

Nhưng sau hai năm nằm khô quắt lại và bị lãng quên trong một ngăn kéo ở Athens, cái cục tẩm thường đó đã tự vỡ thành ba mảnh, đan cài khéo léo hơn 30 bánh răng kim loại trước con mắt kinh ngạc của tất cả mọi người. Một trong số những bánh răng đó có đường kính gần bằng vật thể bí ẩn, những bánh răng khác không rộng quá 1cm. Tất cả đều có những bánh răng hình tam giác được cắt thủ công - bánh nhỏ nhất có 15 răng; bánh to nhất có 223 răng, một con số mà hồi đó người ta chưa lý giải được. Có vẻ tất cả các bánh răng đều được cắt từ một tấm đồng duy nhất.

Nỗi sững sốt nhanh chóng biến thành sự ngỡ vực, băn khoăn và sợ hãi, bởi cộng đồng khoa học đơn giản không thể tin đến cả những nghệ nhân tài năng nhất thời Hy Lạp cổ đại cũng có khả năng tạo ra một vật như vậy. Thế là trong gần nửa thế kỷ, cỗ máy ghê gớm này - nếu nó đúng là một cỗ máy - lại bị “phong ấn”, bảo vệ và kiểm soát ngặt nghèo như một mầm bệnh chết chóc. Nó được đặt tên là “cỗ máy Antikythera”, theo tên hòn đảo nằm giữa Crete và cụm đảo phía Nam của Hy Lạp lục địa, nơi người ta phát hiện ra nó. Sau đó, nó đã bị ngầm xóa sổ khỏi lịch sử khảo cổ học của Hy Lạp, một ngành vốn chỉ ưa làm việc với những thứ quen thuộc như bình lọ, đồ trang sức, vò hai quai, đồng xu, tượng đá cẩm thạch hoặc đồng sáng. Chỉ có một vài cuốn sách mỏng và nhỏ được xuất bản thảo luận về thiết bị này, tuyên bố nó là một loại thước trắc tinh hoặc cung thiên văn. Còn lại thì nó gần như không nhận được bất kỳ sự chú ý nào.

Phải đến năm 1951, Derek Price, một sinh viên trẻ tuổi người Anh nghiên cứu về lịch sử và tác động xã hội của khoa học, mới được tiếp cận cỗ máy Antikythera. Trong hai thập kỷ tiếp theo, anh đã dùng tia X và tia gamma để phân tích cổ vật bị vỡ, với hơn 80 mảnh nhỏ mới được tìm thấy bên cạnh ba cấu phần chính, nhằm vén bức màn bí ẩn bị chôn vùi suốt hai ngàn năm. Cuối cùng, Price kết luận cỗ máy này phức tạp và quan trọng hơn nhiều một thước trắc tinh thông thường - khả năng cao nó là trái tim đang đập của một công cụ điện toán bí ẩn có cấu trúc cơ học đặc biệt phức tạp, một cỗ máy được chế tạo vào thế kỷ II TCN và chắc chắn là sản phẩm của một thiên tài kiệt xuất.

Công việc của Price trong những năm 1950 bị hạn chế bởi công nghệ thời đó không có khả năng soi chiếu vào bên trong thiết bị bí ẩn. Phải đến 20 năm sau, khi công nghệ chụp cộng hưởng từ MRI ra đời, tất cả mọi thứ mới thay đổi. Nhờ đó, vào năm 2006, hơn 100 năm sau khi những ngư dân khai thác bọt biển tìm thấy cổ vật, một bài báo đã được đăng trên tạp chí *Nature* trình bày phân tích chi tiết và công phu hơn nhiều về cỗ máy Antikythera.

Nhóm tác giả bài báo, bao gồm các nhà nghiên cứu chuyên sâu từ nhiều nơi trên thế giới, đã kết luận: thứ mà các thợ lặn Hy Lạp trực vớt là phần còn lại của một thiết bị cơ học thu nhỏ được bọc kín trong một lớp vỏ, về bản chất giống với một chiếc máy tính analog với các mặt số, kim đồng hồ, thậm chí cả hướng dẫn sử dụng cơ bản, dùng để “tính toán và hiển thị các thông tin thiên văn, đặc biệt là các chu kỳ như các tuần trăng và lịch mặt trăng-mặt trời”. Hơn thế nữa, những chữ cái rất nhỏ được viết bằng tiếng Hy Lạp Corinth khắc trên mặt đồng của cỗ máy -tổng cộng có 3.400 ký tự, tất cả đều có kích thước tính bằng milimét - cho thấy các bánh răng, một khi khớp với nhau và được vặn dây cót bên ngoài hộp, còn có thể dự đoán sự chuyển động của năm hành tinh khác mà người Hy Lạp cổ đại hồi đó biết tới<sup>[\*]</sup>.

Một nhóm người hâm mộ ít ỏi nhưng cuồng nhiệt đã xây dựng các mô hình hoạt động của thiết bị có một không hai này bằng gỗ và đồng thau, ở một trong các mô hình đó, các cấu phần đồng bên trong đã tiếp tục giãn nở và phát nổ như trong một ván cờ đam ba chiều, khiến các lớp thủy tinh hữu cơ trong suốt bao quanh bị vỡ. Chính số răng trên các bánh

là mạnh mẽ đầu tiên giúp các nhà nghiên cứu đoán định chức năng của cỗ máy. Chẳng hạn, dựa trên thực tế bánh răng lớn nhất có 223 răng, các nhà nghiên cứu đã nhớ lại rằng những nhà thiên văn học của Babylon vốn là những người quan sát bầu trời sắc sảo nhất của thế giới cổ đại, từng tính toán các đợt nguyệt thực thường cách quãng 223 kỳ trăng tròn. Như vậy, người ta có thể sử dụng thiết bị đặc biệt này để dự đoán thời gian xảy ra nguyệt thực (cũng như các bánh răng và tổ hợp bánh răng khác sẽ xoay chiếc kim trên mặt số để thể hiện các tuần và nhiễu loạn thiên thể). Đồng thời, nó còn có chức năng tầm thường hơn là đếm ngày tổ chức các sự kiện thể thao của cộng đồng, đáng chú ý nhất là Olympic của thời cổ đại.

Các nhà nghiên cứu ngày nay nhận định cỗ máy được chế tác rất tinh xảo, “một số thành phần được làm ra với độ chính xác lên tới vài phần mươi của 1 mm”. Chỉ bằng ước tính đó, cỗ máy Antikythera dường như có thể được coi là thiết bị chính xác nhất - và quan trọng hơn với phần giới thiệu câu chuyện này, có lẽ nó là dụng cụ chính xác đầu tiên mà con người từng chế tạo.

Song nhận định này có một lỗ hổng hớn. Khi được kiểm nghiệm bằng mô hình hiện đại, thiết bị này hóa ra lại thiếu chính xác đến mức đáng thất vọng, đáng xấu hổ và vô dụng. Một trong những chiếc kim, được cho là chỉ vị trí của Sao Hỏa thường xuyên bị lệch đến 38 độ so với thực tế. Alexander Jones, Giáo sư cổ học thuộc Đại học New York, có lẽ là người viết nhiều nhất về cỗ máy Antikythera, đã mô tả sự phức tạp của nó là sản phẩm của “một kỹ nghệ thủ công

còn non trẻ và đang phát triển nhanh chóng” và là kết quả của “những quyết định thiết kế thiếu khôn ngoan”. Nói tóm lại, các tác giả của cỗ máy đã có “một tạo tác tuyệt diệu, nhưng không phải là một phép màu hoàn hảo”.

Cỗ máy này vẫn còn một khía cạnh khó hiểu khiến các sử gia khoa học băn khoăn đến tận ngày nay: tuy cỗ máy có một tổ hợp các bánh răng cực kỳ phức tạp như một chiếc đồng hồ, nhưng người xưa dường như không hề nghĩ đến việc dùng nó làm đồng hồ.

Tất nhiên là khi nhìn về quá khứ, chúng ta dễ bị thôi thúc muốn quay ngược thời gian để bảo người Hy Lạp cổ đại đừng bỏ qua những thứ dường như là hiển nhiên với chúng ta. Thực ra, người Hy Lạp cổ đại đã đếm thời gian bằng nhiều thiết bị khác, phổ biến nhất là đồng hồ mặt trời, đồng hồ nước, đồng hồ cát, đèn dầu với vạch thời gian khắc ở bầu dầu, và nến cháy chậm với vạch thời gian trên thân cây nến. Và dù người Hy Lạp sở hữu các phương tiện cần thiết để có thể chế tác các bánh răng đồng hồ (như cỗ máy Antikythera) và biến chúng thành công cụ đo thời gian, họ lại không bao giờ làm điều đó. Không ai nghĩ đến chuyện này cả. Người Hy Lạp không nghĩ đến điều đó. Người Ả Rập đi sau họ cũng không nghĩ đến. Các nền văn minh phương Đông vĩ đại cũng không nghĩ đến. Phải đến nhiều thế kỷ sau, đồng hồ cơ mới ra đời và hiện hữu ở khắp nơi, nhưng một khi đã xuất hiện, sự chính xác sẽ là thành phần thiết yếu nhất của chúng.

Trong suốt thế kỷ XIV, nhiều người tuyên bố chức năng sau cùng của đồng hồ cơ là thể hiện giờ và phút, nhưng đây là điểm bất thường trong thời điểm đó (xét từ quan điểm hiện đại của chúng ta) vì đó chỉ là chức năng phụ mà thôi. Đồng hồ cơ xuất hiện lần đầu tiên vào thời trung cổ, sử dụng những bộ truyền bánh răng phức tạp tương tự như cỗ máy Antikythera với những vật trang trí và mặt đồng hồ được chế tác đẹp mắt, nhằm hiển thị thông tin thiên văn – chí ít thì chức năng này cũng không kém phần quan trọng so với chức năng hiển thị thời gian. Dường như ở thời đó, sự di chuyển của các thiên thể trên bầu trời được coi trọng hơn sự trôi đi theo mũi tên một chiều của thời gian, mà Newton gọi là “khoảng thời gian” (duration).

Điều này có lý do của nó. Tự nhiên vốn đã ban cho con người một khung thời gian với các mốc như bình minh, giữa trưa và hoàng hôn – cho phép chúng ta biết khi nào phải thức dậy và đi làm, lúc nào được nghỉ ngơi, quét mồ hôi rồi uống ngụm nước, và đâu là thời điểm để ăn rồi chuẩn bị đi ngủ. Những mốc thời gian chi tiết hơn (xét cho cùng, đó là do con người tự tạo ra), như bây giờ là 6 giờ 15 phút sáng hay 12 giờ kém 10 phút đêm, thực ra không quan trọng lắm. Còn việc chuyển động của các thiên thể là mệnh lệnh của thánh thần, vì thế mang ý nghĩa tâm linh lớn lao. Do đó, nó xứng đáng được đầu tư công sức hơn, xứng đáng được theo dõi một cách công phu và cầu kỳ hơn những thông tin về giờ giấc.

Nhưng cuối cùng, tầm quan trọng của giờ và phút cũng tăng dần và trở thành chức năng chính của đồng hồ, và

đồng hồ trở thành cỗ máy đếm thời gian. Nếu người cổ đại phải ngửa cổ nhìn trời để đoán giờ, ngày nay có vô số thiết bị đã làm nhiệm vụ ấy thay con người.

Tu viện là nơi đầu tiên sử dụng đồng hồ đo thời gian vì các tu sĩ phải thức dậy và cầu nguyện theo các giờ kinh, từ Kinh cầu nguyện buổi sáng sớm (Matins), Kinh cầu nguyện lúc 9 giờ sáng (Compline by way of Terce), cho tới Kinh cầu nguyện buổi trưa (None) và Kinh cầu nguyện buổi chiều (Vespers). Khi nhiều ngành nghề khác nhau bắt đầu xuất hiện trong xã hội (chủ cửa hiệu, văn thư, doanh nhân bận rộn đi họp, giáo viên đi dạy theo thời khóa biểu nghiêm ngặt, công nhân làm ca), nhu cầu đo đếm thời gian bằng các con số ngày càng trở nên cấp thiết. Những nông dân làm lụng ngoài đồng có thể dựa vào tiếng chuông nhà thờ xa xa để đoán giờ, nhưng những thị dân sắp sửa trễ hẹn cần biết còn bao nhiêu phút nữa là đến “giờ hẹn” (một cụm từ mới bắt đầu phổ biến vào thế kỷ XVI, thời điểm đồng hồ cơ được lắp ở khắp các khu vực công cộng).

Trên đất liền, ngành đường sắt là nơi sử dụng đồng hồ nhiều nhất, thậm chí có thể nói là nơi xác định thời gian cho cộng đồng. Chiếc đồng hồ khổng lồ là thứ được nhìn đến nhiều hơn cả trong ga tàu; hình ảnh người lái tàu kiểm tra đồng hồ bỏ túi (hiệu Elgin, Hamilton, Ball hoặc Waltham) để lại một dấu ấn văn hóa sâu đậm. Thời gian biểu có tầm quan trọng không khác gì Kinh thánh trong mọi thư viện và một số gia đình; khái niệm múi giờ và ứng dụng của chúng trong bản đồ đều bắt nguồn từ vai trò của đường sắt trong xã hội.

Song, trước khi ngành đường sắt ra đời với những đòi hỏi về thời gian, đã có một ngành khác phụ thuộc hơn cả vào chuyên đo thời gian chính xác. Đó là một ngành đã bùng nổ nhanh chóng vào thế kỷ XV, sau khi người châu Âu khám phá ra châu Mỹ và các tuyến thương mại tới phương Đông được hợp nhất: ngành vận tải biển.

Việc xác định phương hướng trên đại dương bao la không dấu mốc là yếu tố sống còn đối với ngành hàng hải. Bị lạc trên biển nếu không dẫn đến cái chết thì cũng cực kỳ hao tiền tốn của. Hơn nữa, để xác định phương hướng sẽ đi, chúng ta phải xác định chính xác vị trí của con tàu ở mọi thời điểm, mà khả năng đó phụ thuộc phần nào vào việc biết chính xác thời điểm lên tàu, thậm chí quan trọng hơn là thời gian chính xác của một điểm tham chiếu ổn định trên quả địa cầu. Vì vậy, các nhà chế tạo đồng hồ hàng hải được yêu cầu phải tạo ra những chiếc đồng hồ chính xác nhất<sup>[\*]</sup>.

Và không ai tận tụy hướng đến sự chính xác cao độ ấy hơn người thợ mộc đến từ Yorkshire mà sau này trở thành người thợ đồng hồ vĩ đại nhất của nước Anh và có lẽ của cả thế giới: John Harrison, người đã trao cho các thủy thủ một công cụ tin cậy để xác định kinh độ của con tàu - thành tựu nổi bật nhất của ông. Ông đã dụng công chế tác một dòng đồng hồ treo tường và đồng hồ bỏ túi có độ chính xác phi thường, chỉ sai lệch vài giây sau nhiều năm trời, bất kể biển cả có đổi xử khắc nghiệt với nó đến đâu đi chăng nữa trong buồng lái tàu. Năm 1714, Hội đồng Kinh độ (Board of Longitude) đã chính thức được thành lập tại London, treo phần thưởng trị giá 20.000 bảng cho bất cứ ai có thể xác

định kinh độ với sai số không vượt quá 30 dặm biển. Chính John Harrison, người dành cả cuộc đời cho một công việc phi thường với năm bản thiết kế đồng hồ, đã giành được tiền thưởng.

Di sản của Harrison hiện vẫn được coi là báu vật. Đài quan trắc Hoàng gia Greenwich nằm trên một ngọn đồi có tầm nhìn rộng ra xung quanh, nhìn ra Bảo tàng Hàng hải ở phía Đông London. Cứ đến bình minh, người giám tuyển của Đài quan trắc lại đến lèn dây cót cho ba chiếc đồng hồ vĩ đại mà ông và các nhân viên hay gọi là “anh em nhà Harrison”. Khi lèn dây cót, ông đã thực hiện nhiều nghi thức trang trọng bởi ông ý thức rõ được về tầm quan trọng mang tính lịch sử to lớn của ba chiếc đồng hồ này và một chiếc đồng hồ nữa cũng thuộc “gia đình Harrison” nhưng không được lèn dây cót. Mỗi chiếc là một nguyên mẫu của đồng hồ đi biển hiện đại, một thiết bị cứu sống vô số thủy thủ vì đã giúp các tàu xác định chính xác vị trí của nó trên biển. (Trước khi đồng hồ đi biển ra đời, trước khi thuyền trưởng có thể biết vị trí chính xác của họ, các con tàu thường xuyên đâm vào những hòn đảo và mũi đất thình lình hiện ra phía trước. Trên thực tế, thảm họa va đụng ngoài khơi bờ biển Cornish của hạm đội do đô đốc Cloutesley Shovell chỉ huy vào năm 1707 [dẫn đến cái chết của vị đô đốc cùng 2.000 thủy thủ tùy tùng] đã buộc Chính phủ Anh phải suy nghĩ nghiêm túc về công tác tính toán kinh độ - thành lập Hội đồng Kinh độ và treo thưởng bằng tiền mặt - từ đó dẫn đến sự ra đời của một gia đình nhỏ những chiếc đồng hồ được lèn dây cót vào mỗi buổi bình minh ở Greenwich.)

Tầm quan trọng lớn lao của những chiếc đồng hồ Harrison này còn được thể hiện qua nhiều bằng chứng khác nữa. “Anh em nhà Harrison” và các thế hệ “con cháu” đã cho phép các con tàu biết được vị trí của chúng và thiết lập hành trình hiệu quả, chuẩn xác và chính xác, tạo ra những khối của cải vốn chưa được biết đến trước đó nhờ các hoạt động thương mại. Và dù nói ra điều này cũng không còn sức nặng nữa, nhưng chính nhờ những chiếc đồng hồ Harrison này - do người Anh sáng chế, và hậu duệ của những chiếc đồng hồ đó - do người Anh sản xuất đầu tiên, mà Đế chế Anh trong thời kỳ đỉnh cao đã trở thành bá chủ của mọi vùng biển và đại dương trên thế giới suốt hơn một thế kỷ - mà không ai dám phản đối. Chiếc đồng hồ chạy chính xác là cơ sở của việc định vị chính xác; định vị chính xác là cơ sở cho vốn kiến thức đi biển và sức mạnh hàng hải.

Vì thế, người giám tuyển sẽ đeo một đôi găng trắng, lấy ra cho mỗi chiếc đồng hồ một bộ khóa đồng đúp, và mở từng chiếc tủ vách kính có đặt đồng hồ Harrison bên trong. Ba chiếc đồng hồ này được Bộ Quốc phòng Anh cho mượn gần như vô thời hạn. Chiếc cổ nhất, hoàn thiện vào năm 1735, ký hiệu H1, được lén dây cót bằng cách kéo mạnh một cái xích đồng xuống - chỉ kéo một lần duy nhất. Hai chiếc còn lại được tạo tác vào giữa thế kỷ XVIII, ký hiệu là H2 và H3, chỉ cần vặn nhanh cái khóa một lần là được.

Chiếc cuối cùng, chiếc “đồng hồ đi biển” H4 diễm lệ, từng giúp Harrison đoạt được tiền thưởng, không được lén dây cót và đứng lặng lẽ trong một chiếc hộp bạc có đường kính 12 cm. Chiếc hộp khiến nó trông như một phiên bản phóng đại,

dày cỡ cái bánh quy của chiếc đồng hồ quả quýt của thế hệ trước. H4 phải được bôi trơn, và khi chạy, nó sẽ mất dần tính chính xác vì lớp dầu sẽ dày lên; theo cách nói của các thợ chế tác đồng hồ là nó sẽ mất đi *tốc độ*. Hơn nữa, nếu H4 hoạt động, chỉ có kim giây di chuyển, nên ngắm nhìn nó cũng không được thú vị cho lắm. Và chấp nhận để các chi tiết bên trong hao mòn chỉ để ngắm kim giây di chuyển, quả thật không đáng. Do đó, các nhà lãnh đạo của Đài quan trắc lâu nay vẫn giữ kiệt tác cơ khí này trong tình trạng gần như nguyên bản, tương tự như cây vĩ cầm Stradivarius chưa bao giờ được lên dây hiện đang trưng bày tại Bảo tàng Ashmolean ở Oxford<sup>[\*]</sup> – cả hai đều là minh chứng cho nghệ thuật của người chế tác.

Và những tác phẩm nghệ thuật cơ khí của John Harrison mới tuyệt diệu làm sao! Trước khi quyết định tham gia cạnh tranh giải thưởng đo kinh độ, ông đã chế tác hàng loạt đồng hồ tinh xảo và cực kỳ chính xác – phần lớn là đồng hồ quả lắc dùng trên đất liền, nhiều chiếc trong số đó là đồng hồ thân dài, có độ tinh xảo tăng dần. Khác với nhiều thợ đồng hồ cùng thời, tài năng của Harrison nằm ở những cải tiến sáng tạo trên chiếc đồng hồ, hơn là những chi tiết trang trí.

Ví dụ, ông bị mê hoặc với vấn về ma sát, và trong một phá cách lớn ở thời đó, ông đã tạo ra các bánh răng bằng gỗ cho những chiếc đồng hồ đầu tiên của mình để chúng có thể chạy cả ngày mà không cần dầu bôi trơn, nhằm tránh chuyển động của đồng hồ bị chậm dần do dầu quánh lại theo thời gian. Để giải quyết vấn đề này, ông đã dùng gỗ hoàng dương, sau đó là gỗ cứng *Lignum vitae* (một loại gỗ

đặc ở Caribbean, chìm trong nước), và ghép bánh răng gỗ với trục quay đồng trong khi làm những bộ truyền động bánh răng. Ông cũng tạo ra một thiết kế đột phá cho hồi, trái tim của đồng hồ, trong đó các bộ phận không trượt lên nhau (do đó không chịu ma sát). Kiểu hồi này ngày nay được biết tới với tên gọi là “hồi châu chấu”, vì nó có một cấu phần nhô ra để điều khiển bánh răng hồi, như cách một con châu chấu bất thình lình nhảy ra từ đám cỏ.

Tuy nhiên, một chiếc đồng hồ quả quýt có độ chính xác cao được thiết kế để sử dụng trên một con tàu nghiêng ngả trong sóng biển lại không thích hợp với cơ chế con lắc dài di chuyển nhờ trọng lực. Do đó, ba chiếc đồng hồ đầu tiên mà Harrison thiết kế cho cuộc thi đã được cấp năng lượng bởi một hệ thống trọng lực khác xa những quả dọi nặng trịch treo trong loại đồng hồ quả lắc thân dài thông thường. Thay vào đó, chúng là một cặp thanh đồng trông giống quả tạ, đặt thẳng đứng ở rìa ngoài đồng hồ và hệ thống bánh xe, nối với nhau ở đầu trên và đầu dưới bằng một cặp lò xo - các lò xo này có tác dụng tạo ra lực hấp dẫn nhân tạo cho hồi, theo như Harrison đã viết. Chúng cho phép hai thanh đồng đu đưa qua lại, về gần nhau và ra xa nhau, cứ như thế mãi mãi (với điều kiện người giám tuyển đeo đôi găng trắng - “hậu duệ” trên cạn của các thuyền trưởng - lên dây cót cho đồng hồ hằng ngày) khi đồng hồ chạy.

H1, H2 và H3, chiếc sau là kết quả cải tiến tinh tế của chiếc trước, đều là thành quả của nhiều năm kiên trì thử nghiệm - Harrison mất tròn 19 năm để chế tạo H3 - về cơ bản đều có cùng nguyên lý hoạt động là sử dụng các thanh

lắc. Khi hoạt động, chúng là những cỗ máy có vẻ đẹp lôi cuốn lạ lùng và phức tạp đến kinh ngạc. John Harrison - người từng kinh qua nhiều công việc như thợ mộc, nhạc công, thợ chỉnh chuông và nhạc trưởng - đã tạo ra rất nhiều cải tiến mà đến nay đã trở thành những thành phần trọng yếu của cơ khí chính xác hiện đại - những nhà thông thái của thế kỷ XVIII quả thực là những bộ óc vĩ đại thực sự của nhân loại. Chẳng hạn, Harrison đã tạo ra ổ lăn được bọc kín - tiền thân của ổ bi, từ đó dẫn tới sự ra đời của các tập đoàn khổng lồ trong thời hiện đại như Timken và SKF. Hay băng lưỡng kim, hoàn toàn là phát minh của Harrison nhằm bù đắp cho sự thay đổi nhiệt độ trong đồng hồ H3, hiện vẫn được sử dụng trong hàng loạt thiết bị gia dụng như bộ điều nhiệt, lò nướng và ấm nước điện.

Song cả ba cỗ máy tuyệt diệu đó, dù đẹp đẽ đến đâu, dù đột phá về thiết kế đến thế nào, hóa ra lại không thành công. Từng chiếc được đưa lên một con tàu để thủy thủ đoàn sử dụng thử nghiệm, và ở mỗi lần, tuy việc ước định vị trí tàu có cải thiện, kinh độ tính toán còn xa mới đạt được độ chính xác mà Hội đồng Kinh độ yêu cầu - và tất nhiên Hội đồng đã từ chối trao giải. Dẫu vậy, lòng quyết tâm và tố chất thiên tài của Harrison vẫn được ghi nhận và người ta tiếp tục rót cho ông các khoản tài trợ khổng lồ với hy vọng một ngày nào đó ông sẽ tạo ra những đột phá cần thiết. Và cuối cùng ông đã làm được. Trong bốn năm, từ năm 1755 đến năm 1759, Harrison đã chế tạo một chiếc đồng hồ bỏ túi thay vì đồng hồ quả lắc như trước, được biết tới dưới cái

tên H4 kể từ khi nó được làm sạch và phục chế vào những năm 1930<sup>[\*]</sup>.

Chiếc đồng hồ bỏ túi là một thắng lợi về công nghệ ở mọi phương diện. Sau 31 năm miệt mài đến mức gần như ám ảnh, Harrison đã có thể tận dụng gần như mọi cải tiến mà ông từng thực hiện cho những chiếc đồng hồ quả lắc trước đó để đưa vào một cỗ máy có vỏ bạc với đường kính chỉ 13 cm, và còn bổ sung một số cải tiến mới nhằm đảm bảo chiếc đồng hồ của ông có thể miễn nhiễm với sai sót ở mức độ cao nhất.

Nếu trước đây, ông đã sử dụng hệ thống cân bằng dao động trong ba chiếc đồng hồ cỡ lớn của mình, từ đó biến sự điên rồ kỳ diệu của chúng thành kỳ quan có vẻ ngoài độc nhất vô nhị, đối với H4, ông đã thay nó bằng một dây cót dạng xoắn có khả năng kiểm soát nhiệt độ, cùng một bánh xe cân bằng có tốc độ quay nhanh không tưởng: 18.000 nhịp/giờ. Ông cũng sử dụng một *remontoir* tự động có chức năng vặn lại dây cót 8 lần/phút, đảm bảo lực căng và tốc độ quay không đổi. Nhưng nó có một nhược điểm, đó là đồng hồ cơ thì phải được bôi trơn, và để giảm ma sát và hạn chế tối đa nhu cầu tra dầu, Harrison đã sử dụng ổ lăn kim cương. Đây là một trong những đồng hồ đầu tiên có hồi làm bằng đá quý.

Một câu hỏi còn bỏ ngỏ là bằng cách nào mà Harrison có thể làm được tất cả những việc trên mà không dùng đến những công cụ cơ học chính xác? Chắc chắn trong tất cả các phiên bản sao chép của H4 cũng như phiên bản đời sau của

nó, K1 (được sử dụng trong những chuyến hải hành của Thuyền trưởng James Cook), những cấu phần tinh tế nhất đều được làm trên máy: việc John Harrison chế tác ra chúng hoàn toàn bằng tay ở tuổi 66 quả là khó tin.

Xong xuôi, Harrison đã giao lại thành phẩm cho Bộ Hải quân để thử nghiệm trong một bài kiểm tra mang tính chất quyết định. Thiết bị (dưới sự giám sát của con trai ông, William) được mang lên chiến hạm HMS *Deptford*, một con tàu hạng tư được trang bị 50 khẩu súng, và đi 5.000 dặm biển từ Portsmouth tới Jamaica<sup>[\*]</sup>. Sau đó, người ta đã cẩn thận kiểm tra và thấy chiếc đồng hồ này chỉ sai số 5,1 giây, hoàn toàn nằm trong giới hạn quy định của giải thưởng kinh độ. Trong toàn bộ hành trình 147 ngày, khi quay về còn mắc bão (khiến William Harrison phải dùng chăn bọc đồng hồ), sai lệch của đồng hồ chỉ là 1 phút 54,5 giây, một mức độ chính xác nằm ngoài sức tưởng tượng đối với một thiết bị đo thời gian đi biển thời đó.

Đáng lẽ ra John Harrison đã thắng giải nhờ kiệt tác này, nhưng thực tế lại khác. Hội đồng Kinh độ đã quanh co trì hoãn việc trao giải suốt nhiều năm trời, nhà Thiên văn học trưởng của Hoàng gia thời đó tuyên bố có một phương pháp xác định kinh độ ưu việt hơn, đó là phương pháp đo khoảng cách mặt trăng. Nó đang được hoàn thiện, do đó không phải sản xuất đồng hồ hàng hải nữa. Trước tình hình đó, John Harrison khốn khổ phải cậy nhờ đến Vua George III (tình cờ là một người hâm mộ lớn của ông) ra mặt.

Tiếp đó là một chuỗi bẽ bàng. H4 buộc phải kiểm nghiệm một lần nữa, và cho ra kết quả sai lệch 39,2 giây sau khi trải qua một hành trình dài 47 ngày - một lần nữa hoàn toàn nằm trong phạm vi mà Hội đồng Kinh độ đề ra. Harrison sau đó phải tháo rời chiếc đồng hồ ngay trước mặt một hội đồng quan sát và nộp thiết bị quý giá của mình cho Đài Quan trắc Hoàng gia cho một đợt kiểm nghiệm liên tục kéo dài mười tháng (lần này là tại một địa điểm cố định). Đây là một quá trình phiền toái và gian nan đối với Harrison, lúc này đã 79 tuổi và ngày càng phẫn uất.

Cuối cùng, phần lớn nhờ sự can thiệp của Vua George, Harrison đã được trao gần hết số tiền thưởng. Tuy nhiên, công chúng vẫn nhớ về ông như là một thiên tài bị ngược đãi, và những chiếc đồng hồ quả lắc cùng hai đồng hồ bỏ túi, H4 và K1, là những đài tưởng niệm đáng nhớ nhất của ông. Ba chiếc trong số đó vẫn đều đặn đếm giờ không ngơi nghỉ, gợi nhắc chúng ta về người đã tạo ra chúng, về lòng tận tụy hết mực để tạo ra những cỗ máy chính xác và chuẩn xác nhất một cách thủ công, và về những thay đổi sâu sắc mà ông góp phần đem lại cho thế giới.

**CỖ MÁY ANTIKYTHERA LÀ MỘT THIẾT BỊ** chính xác vượt trội về cơ cấu nhưng lại sai lệch về kết quả, cũng như không ổn định do cách chế tác nghiệp dư, nên xét về mặt thực tiễn nó là thứ vô dụng. Ngược lại, những chiếc đồng hồ của John Harrison vừa chính xác lại vừa chuẩn xác; nhưng vì phải mất tới hàng năm trời để chế tạo và hoàn thiện, phải dùng công sử dụng những kỹ nghệ hiếm có và đắt đỏ, nên chúng không thể được coi là khởi điểm của công nghệ chính xác đích thực

làm thay đổi thế giới. Hơn nữa, dù không nhằm hạ thấp thành quả kỹ thuật phi thường của Harrison, nhưng những chiếc đồng hồ của ông chỉ hữu dụng chừng ba thế kỷ. Ngày nay, những chiếc đồng hồ đi biển (crô-nô-mét) bọc đồng trong buồng hải đồ của các tàu thuyền cũng chỉ như chiếc kính lục phân định trong cái hộp da dê thuộc: chủ yếu mang tính trang trí mà thôi. Tín hiệu thời gian với độ chính xác tuyệt đối do radio cung cấp. Màn hình kỹ thuật số hiện thông tin vĩ độ và kinh độ được truyền tới đài chỉ huy của thuyền trưởng con tàu từ Hệ thống Định vị Toàn cầu (GPS) dựa trên những vệ tinh xa xôi. Máy của đồng hồ cơ, cho dù các bánh răng được cắt và bọc trong lớp vỏ đẹp đẽ đến đâu, cho dù được chạm khắc cầu kỳ và xa xỉ đến mức nào, vẫn là tạo vật của công nghệ quá khứ, và được giữ lại đến ngày nay chủ yếu là nhằm mục đích dự phòng: nếu con tàu đang ở trên biển mà hết sạch năng lượng, hoặc nếu thuyền trưởng là người chỉ trung thành với những gì truyền thống và khinh ghét công nghệ, những tác phẩm của Harrison mới có đất dụng võ. Nếu không, chúng sẽ nằm đó phủ bụi và muối, hoặc được giữ trong hộp kính, và cái tên Harrison sẽ dần rơi vào quên lãng, nhanh chóng chìm khuất trong màn sương lịch sử, rót lại ở các trạm dừng ngay từ khi chuyến hải hành nhổ neo.

Để trở thành một hiện tượng thay đổi hoàn toàn xã hội loài người, như nó chắc chắn đã và sẽ làm trong tương lai gần, công nghệ chính xác phải có khả năng nhân rộng, sao cho một vật phẩm chính xác có thể được sản xuất nhiều lần tương đối dễ dàng, với tần suất và chi phí hợp lý. Một nghệ

nhân chân chính và tài năng (giống như John Harrison) nếu có tay nghề, dư dả thời gian, được trang bị đầy đủ dụng cụ và vật liệu chất lượng, có thể tạo ra một thành phẩm chính xác và tinh tế. Anh ta thậm chí có thể làm ra ba, bốn hoặc năm phiên bản. Tất cả đều đẹp, tất cả đều đáng trầm trồ.

Những chiếc tủ lớn đặt trong các bảo tàng lịch sử khoa học (đáng chú ý nhất là ở Oxford, Cambridge và Yale) ngày nay đầy ắp những vật phẩm như thế: nào là thước trắc tinh, cung hành tinh, cung thiên văn, hồn thiên cầu, cung phần tám, cung phần tư, nào là các kính lục phân hết mực cầu kỳ, cả treo tường lẫn đóng khung, hầu hết đều vô cùng tinh xảo, phức tạp, được tạo tác dưới đôi bàn tay của những người thợ kim hoàn.

Nhưng đồng thời, tất cả những tác phẩm này đều được làm *bằng tay*. Mọi bánh răng và mọi bộ phận cấu phần đều được cắt bằng tay (chẳng hạn như đĩa mẹ, đĩa lưới, đĩa con và ống ngắm của thước trắc tinh - thiết bị này có các từ chuyên ngành khá rộng), mọi vít tiếp tuyến và kính dẫn của kính lục phân (những từ chỉ bộ phận của kính lục phân cũng phong phú không kém) cũng được làm thủ công. Không những thế, việc ráp từng bộ phận lại với nhau cũng như hiệu chỉnh toàn bộ thiết bị đều phải được thực hiện tỉ mỉ bằng đầu ngón tay theo đúng nghĩa đen. Cách lắp ráp như vậy hẳn nhiên sẽ cho ra những dụng cụ tinh xảo và ấn tượng, nhưng do cái cách mà chúng được tạo ra và kết hợp với nhau vô cùng kỳ công như thế, nên dĩ nhiên chỉ có số lượng giới hạn, dành cho một nhóm nhỏ khách hàng thượng lưu. Chúng có thể chính xác, nhưng sự chính xác này chỉ dành

cho số ít. Chỉ khi nào sự chính xác ấy phục vụ số đông thì công nghệ chính xác mới có tác động sâu sắc tới xã hội như ngày nay.

Và người đã làm nên kỳ tích đó - dùng máy móc, chứ không dùng tay để chế tạo một thứ có độ chính xác cao, và hơn nữa còn chế tạo ra chính cỗ máy dùng để chế tạo thiết bị đó - tôi lặp lại từ chế tạo là có dụng ý, bởi một cái máy có chức năng tạo ra những cái máy khác, ngày nay được gọi là “máy công cụ” (machine tool), đã, đang và sẽ vẫn là nhân vật trung tâm trong câu chuyện về công nghệ chính xác - là một người Anh sống trong thế kỷ XVIII. Người này đã bị chế nhạo là điên rồ vì đam mê sắt, thứ kim loại duy nhất phù hợp với tất cả các thiết bị đột phá mới của ông.

NĂM 1776, John Wilkinson, 48 tuổi, đã đặt hàng Thomas Gainsborough vẽ chân dung cho mình, vì thế, ông không phải là một kẻ vô danh - nhưng cũng không hẳn nổi tiếng. Sau này, ông thọ 80 tuổi, và tạo ra những thành tựu phi thường. Đáng chú ý là nơi treo bức chân dung lưu giữ vẻ điển trai của ông trong nhiều thập kỷ qua không phải là một vị trí nổi bật ở London hay Cumbria, nơi ông chào đời vào năm 1728, mà là một phòng triển lãm vắng vẻ trong một bảo tàng tận Berlin xa xôi, cùng với bốn bức chân dung khác của Gainsborough, trong đó có chân dung của một chú chó bun. Khoảng cách xa xôi này cho thấy nước mẹ Anh Quốc không mấy mặn mà với ông. Và mô tip nhà tiên tri bị lãng quên ở quê nhà trong Kinh Tân ước có vẻ rất phù hợp với trường hợp của Wilkinson vì ngày nay không mấy ai còn nhớ đến ông nữa. Wilkinson bị khuất sau cái bóng quá lớn của

James Watt xứ Scotland, một đồng nghiệp và cũng là khách hàng có tiếng tăm lớn hơn ông rất nhiều, người phải nhờ cậy tới tài năng xuất chúng của Wilkinson mới có thể chế tạo thành công động cơ hơi nước.

Lịch sử sẽ chỉ ra câu chuyện về những động cơ như vậy, vốn rất quan trọng đối với lĩnh vực cơ học trong cuộc Cách mạng Công nghiệp ở thế kỷ sau, có mối liên hệ mật thiết với ngành sản xuất đại bác, không chỉ vì cả hai nhà phát minh đều sử dụng những khối sắt lớn để làm ra chúng. Còn có một mối liên hệ sâu xa hơn nữa giữa một bên là Wilkinson và Watt - vốn được kết nối với nhau qua khẩu súng, và một bên là người thợ đồng hồ John Harrison: hẳn bạn còn nhớ những đợt kiểm nghiệm chiếc đồng hồ hàng hải đầu tiên của Harrison diễn ra trên các chiến hạm của Hải quân Hoàng gia, những chiến hạm này lại được trang bị một lượng lớn đại bác. Những khẩu đại bác này do những thợ sắt người Anh làm ra, mà trong đó John Wilkinson là cái tên nổi bật nhất, đồng thời cũng là bộ óc sáng tạo nhất. Vì vậy, câu chuyện về công nghệ chính xác đúng ra nên bắt đầu ở đây, đó là quá trình sản xuất các vũ khí hạng nặng phục vụ hải quân Anh giữa thế kỷ XVIII, một giai đoạn đặc biệt bận rộn đối với các thủy thủ và binh lính của quốc gia này<sup>[\*]</sup>.



**John Wilkinson**

John “Cuồng sắt” Wilkinson, người đã phát minh ra kỹ thuật khoan nòng đại bác theo yêu cầu của James Watt, đánh dấu sự khởi đầu của công nghệ chính xác và sự ra đời của cuộc Cách mạng Công nghiệp

John Wilkinson sinh ra trong một gia đình làm nghề buôn sắt. Cha ông, Issac, khởi đầu là một người chăn cừu xứ Lakeland, gặp vận may khi tình cờ phát hiện thấy cả quặng sắt và quặng than dưới đồng cỏ của mình, từ đó trở thành chủ của một xưởng sắt, một ngành đang lên của thời đó. Chủ xưởng sắt là người sở hữu các lò luyện sắt và dùng chúng để nung quặng lấy sắt. Nguyên liệu nung lò là than củi (vốn là nguyên nhân khiến một diện tích rừng rộng lớn của nước Anh biến mất) hoặc than đá đã cháy một phần thành than cốc (cũng hủy hoại môi trường không kém). Lúc ấy, bản thân cậu đã bị mê hoặc trước những mảnh kim loại nung chảy sáng trắng, cũng như toàn bộ quá trình lấy những tảng đá tấm thường từ dưới lòng đất lên rồi từ đó nung chảy và nện búa nhầm tạo ra những đồ vật hữu dụng. Wilkinson đã học cách buôn bán ở nhiều nơi khắp miền Trung Anh và khu vực biên giới giữa Anh với xứ Wales, nơi cha ông an cư lạc nghiệp. Dần dần, Wilkinson đã thành thạo các ngón nghề, do đó vào đầu những năm 1760, ông trở thành con rể của một gia đình giàu có và sở hữu một xưởng đúc lớn ở Bersham, một ngôi làng nằm trên đường biên giới giữa Anh và xứ Wales. Theo sổ cái của xưởng đúc ghi lại, ông đã bắt đầu nghiêm túc xem xét chuyện sản xuất “những chiếc máy cán láng, máy cán mạch nha, máy cán đường, ống dẫn, đạn cối, lựu đạn và súng”. Chính hạng mục cuối cùng trong danh sách trên đã biến ngôi làng Bersham tí hon trở thành địa điểm độc đáo trong lịch sử thế giới, cũng như khiến John Wilkinson trở nên giàu nhất làng và sở hữu nhiều nhân công nhất.

Bersham, nằm trong thung lũng của con sông Clywedog, đóng một vai trò không thể phủ nhận trong giai đoạn manh nha hình thành cuộc Cách mạng Công nghiệp và trong câu chuyện của công nghệ chính xác, dù vai trò đó gần như đã bị lãng quên. Bởi chính tại nơi này, vào ngày 27 tháng 1 năm 1774, John Wilkinson, với những lò nung than đá cho ra mỗi tuần đến 20 tấn sắt chất lượng cao, đã phát minh ra kỹ thuật sản xuất súng mới. Kỹ thuật này ngay lập tức mang đến những tác động sâu rộng mà chính ông cũng không tưởng tượng nổi, và theo quan điểm của tôi, nó còn có tầm quan trọng mang tính lâu dài hơn những di sản vốn được nhiều người biết tới của người bạn và cũng là đối thủ của Wilkinson, Abraham Darby III - người đã xây dựng cây cầu sắt Coalbrookdale vĩ đại mà ngày nay vẫn còn tồn tại, thu hút hàng triệu du khách tới thăm và được hầu hết người Anh hiện đại coi là biểu tượng hùng hồn nhất của cuộc Cách mạng Công nghiệp.

Wilkinson đăng ký bằng sáng chế số 1063 - nước Anh mới bắt đầu áp dụng việc cấp bằng sáng chế lần đầu tiên vào năm 1617, nên đây vẫn còn là một thứ mới mẻ ở Anh thời đó - với tiêu đề “Một phương pháp mới nhằm đúc và khoan súng sắt hoặc đại bác sắt.” Theo tiêu chuẩn ngày nay, “phương pháp mới” của ông trông có vẻ tẻ nhạt và là một cải tiến quá hiển nhiên trong việc chế tạo đại bác. Tuy nhiên, đó là năm 1774, thời điểm ngành sản xuất đại bác hải quân ở khắp châu Âu đang hân hoan chào đón hàng loạt cải tiến khoa học cả về kỹ thuật và dụng cụ, nên những ý tưởng của Wilkinson chính là của trời cho.

Trước đó, đại bác hải quân (đặc biệt là loại đại bác dài sử dụng đạn 15kg, điều kiện tiêu chuẩn trên các tàu chiến tuyến hạng nhất của Hải quân Hoàng gia, thường được đặt hàng mỗi đợt cả trăm khẩu cho tàu mới) được đúc rỗng. Lòng súng được tạo hình trước mà sau này thuốc súng và đạn sẽ được đẩy vào và đốt cháy, trong khi sắt đang nguội bớt ở trong khuôn. Khẩu đại bác sau đó được đặt lên một bệ đỡ, người ta sẽ gắn một dụng cụ cắt có lưỡi sắc bén vào một thanh dài và đưa vào bên trong nòng để xử lý những lồi lõm ở mặt trong.

Vấn đề của cách làm này là dụng cụ cắt có xu hướng nương theo hình dạng của ống nòng, mà ống nòng nhiều khi không hoàn toàn thẳng ngay từ đầu, khiến dụng cụ cắt đi lệch, tạo ra các dị hình ở ống nòng và độ dày của thành trong không đồng đều. Những điểm mỏng trên thành là nguyên nhân khiến nòng súng bị vỡ và gây thương vong cho thủy thủ làm việc tại bệ súng, vốn là vị trí nổi tiếng nguy hiểm. Chất lượng tồi tệ của các khẩu hải pháo đã gây ra tỷ lệ bại trận đáng báo động đối với Bộ trưởng Bộ Hải quân Anh đầu thế kỷ XVIII.

Đúng lúc ấy, John Wilkinson xuất hiện cùng ý tưởng mới của mình. Ông quyết định đúc khẩu đại bác sắt thành những khối đặc ruột thay vì rỗng ruột như trước. Bằng cách này, tính toàn vẹn của sắt được đảm bảo ngay từ đầu - ví dụ, số lượng các bộ phận bị nguội sớm sẽ giảm xuống, nếu có sẵn khuôn mẫu để làm ra ống nòng. Một khối sắt hình trụ đặc ruột, tuy nặng nề nhưng nếu được làm cẩn thận sẽ ra khỏi những lò luyện ở Bersham mà không có bọt khí và những

phần xốp (còn gọi là “vấn đề tổ ong”) ám ảnh các khâu đai bắc đúc rỗng.

Nhưng bí quyết thực sự lại nằm ở việc khoan lỗ đai bắc. Ở công đoạn cuối, dụng cụ khoan và chi tiết khoan phải được giữ cố định, không được phép xê xích dù chỉ chút ít. Chân lý bất di bất dịch, vẫn đúng cho đến ngày nay như hồi thế kỷ XVIII, là: để cắt và đánh bóng một thứ gì đó sao cho nó có các chiêu kích hoàn toàn chính xác, cả dụng cụ và chi tiết gia công đều phải được xiết và kẹp chặt nhất có thể để cố định vị trí.

Hơn thế nữa, đối với trường hợp đặc biệt là nòng súng, dụng cụ khoan sẽ không được phép đi lệch hướng dù ở mức độ nhỏ nhất trong quá trình khoan. Đây là lý do vì sao đai bắc được đúc đặc thay vì rỗng. Nếu không, rủi ro phát nổ là khôn lường.

Ở giai đoạn đầu của quá trình sản xuất được cấp bằng sáng chế của Wilkinson, khối trụ đặc ruột của đai bắc (với một sợi dây xích quấn xung quanh và nối với guồng nước) đã được cho quay, còn dụng cụ khoan bằng sắt có lưỡi sắc bén được gắn cố định trên đầu của một đế kiên cố và được đưa trực tiếp vào mặt của phôi quay hình trụ. Quá trình này tạo ra một lỗ nòng hoàn toàn mới, thẳng và chính xác, khi người ta dùng dụng cụ khoan để khoan trực tiếp vào cục sắt. Một nhà viết tiểu sử gần đây khi viết về Wilkinson đã tán tụng bằng những lời hoa mỹ: “Nhờ một thanh khoan kiên cố và đúng hướng, thành phẩm tạo ra không thể không chính xác. “Ở những phiên bản sau, đai bắc được giữ cố

định, còn dụng cụ khoan, giờ được nối với guồng nước, sẽ quay. Về lý thuyết, với giả thiết là thanh quay không đổi hướng và được cố định ở hai phía để đảm bảo tính ổn định, và khi được khoan lỗ nòng, mặt trụ của nó sẽ không bị cong, uốn, rung lắc hay dao động, lỗ khoan sẽ được tạo thành với độ chính xác lớn.

Và đó chính là kết quả thực tế thu được. Hàng loạt khẩu đại bác được ra lò với độ chính xác thỏa mãn yêu cầu của hải quân, mỗi chiếc đều giống hệt những chiếc ra đời trước nó và sau nó. Hệ thống mới ngay từ đầu đã hoạt động hoàn hảo, khích lệ Wilkinson đăng ký, sau đó được công nhận, bằng sáng chế lừng danh của ông.

Thay vì phải nhận những khẩu đại bác đúc rỗng kỳ dị đầy rãy khiếm khuyết, không tịt nòng thì cũng bắn đạn ra theo những cung khó lường, Hải quân Hoàng gia Anh lúc này đã được nhận các toa xe chở đại bác từ các lò luyện ở Bersham. Những khẩu đại bác mới này không những có tuổi thọ lớn hơn nhiều, mà còn có khả năng bắn đạn chùm, đạn hộp hoặc đạn pháo trúng mục tiêu đã định. Tất cả các tiến bộ này đều nhờ những nỗ lực của John Wilkinson, một chủ xưởng sắt. Vốn đã khá già, Wilkinson lại càng trở nên giàu có hơn nhờ sáng chế này: danh tiếng của ông lan xa và các đơn hàng dồn dập đến. Chẳng mấy chốc, xưởng của ông đã chiếm một phần tám tổng sản lượng sắt của cả nước Anh, và Bersham trở thành ngôi làng của thời đại mới.

Tuy nhiên, phải đến năm 1775, khi Wilkinson bắt đầu hợp tác với James Watt, phương pháp mới của ông mới trở thành

phát minh thay đổi cả thế giới và đưa cái tên Bershaw từ tầm vóc địa phương lên trường quốc tế. Đó là lúc Wilkinson vô tình áp dụng kỹ thuật chế tạo đại bác mới của mình vào một phát minh mà Watt đang say sưa hoàn thiện, một phát minh dù không phải là hoàn toàn mới nhưng đã đem sức mạnh của hơi nước tới cho cuộc Cách mạng Công nghiệp và nhiều cuộc cách mạng khác song song, sau đó.

Nguyên lý của động cơ hơi nước không mới, nó dựa trên một kiến thức vật lý đơn giản: khi nước ở trạng thái lỏng được đun tới điểm sôi, nó sẽ chuyển sang trạng thái khí. Bởi so với nước ở thể lỏng, nước ở thể khí chiếm thể tích lớn hơn gấp 1.700 lần, người ta có thể ứng dụng nó để thực hiện công cơ học. Nhiều nhà thực nghiệm thời kỳ đầu đã nhận thấy điều này. Thomas Newcomen, một nhà buôn đồ sắt ở Cornwall, là người đầu tiên biến nguyên lý này thành hiện thực: ông nối một nồi hơi với một xi lanh có pít-tông thông qua một đường ống có van, và nối pít-tông với một thanh đòn đặt trên một bệ cân bằng. Mỗi khi hơi nước từ nồi hơi đi vào xi lanh, pít-tông sẽ được đẩy lên trên, đòn cân bị nghiêng, và một lượng nhỏ (vô cùng nhỏ) công cơ học sẽ được thực hiện bởi bất kỳ thứ gì gắn ở hai đầu thanh đòn.

Newcomen sau đó nhận ra ông có thể tăng công bằng cách bơm nước lạnh vào xi lanh chứa đầy hơi nước, làm ngưng tụ hơi nước và giảm thể tích của nó xuống còn  $1/1.700$  - về bản chất là tạo ra một môi trường chân không, để áp suất khí quyển đẩy pít-tông xuống vị trí ban đầu của nó và nâng đầu kia của đòn cân lên, khi đó, công sẽ được

thực hiện. Đòn cân này có thể đẩy nước lũ ra khỏi các hầm mỏ bị ngập.

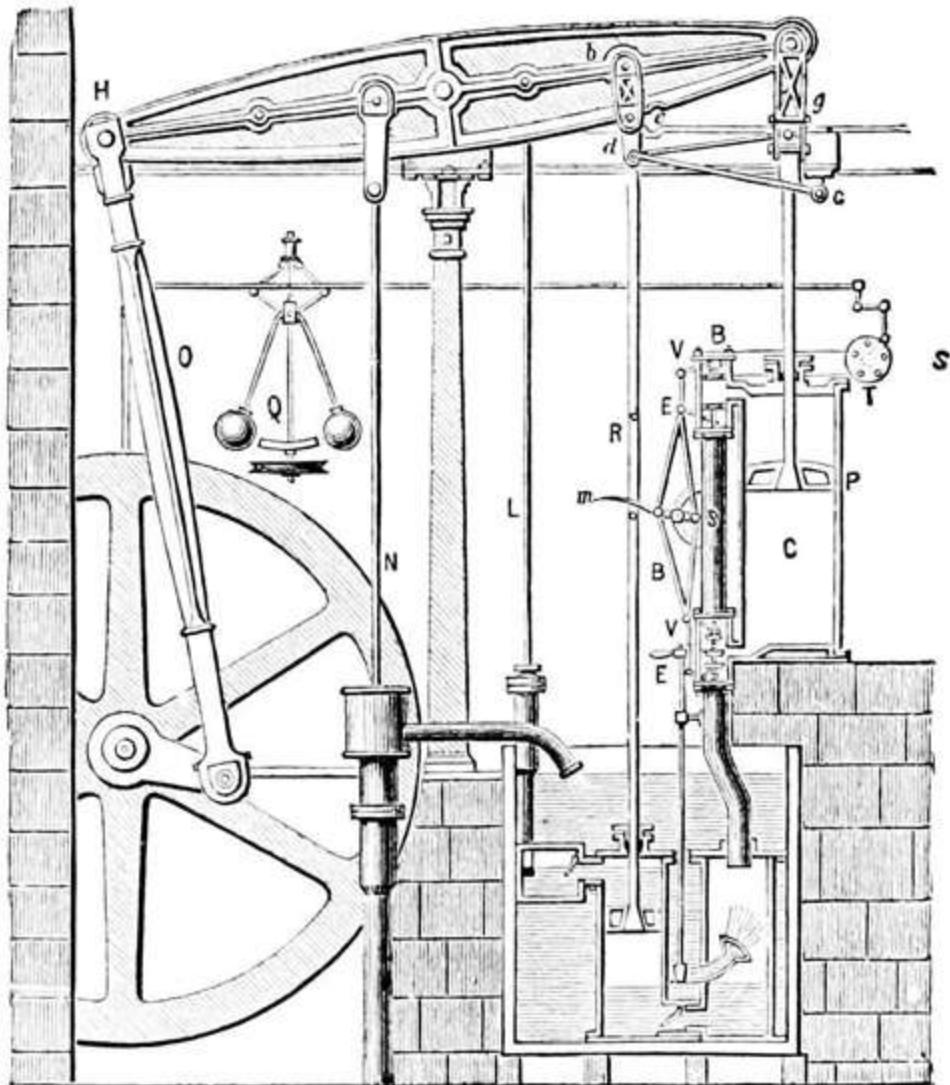
Và như vậy, động cơ hơi nước ở dạng cực kỳ thô sơ đã ra đời, gần như không có tác dụng gì ngoài bơm nước. Nhưng trong bối cảnh nước Anh hồi đầu thế kỷ XVIII tràn ngập các hầm mỏ nồng úng nước, cỗ máy này khá được ưa chuộng và có ích với giới mỏ than. Động cơ của Newcomen và các phiên bản tương tự được sản xuất trong hơn 70 năm, và chỉ bắt đầu thoái trào vào giữa những năm 1760, khi James Watt, lúc đó được thuê chế tác và sửa chữa các dụng cụ khoa học ở Đại học Glasgow cách nơi ở của Newcomen gần 1.000 km, nghiên cứu kỹ lưỡng mô hình hoạt động của cỗ máy và nhận thấy nó có thể được cải tiến, ông cho rằng động cơ hơi nước này có thể có hiệu suất cao hơn, thậm chí có thể trở nên vô cùng mạnh mẽ.

Và nhờ có John Wilkinson giúp đỡ, điều đó đã thành hiện thực - tất nhiên là sau khi Watt nảy ra các sáng kiến thiên tài của mình. Những sáng kiến đó có thể được tóm tắt như sau. Trong nhiều tuần làm việc một mình tại Glasgow, Watt đã nghiên ngẫm mô hình động cơ Newcomen, một động cơ nổi tiếng vì có hiệu suất quá kém, gây lãng phí nhiệt và năng lượng dùng cho nó. Watt kiên trì thử nghiệm nhiều biện pháp để cải tiến phát minh của Newcomen và được cho là đã thốt ra một cách mệt mỏi: “Tự nhiên có điểm yếu của nó, nếu chúng ta biết được điểm yếu đó ở đâu.”

Watt cuối cùng cũng đã tìm được điểm yếu của tự nhiên vào một ngày Chủ nhật năm 1765. Theo như mọi người hay

kể lại cho nhau nghe, đó là thời điểm ông đang tản bộ thư giãn trong một công viên ở trung tâm Glasgow. Ông nhận ra nguyên nhân chính dẫn đến hiệu suất thấp của động cơ Newcomen là: nước lạnh khi được bơm vào xi lanh không những làm ngưng tụ hơi nước và tạo ra môi trường chân không, mà còn *làm mát chính xi lanh*. Trong khi đó, để động cơ hoạt động hiệu quả, xi lanh phải luôn được duy trì ở nhiệt độ cao. Suy ra việc làm ngưng tụ hơi nước *nên diễn ra ở một buồng riêng biệt bên ngoài xi lanh*, nhằm duy trì môi trường chân không ở trong xi lanh chính, từ đó giữ được nhiệt của xi lanh và cho phép nó tiếp nhận đợt hơi nước tiếp theo. Ngoài ra, để tăng hiệu suất hơn nữa, hơi nước mới tạo ra có thể được đưa vào phía trên pit-tông thay vì phía dưới, với một số vật liệu được nhồi giữa thanh pít-tông và thành xi lanh để ngăn hơi nước thoát ra bên ngoài.

Hai cải tiến này (bổ sung một bình ngưng tụ hơi nước tách rời và thay đổi đường ống dẫn để hơi nước mới tạo ra được bơm vào phần bên trên thay vì bên dưới xi lanh chính) – đơn giản đến mức ngày nay nhìn lại, chúng dường như là hiển nhiên, dù đối với James Watt năm 1765 thì chúng không hiển nhiên chút nào – đã biến “động cơ đốt” của Newcomen thành một cỗ máy chạy hơi nước đúng nghĩa và hoạt động hiệu quả. Nó ngay lập tức trở thành thứ thiết bị mà về lý thuyết có thể tạo ra năng lượng không giới hạn.



### **Động cơ hơi nước Boulton & Watt**

Mặt cắt của một động cơ hơi nước Boulton & Watt cuối thế kỷ XVIII. Xi lanh chính C do John Wilkinson khoan; pít-tông P đặt vừa vặn trong lòng xi lanh với độ dày 1/10 inch

Khi bắt đầu thực hiện công cuộc thử nghiệm, lập nguyên mẫu, trình bày và tìm kiếm nguồn tài trợ kéo dài cả thập kỷ (đồng thời nam tiến từ Scotland tới vùng biên giới đang diễn ra quá trình công nghiệp hóa hết sức sôi nổi của miền Trung nước Anh), Watt đã đăng ký và nhanh chóng được cấp bằng

sáng chế số 913 vào tháng 1 năm 1769. Tiêu đề của nó thoạt nghe thật đơn giản: “Một phương pháp mới nhằm giảm tiêu hao hơi nước và nhiên liệu sử dụng trong động cơ đốt”. Tiêu đề khiêm nhường này không phản ánh được hết tầm quan trọng của phát minh: một khi được hoàn thiện, nó sẽ là nguồn động lực chính của hầu hết mọi nhà máy, xưởng đúc, hệ thống vận tải của Anh cũng như toàn thế giới trong những thế kỷ tiếp theo.

Tuy nhiên, có một điều đặc biệt và đáng chú ý nữa là: đây là thời điểm hình thành một sự hội tụ mang tính lịch sử. Bởi cùng lúc ấy, có một nhân vật đang sống và làm việc ở gần miền Trung nước Anh, và không lâu sau cũng có một bằng sáng chế riêng (Số 1063 đã nêu ở trên, được cấp vào tháng 1 năm 1774, cách bằng sáng chế của James Watt đúng 150 bằng và sau đúng năm năm). Đó không phải là ai khác, mà chính là John Wilkinson, chủ một xưởng sắt.

Lúc đó, sự điên rồ đáng yêu của Wilkinson đã được biết đến rộng rãi trong ngành sắt: ai ai cũng biết ông đã đúc một bục sắt để tự thuyết giảng, đóng một chiếc thuyền sắt để thả trôi mình trên nhiều con sông, đóng một chiếc bàn sắt, và một chiếc quan tài sắt mà ông đôi khi nấp trong đó rồi quấy phá mọi người. (Tuy ngoại hình không mấy hấp dẫn với một khuôn mặt rõ nặng, nhưng Wilkinson vẫn được khá nhiều phụ nữ hâm mộ. Với năng lực sinh lý dồi dào, ông có con với một cô hầu gái ở tuổi 78, một hoạt động ông vô cùng yêu thích. Có lúc ông có tới ba người tình mà không ai biết đến sự tồn tại của những người còn lại.)

Tuy nhiên, những điều đó không ràng buộc được Wilkinson và đến năm 1775 ông và Watt, hai con người với cá tính trái ngược, đã gặp nhau và trở thành bạn hữu, dù tình bạn này dựa trên lợi ích thương mại hơn là tình cảm. Không lâu sau, họ kết hợp hai phát minh của mình và tạo ra lợi ích thương mại to lớn cho cả đôi bên. Sự kết hợp giữa “Một phương pháp mới nhằm đúc và khoan súng sắt hoặc đại bác sắt” của Wilkinson và “Một phương pháp mới nhằm giảm tiêu hao hơi nước và nhiên liệu sử dụng trong động cơ đốt” của Watt hóa ra là “cuộc hôn phối” vừa tiện lợi vừa cấp thiết.

James Watt, một người Scotland nổi tiếng bi quan trong cách nhìn, mô phạm trong ứng xử, thận trọng trong hành động và tin vào sự toàn năng của Chúa trời, bị ám ảnh với việc biến chiếc máy của mình thành thứ *chính xác* nhất có thể. Trong khi chế tạo, sửa chữa và cải tiến các thiết bị khoa học trong xưởng của mình tại Glasgow, ông dần đắm chìm trong sự chính xác, tương tự như John Harrison trong xưởng chế tác đồng hồ ở Lincolnshire. Watt biết khá rõ về máy chia khoảng, máy cắt ren đinh vít, máy tiện đời đầu và các thiết bị khác đang giúp các kỹ sư thời đó bước những bước chập chững đầu tiên tới sự hoàn hảo về cơ khí. Ông cũng quen thuộc với các thiết bị được chế tác cẩn thận và bảo trì đúng cách, hoạt động đúng như chức năng định ra cho chúng. Vì thế, ông cảm thấy bị xúc phạm khi sự cố xảy ra, khi hiệu suất kém chất chồng, và khi những động cơ kỳ vĩ bằng sắt mà ông đang nỗ lực chế tác trong nhà máy Boulton and Watt khổng lồ ở Soho lại hoạt động kém hơn mô hình đồng-thủy tinh mà ông từng thử nghiệm hồi còn ở Scotland.

Động cơ nguyên mẫu lớn đầu tiên của ông là một con quái vật kỳ vĩ: cao hơn 9m, với một xi lanh hơi chính có đường kính 1,2m và chiều dài 1,8m, một nồi hơi đốt than và một bình ngưng tụ hơi nước riêng, tất cả đều đồ sộ. Tất cả các cấu phần trên được nối với nhau bằng một hệ thống ống đồng phức tạp với van và tay đòn được bôi dầu kỹ lưỡng, cùng một bộ điều tốc ly tâm hai quả nặng để ngăn không cho động cơ chạy lồng lên. Trên cùng là thanh gỗ lớn dao động như một con lắc đồng hồ, làm quay một bánh đà bằng thép vĩ đại. Bánh đà này vận hành một máy bơm đẩy nước hoặc nén khí hoặc thực hiện những tác vụ khác với tần suất 15 lần/phút. Khi hoạt động hết công suất, động cơ này tạo ra một dàn hợp xướng âm thanh, hơi nóng và lắc giật đến phát hoảng. Nếu nhìn thì khó mà tin là nó chỉ đang đun nước tới điểm sôi tự nhiên.

Tuy nhiên, những cột hơi lại thoát ra và bao bọc cỗ máy trong một màn sương ẩm ướt, nóng nực, xám đục ở khắp mọi nơi. Chính điều này, chính đám chướng khí bồng giãy che mờ tất cả đã khiến một người cẩn thận và mô phạm như James Watt điên tiết. Dù đã cố hết sức, dù thử mọi giải pháp, hơi nước vẫn liên tục thoát ra, không rò rỉ lén lút mà phun ra ào ào, và gây bức nhất là nó đi từ chính chiếc xi lanh khổng lồ của cỗ máy.

Ông tìm cách bít rò bằng đủ loại thiết bị và vật liệu. Khoảng cách giữa mặt ngoài của pit-tông và vách trong của xi lanh về lý thuyết phải ở mức tối thiểu, và phải như nhau ở mọi điểm. Nhưng vì xi lanh được làm từ những tấm sắt vốn được uốn và rèn thành một vòng tròn và hàn với nhau ở

cạnh, nên khoảng cách này trên thực tế đã thay đổi đáng kể giữa các điểm khác nhau. Có những điểm pit-tông chạm vào xi lanh, tạo ra ma sát và hao mòn. Ở những điểm khác, chúng cách nhau đến cả cen- ti-mét, và mỗi lần hơi đi vào xi lanh là một lần hơi ngay lập tức thoát ra từ khoảng không đó. Đây là những điểm mà Watt tìm cách nhồi vật liệu: các mảnh da ngâm dầu hạt lanh; một hỗn hợp nhão từ giấy ngâm nước và bột mì; nút bân, các miếng cao su, thậm chí cả những thỏi phân ngựa còn ẩm. Ông cuối cùng đi đến một giải pháp tạm thời: quấn một sợi dây thừng quanh pit-tông và thắt một “vòng chặt khúc” (theo cách nói của ông) quanh sợi dây có thể nén được.

Sau đó, hoàn toàn tình cờ, John Wilkinson làng Bersham, đặt hàng Watt một động cơ chuyên để làm ống bể lò rèn – và ngay lập tức, Wilkinson nhìn thấy và nắm được vấn đề rò hơi mà Watt đang đau đầu tìm cách xử lý, và cũng ngay lập tức biết mình nắm trong tay giải pháp cho vấn đề đó: Wilkinson sẽ ứng dụng kỹ thuật khoan nòng đại bác vào việc chế tạo xi lanh của động cơ hơi nước.

Và thế là, bỏ qua cả bước đi thận trọng là đăng ký bằng sáng chế cho ứng dụng hoàn toàn mới này cho phương pháp của mình, Wilkinson đã tiến hành cải tiến quy trình sản xuất xi lanh của Watt chính xác y hệt như với đại bác hải quân, ông yêu cầu công nhân của Watt vận chuyển một khối trụ sắt đặc đi hơn 100 km tới Bersham. Sau đó, ông đặt khối sắt (trong trường hợp này, để phục vụ cho động cơ mà ông muốn có với tư cách khách hàng, nó có chiều dài 1,8m và đường kính 97cm) lên một bệ kiên cố, đai chặt bằng những

sợi xích lớn để đảm bảo nó không di dịch dù chỉ một ly. Tiếp đó, ông chế ra một dụng cụ cắt khổng lồ bằng sắt siêu cứng, có chiều dài 1,5m, rồi chốt cứng nó vào đầu của một thanh sắt dài 2,4m. Ông đỡ tổ hợp này ở cả hai đầu và chậm rãi tịnh tiến nó trên một chiếc xe trượt tuyết nặng nề bằng sắt tới chi tiết gia công khổng lồ.

Khi mọi thứ đã sẵn sàng, ông phun một hỗn hợp nước và dầu thực vật nhầm làm mát kim loại và rửa trôi các vụn sắt rơi ra; mở van để dòng nước làm quay bánh xe và gián tiếp làm quay thanh kim loại gắn dụng cụ cắt trên đó; rồi từ từ cho thanh kim loại tiến về phía trước đến khi cạnh sắc của nó bắt đầu bào bể mặt của phôi sắt.

Chỉ sau nửa tiếng nung trong nhiệt độ nóng bỏng và tiếng mài cắt đinh tai, xi lanh đã được cắt xong. Dụng cụ cắt, tuy nóng nhưng không cùn đi bao nhiêu, được rút ra. Lỗ khoan trông nhẵn nhụi và phẳng phiu, thẳng thớm và chính xác. Sử dụng một hệ thống xích và bệ, ông dựng đứng chiếc xi lanh nặng nề (nhưng đã bớt nặng hơn nhiều, vì phần lớn sắt đã bị cắt mất). Pít-tông, với đường kính 1,5m và được quét mõ nhòn, được nâng lên cẩn thận, qua vành của xi lanh và đi vào lòng xi lanh.

Tôi hay hình dung cảnh tượng một tràng pháo tay đã nổ ra khi pit-tông đi vào xi lanh một cách êm ái và vừa vặn, mượt mà lén xuống, không để rò hơi nước, mõ nhòn hay bất kỳ thứ gì khác. Sau đó, các chi tiết được tháo rời và chuyển tới xưởng của Watt ở Soho, Watt chỉ mất vài ngày để lắp lại xi lanh vào vị trí trung tâm của thứ sẽ trở thành động cơ xi

lanh tác động đơn toàn diện đầu tiên vận hành được của ông cũng như của thế giới. Tiếp đó, Watt và các kỹ sư lắp thêm phụ tùng (ống dẫn, bình ngưng tụ thứ hai, nồi hơi, tay đòn, điều tốc, bể nước, bánh đà), nhồi than vào buồng đốt, cho mồi, nhóm lửa, và khi nước đã đủ nóng để khiến hơi tuôn ra từ đường ống an toàn thì mở van chính.

Với một tiếng phì phì đinh tai, pít-tông bắt đầu di chuyển lên, xuống, lên, xuống bên trong lòng xi lanh mới khoan. Đòn lắc phía trên bắt đầu dao động tới lui; thanh nối phía bên kia bắt đầu di chuyển lên xuống; cụm bánh răng không đồng tâm trên bánh đà bắt đầu xoay; rồi chính chiếc bánh đà khổng lồ, một khối sắt đặc nặng hàng tấn có chức năng dự trữ năng lượng cho động cơ, cũng cựa mình chuyển động.

Trong phút chốc, với hai quả nặng sáng bóng của bộ điều tốc quay rộn rã để đảm bảo mọi thứ ở đúng chỗ của nó, động cơ đã gầm vang với công suất tối đa, kêu bùm bụm, xạch xạch, xè xè, phì phì - và tầm nhìn rõ như ban ngày bởi *không có hơi nước nào rò rỉ ra ngoài nữa*. Đây là lần đầu tiên Watt đạt được điều này kể từ khi tiến hành các thử nghiệm. Động cơ đang chạy ở hiệu suất cực đại: nhanh, mạnh và vận hành đích xác như thiết kế. Gương mặt Watt rạng ngời vui sướng. Wilkinson đã giải quyết được vấn đề của Watt, và cuộc Cách mạng Công nghiệp - điều họ không thể mường tượng được - chính thức khởi động.

Và con số đó đã xuất hiện, đó là một con số hệ trọng, con số ở trung tâm của câu chuyện, con số nằm trên tiêu đề của

chương này và sẽ trở nên vi tế hơn sau mỗi chương: 0,1 - một phần mươi của một inch. Bởi như James Watt sau này phát biểu: “Ông Wilkinson đã khoan cho chúng tôi một số xi lanh gần như hoàn hảo, đường kính 50 inch... không có chỗ nào bị sai lệch, dù bằng độ dày của một đồng shilling cổ.” Một đồng shilling Anh cổ có độ dày một phần mươi inch. Đây là dung sai mà John Wilkinson đã đạt được khi chế tạo chiếc xi lanh đầu tiên.

Trên thực tế, có khả năng ông còn làm tốt hơn thế. Trong một lá thư khác viết sau đó khá lâu - lúc này Wilkinson đã khoan cho Watt ít nhất 500 xi lanh, khiến ông nhanh chóng được các xí nghiệp, xưởng xay, hầm mỏ ở khắp nơi trong và ngoài nước Anh săn đón - quý ông người Scotland khoe Wilkinson đã “cải tiến kỹ nghệ khoan xi lanh đến mức tôi cam đoan so với giá trị tuyệt đối, một chiếc xi lanh dài 22m chỉ sai lệch không quá độ dày của một đồng sixpence ở điểm mỏng nhất. “Một đồng sixpence Anh còn nhỏ hơn đồng shilling: nó chỉ dày bằng một nửa của một phần mươi inch, tức 0,05 inch.

Tuy nhiên chuyện này không quan trọng. Một đồng shilling hay một đồng sixpence cổ cũng không thay đổi sự thật là một thế giới hoàn toàn mới đang mở ra. Lần đầu tiên con người có những cỗ máy dùng để chế tạo những cỗ máy khác, một cách chính xác và chuẩn xác. Đột nhiên, dung sai trở thành khái niệm được quan tâm: khả năng một cấu phần được gắn vào một cấu phần khác. Đây là một khái niệm mới mẻ, và về cơ bản, nó bắt đầu xuất hiện khi cỗ máy đầu tiên “chào đời” vào ngày 4 tháng 5 năm 1776. Cấu phần trung

tâm của động cơ hơi nước có một dung sai cơ học chưa từng có tiền lệ, thậm chí trước đây chưa ai nghĩ tới, dung sai 0,1 inch, thậm chí còn nhỏ hơn nữa.

Ở BÊN KIA BỜ ĐẠI TÂY DƯƠNG, đúng hai tháng sau sự kiện kể trên, vào ngày 4 tháng 7 năm 1776, một kỷ nguyên chính trị hoàn toàn mới cũng được mở ra. Hợp chúng quốc Hoa Kỳ ra đời với những tác động sâu sắc không ai lường được.

Ít lâu sau, đại diện của quốc gia mới tại châu Âu, Thomas Jefferson, nghe nói về những tiến bộ cơ khí thần kỳ này và bắt đầu suy nghĩ về việc làm thế nào để nước nhà xa xôi của ông có thể tận dụng những tiến bộ mà theo ông đánh giá là có tiềm năng lớn lao.

Jefferson tuyên bố: “Biết đâu chúng sẽ thiết lập cơ sở cho một kênh thương mại mới phù hợp với quốc gia non trẻ của mình”. Các kỹ sư đáp lại: “Biết đâu chúng ta có thể làm tốt hơn những gì chúng ta đã làm”, và họ đã dùng chính ngôn ngữ số học kỳ bí của công nghệ để vẽ nên tham vọng của mình: “biết đâu chúng ta có thể chế tác, gia công và sản xuất các chi tiết kim loại ở Mỹ với dung sai hẹp hơn nhiều dung sai 0,1 của John Wilkinson. Biết đâu chúng ta đủ khéo léo để giảm nó xuống 0,01. Thậm chí tốt hơn nữa - có thể là 0,001”. Ai dám nói trước chứ? Những kỹ sư tiên phong đó đã trăn trở: đến cả một quốc gia mới còn được thành lập, không lý gì máy móc mới lại không thể ra đời cả.

Hóa ra các kỹ sư - chủ yếu là người Anh, nhưng cũng bao gồm người Pháp, họ đặc biệt quan trọng với phần tiếp theo

của câu chuyện - còn làm được nhiều điều hơn những gì họ mường tượng. Vị thần chính xác nay đã được giải phóng khỏi cái chai. Công nghệ chính xác đích thực đã rời khỏi bệ phóng, và nhanh chóng thăng hoa.

## Chương 2 - Phẳng kinh ngạc, sát không ngờ

Dung sai: 0,0001

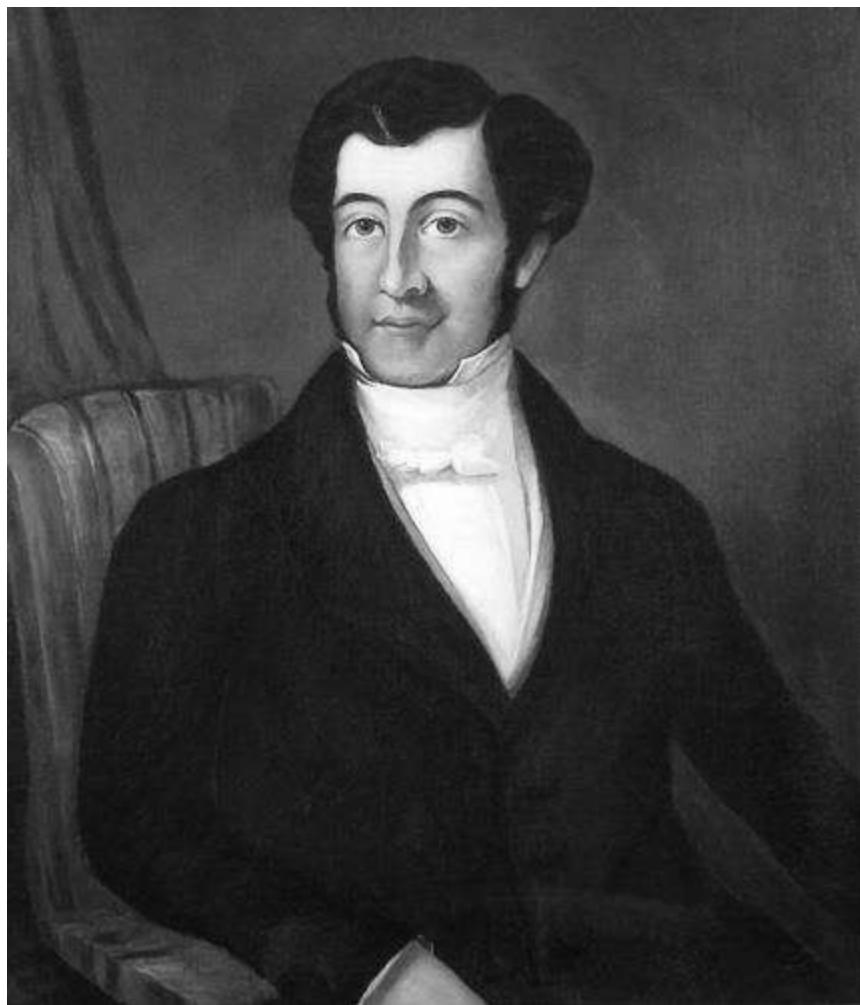
*Chính nhờ sự chính xác và chuẩn xác của các máy công cụ mà những cỗ máy ngày nay của chúng ta mới có thể chuyển động mượt mà và vận hành chắc chắn.*

- Ngài William Fairbairn, Bt. (1862), Báo cáo của Hiệp hội Anh vì Tiến bộ Khoa học.

Ở mạn phía Bắc phố Piccadilly của London, có tầm nhìn hướng ra công viên Green Park, nằm giữa các khu đóng quân của Câu lạc bộ Ky binh cổ kính trầm lặng về phía tây và một nhà hàng gỏi ceviche kiểu Peru mới mở cách đây không lâu về phía đông là số nhà 124, ngày nay là một tòa nhà thanh nhã nhưng có phần khép kín, cung cấp văn phòng cho những người có nhu cầu kín đáo và cẩn hộ dịch vụ cho giới nhà giàu.

Từ năm 1784, khi đầu phía Tây của đại lộ rộng lớn này vẫn còn là một khu xây dựng sôi động, tòa nhà này đã là nhà và xưởng làm việc của Joseph Bramah - một thợ làm khóa, chế tạo động cơ và đóng tủ. Sáu năm sau khi thành lập, Bramah & Company đã là một công ty nhỏ có uy tín và chỗ đứng vững chắc, và vào những ngày đẹp trời, những nhóm khách bộ hành sẽ tò mò xúm lại bên ngoài ô cửa sổ nhô ra ở mặt tiền tòa nhà, cố gắng phá giải một thách đố vô cùng khó, mà hơn 60 năm sau vẫn chưa có ai vượt qua được.

Phía bên kia ô cửa sổ chỉ có một vật duy nhất, đặt trên một tấm đệm nhung như một thánh tích. Đó là một cái khóa móc hình bầu dục, kích thước rất nhỏ, bề ngoài nhẵn nhụi và đơn giản. Trên bề mặt của nó có viết một dòng chữ nhỏ đến mức phải dí sát mặt vào cửa kính mới có thể đọc được: NGHỆ NHÂN NÀO CÓ THỂ CHẾ TẠO DỤNG CỤ MỞ HOẶC CẨY ĐƯỢC CHIẾC KHÓA NÀY SẼ NGAY LẬP TỨC NHẬN ĐƯỢC PHẦN THƯỞNG 200 GUINEA.



**Joseph Bramah**

Joseph Bramah, người thợ khóa thiên tài, cũng là người phát minh ra bút mực, thiết bị giữ cho bia lạnh dưới áp suất cao trong tầng hầm

quán rượu, cùng một máy đếm tiền giấy

Mãi cho đến năm 1851, khóa Bramah mới được cạy thành công - nhưng sự kiện đó không thoát khỏi tranh cãi như chúng ta sẽ đọc ở chương sau - và khoản tiền thưởng hậu hĩnh<sup>[\*]</sup> trên đã phải hoàn lại. Trong những năm trước đó, Bramah và Maudslay đã chứng tỏ họ là những kỹ sư cừ khôi. Họ phát minh ra đủ loại thiết bị kỳ thú, đồng thời cũng viết ra bộ quy tắc hữu dụng và độc lập cho ngành công nghệ chính xác vốn bắt đầu nổi lên sau thành tựu của John Wilkinson với chiếc máy khoan xi lanh ở Bersham. Một số phát minh của họ chìm khuất trong lịch sử, nhưng số khác trở thành nền móng cho phần lớn các thành tựu công nghệ tinh vi của tương lai.

Tuy trong hai người họ, Maudslay được biết tới rộng rãi hơn với một di sản được hầu hết các kỹ sư công nhận, Bramah có lẽ là người tài tình và phô trương hơn. Ông nảy ra ý tưởng về phát minh đầu tiên khi đang nằm trên giường sau một cú vấp ngã, và đó là một phát minh “đội sổ” về độ lăng mạn: để phục vụ cư dân London đang mong mỏi điều kiện vệ sinh, công cộng dễ chịu hơn, ông chế ra toa lét giật nước, và đăng ký bằng sáng chế cho một hệ thống nắp, phao, van, đường ống giúp cho toa lét vừa có khả năng tự làm sạch (thiết bị giật nước đầu tiên), vừa tránh được rủi ro đóng băng thường thấy vào mùa đông với hậu quả không hay ho gì. Ông kiếm được một gia tài khiêm tốn nhờ phát minh này, bán được 6.000 chiếc trong 20 năm sản xuất đầu tiên, và WC Bramah là vật dụng chính trong nhà tắm của

giới trung lưu Anh cho đến tận Đại lễ Vàng của Nữ hoàng Victoria 100 năm sau.

Bramah bắt đầu hứng thú tìm hiểu về khóa, dĩ nhiên vốn đòi hỏi tay nghề tinh xảo và chính xác hơn nhiều so với toa lét, từ năm 1783, khi ông được bầu làm thành viên của một tổ chức mới thành lập (và chưa bao giờ thay đổi trụ sở): Hiệp hội Hoàng gia về Xúc tiến Nghệ thuật, Sản xuất và Thương mại<sup>[\*]</sup>. Ngày nay, tổ chức này được biết đến đơn giản với cái tên Hiệp hội Nghệ thuật Hoàng gia (RSA). Vào thế kỷ XVIII, tổ chức này gồm sáu nhánh: Nông nghiệp, Hóa học, Thuộc địa và Thương Mại, Sản xuất, Cơ khí, và kỳ quặc nhất là Nghệ thuật Thanh lịch. Dễ hiểu khi Bramah chọn tham dự phần lớn các cuộc họp của nhánh Cơ khí và không lâu sau khi gia nhập thì nổi như cồn chỉ với một thành tựu đơn giản: cạy một cái khóa. Thật ra, nó không đơn giản lắm: tháng 9 năm 1783, một quý ông Marshall nào đó đã đệ trình một ổ khóa mà ông ta tuyên bố là không thể cạy được, và một chuyên gia địa phương tên là Truelove đã lọ mọ với cái khóa cùng một gioi dụng cụ đặc biệt trong vòng một tiếng rưỡi trước khi đầu hàng. Sau đó, từ cuối hàng ghế khán giả, Joseph Bramah bước lên, nhanh chóng lấy ra hai dụng cụ rồi mở khóa chỉ trong 15 phút. Cả khán phòng xôn xao: trước mặt họ rõ ràng là một thợ cơ khí hàng đầu.

Công chúng Anh thời đó bị ám ảnh với khóa. Một hệ quả không mong muốn của những thay đổi về xã hội và pháp lý tràn qua nước Anh cuối thế kỷ XVIII là sự phân chia xã hội khá sâu sắc: nếu tầng lớp quý tộc trong hàng thế kỷ qua đã trú ngụ trong những ngôi nhà nguy nga, được bảo vệ đằng

sau những bức tường thành, thượng uyển và hào bao quanh, dưới sự coi sóc của gia nhân, thì tầng lớp kinh doanh thời đại mới lại sống trong những căn nhà dễ dàng bị dân nghèo xâm nhập. Họ và tài sản của họ nhìn chung vừa dễ thấy vừa dễ tiếp cận, đặc biệt là ở các thành phố phát triển nhanh; họ chủ yếu sống trong những căn nhà và những con phố nằm trong tầm ngắm của một lượng lớn dân nghèo, ở đâu họ cũng bị ganh ghét. Cướp bóc diễn ra liên miên. Nỗi sợ bao trùm bầu không khí. Cửa lớn cửa nhỏ đều phải khóa. Khóa phải được sản xuất và phải tốt. Một ổ khóa như của ngài Marshall, cạy được trong vòng 15 phút bởi một người có tay nghề, và biết chừng chỉ trong vòng 10 phút bởi một kẻ đói bụng liều lĩnh, rõ ràng là không đủ tốt. Joseph Bramah đã quyết định thiết kế và làm ra một cái khóa tốt hơn.

Ông đã thành công vào năm 1784, chưa đầy một năm sau khi cạy được khóa của Marshall. Với phát minh này, thì một tên trộm cũng phải đầu hàng, dù có dùng phôi chìa bọc sáp, thứ dụng cụ được các tội phạm hết sức chuộng dùng để đoán định vị trí đòn và lẫy bên trong ổ khóa. Trong thiết kế của Bramah, đăng ký bằng sáng chế vào tháng 8, các lẫy bên trong ổ khóa sẽ nâng lên và hạ xuống tới những vị trí mới khi chìa khóa được cắm và xoay để nhả chốt, sau đó *quay trở lại vị trí ban đầu* khi chốt đã được cài. Kết quả là ổ khóa gần như miễn nhiễm với trộm cắp, và dù một tên trộm có loay hoay với phôi chìa sáp ra sao cũng không tài nào xác định được vị trí của các lẫy (vì chúng đã thay đổi) để nhả chốt.

Sau khi xác định được thiết kế cơ bản, Bramah hết sức khéo léo và tài tình chế tạo một ổ khóa hoàn chỉnh hình trụ, các lẫy không nâng lên và hạ xuống theo lực hấp dẫn mà di chuyển ra vào dọc theo bán kính của trục khóa, tuân theo răng chìa, sau đó quay trở lại vị trí ban đầu nhờ lò xo, mỗi lẫy một lò xo. Bằng cách này, cả ổ khóa có thể thu lại thành một ống trục nhỏ bằng đồng, dễ dàng gắn vào một hốc hình ống trên một cánh cửa gỗ hoặc két sắt, và chốt khóa sẽ nằm phẳng với mép ngoài của cánh cửa (khi khóa mở) hoặc đi vào hốc đồng trên khung cửa (khi khóa đóng).

Sau này, Joseph Bramah còn phát minh thêm nhiều hệ thống và thiết kế khác nữa, nhiều trong số đó không liên quan tới khóa mà xuất phát từ đam mê của ông đối với trạng thái của chất lỏng khi chịu áp suất, ví dụ như máy nén thủy lực, một phát minh có ý nghĩa lớn lao với nền công nghiệp toàn cầu. Bramah cũng đưa ra thị trường bút máy ở dạng sơ khởi<sup>[\*]</sup> và vẽ các thiết kế cho bút chì bấm. Một phát minh có ứng dụng lâu dài hơn là máy bơm bia, ngày nay vẫn được các chủ quán bia theo mô hình truyền thống sử dụng, dùng áp suất để bơm bia đang được giữ mát dưới tầng hầm vào cốc của khách hàng ở quầy tầng trên. (Nhờ phát minh này, những người pha chế đồ uống không còn phải trèo xuống tầng hầm rồi vác thùng bia leo lên nữa.) Có lẽ ngày nay, những người chuộng bia rót vòi (draft beer) không còn nhớ đến cái tên “Bramah”, dù có một quán rượu nhỏ ở Lancashire đặt theo tên ông. Tương tự, không mấy nhà in tiền biết chính Joseph Bramah là cha đẻ của cỗ máy đầu tiên có khả năng cho phép in hàng ngàn tờ tiền giống hệt nhau

nhưng khác số xê-ri. Ông còn chế tạo máy bào các tấm ván gỗ lớn, máy sản xuất giấy, và dự đoán những cánh quạt khổng lồ sẽ được dùng để di chuyển các con tàu lớn trên mặt nước vào một ngày nào đó.

Nhưng nhờ có khóa mà cái tên Bramah mới chính thức trở thành một phần trong vốn từ vựng tiếng Anh. Thật vậy, giờ đây sách vở vẫn nhắc tới bút Bramah hay khóa Bramah - Công tước xứ Wellington đã viết những dòng ca ngợi cả hai phát minh này, cũng như Walter Scott và Bernard Shaw. Nhưng từ Bramah nếu đứng riêng - như cách dùng của Dickens trong các cuốn tiểu thuyết *The Pickwick Papers* (tạm dịch: Di cảo của câu lạc bộ Pickwick), *Sketches by Boz* (tạm dịch: Phác thảo của Boz) và *The Uncommercial Traveller* (tạm dịch: Người du hành vô sản) - cho thấy ít nhất là với công chúng thời Victoria, tên của ông đồng nghĩa với phát minh của mình: dùng (chìa) Bramah để mở (khóa) Bramah, nhà được bảo vệ bằng (khóa) Bramah, và đưa (chìa) Bramah cho một người bạn thân để họ có thể thoải mái đến thăm không kể giờ giấc. Chỉ khi ngài Chubb và ngài Yale xuất hiện (lần đầu được ghi nhận trong Từ điển Tiếng Anh Oxford lần lượt vào năm 1833 và năm 1869), sự thống trị của cái tên Bramah mới bị lung lay.

Tất nhiên, khóa Bramah ưu việt là nhờ kết cấu tinh xảo. Nhưng chất lượng lâu bền của nó đến từ sự chính xác trong sản xuất. Và thành tựu đó không đến từ nhà phát minh ra chiếc khóa mà đến từ một người đàn ông - thực chất khi đó chỉ là một cậu thiếu niên - do Bramah tuyển về để sản xuất thiết bị này theo quy mô lớn, thật nhanh và thật tiết kiệm.

Henry Maudslay mới chỉ 18 tuổi vào thời điểm được Bramah chiêu mộ làm thợ học việc: trong tương lai ông sẽ trở thành một trong những nhân vật có sức ảnh hưởng lớn nhất trong giai đoạn đầu của công nghệ chính xác, và dấu ấn ông để lại vẫn còn hiện diện đến ngày nay ở cả nước nhà Anh quốc và trên toàn thế giới.

Cậu thiếu niên Maudslay khi được Bramah chiêu mộ là “một chàng trai cao ráo, vui tính” với kinh nghiệm tích lũy từ Xưởng công binh Hoàng gia Woolwich ở Đông London. Thoạt đầu là một chân bê thuốc súng 12 tuổi – Hải quân Hoàng gia dùng vô số bé trai để mang thuốc súng từ kho vũ khí lên boong tàu – Maudslay chuyển sang một xưởng mộc sau đó chỉ để tuyên bố sự thiếu chính xác của gỗ làm cậu chán nản. Ai thuê cậu bé này đều thấy rõ mối quan tâm thực sự của cậu là kim loại. Họ lờ đi khi cậu lén vào lò rèn của xưởng đóng tàu, và bỏ qua việc cậu tự học một nghề phụ – chế tác một loạt kiềng ba chân đẹp mắt và hữu dụng từ những bu lông sắt vứt đi.

NĂM 1789, BRAMAH lâm vào một tình cảnh éo le. Tình hình chính trị bên kia eo biển Manche tạo ra một làn sóng tị nạn từ Pháp, phần lớn đi vào London, và những cư dân bài ngoại ở thủ đô nước Anh đột nhiên có nhu cầu cung cấp an toàn cho nhà xưởng của mình. Bramah, với bằng sáng chế độc quyền của mình, rơi vào thế tiến thoái lưỡng nan: chỉ ông mới được phép chế tạo khóa Bramah, nhưng cả ông hay các kỹ sư mà ông tuyển về đều không thể chế tạo khóa với sản lượng đủ cao và giá thành đủ thấp. Phần lớn những người tự xưng là kỹ sư có tay nghề nhất định ở vài công

đoạn thô sơ - như đập búa liên tục vào những thỏi sắt nung mềm rồi tạo hình với đe, đục, giũa - nhưng không mấy ai đủ tư duy để xây dựng được thứ gọi là (một từ mới xuất hiện) *cơ cấu*.

Tình thế đã bắt đầu thay đổi. Nhân công lò rèn ở London thế kỷ XVIII là một nhóm khăng khít và cuối cùng Bramah cũng được nghe về một tay trẻ tuổi ở Woolwich khác hẳn với các đồng sự đi trước: thay vì thô lỗ đập búa vào những cục sắt, cậu ta có khả năng tạo ra các chi tiết kim loại tinh tế khác thường. Bramah đã tiến hành phỏng vấn cậu thiếu niên Maudslay. Tuy có cảm tình ngay lập tức với ứng viên, Bramah biết rõ thông lệ là những người mới vào nghề phải cần đến bảy năm học việc. Tuy nhiên, nhu cầu thương mại đã áp đảo thông lệ: trong khi khách hàng đập cửa đòi hàng ở Piccadilly, Bramah không còn thời gian để đảm bảo những thứ tốt đẹp nữa, mà quyết định liều mình thuê luôn cậu thiếu niên. Đây là một quyết định sẽ làm thay đổi lịch sử.

Henry Maudslay hóa ra là một nhà phát minh mang tính cách mạng. Đầu tiên, ông giải quyết được bài toán sản lượng của Bramah - nhưng không phải bằng phương pháp thông thường là thuê nhân công làm thủ công từng chiếc khóa. Thay vào đó, giống như John Wilkinson 13 năm về trước và cách đó hơn 300 km về phía tây, Maudslay đã chế tạo một cỗ máy để sản xuất khóa. Ông chế tạo một máy công cụ: cỗ máy có khả năng chế tạo một cỗ máy khác (hoặc trong trường hợp này là một cơ cấu). Ông chế tạo một tổ hợp các máy công cụ, mỗi thứ sẽ góp phần chế tác một hoặc nhiều cấu phần trong tổ hợp khóa hết sức phức tạp mà

Joseph Bramah thiết kế. Không chỉ có khả năng chế tác các cấu phần, Máy công cụ của Maudslay còn làm việc đó một cách nhanh, tốt, rẻ và không mắc lỗi, điều mà quy trình chế tác với dụng cụ thủ công khó tránh khỏi. Nói cách khác, chúng sẽ chế tạo các cấu phần chính xác.

Ba trong số các dụng cụ làm khóa của Maudslay ngày nay đang được trưng bày tại Bảo tàng Khoa học London. Đầu tiên là một cái cưa dùng để cắt rãnh trong trực khóa; cái thứ hai - không hẳn là một máy công cụ, mà là dụng cụ đảm bảo tốc độ đồng đều và thao tác nhất quán trong quá trình chế tạo - là một mỏ kẹp đóng mở nhanh, một *gá kẹp* có chức năng cố định thanh chốt khi nó đang được khía bằng một chuỗi lưỡi dao cắt gắn trên máy tiện; và thứ ba là một thiết bị đặc biệt thông minh, vận hành bằng bàn đạp chân, có chức năng vặn lò xo bên trong khóa và giữ chúng nén tại chỗ chờ đóng vỏ ngoài - một đĩa đồng sáng bóng có khắc chữ ký hoa mỹ của Công ty Khóa Bramah số 124 Picadilly, London, được chốt lại để kết thúc quá trình hoàn thiện một chiếc khóa.

Dụng cụ thứ tư, và theo một số quan điểm là máy công cụ quan trọng bậc nhất, cũng bắt đầu trở nên phổ biến trong khoảng thời gian này. Nó nhanh chóng trở thành một cấu phần không thể thiếu của máy tiện - một thiết bị xoay giống như bàn xoay gỗ, là dụng cụ cơ khí thiết yếu để cải thiện cuộc sống của con người kể từ khi nó được phát minh vào thời Ai Cập cổ đại. Trải qua nhiều thế kỷ, máy tiện phát triển rất chậm chạp. Có lẽ cải tiến lớn nhất là ở thế kỷ XVI, với việc bổ sung *trục vít-me*. Vít-me là một trực dài và (đặc biệt

ở những thời kỳ đầu) làm bằng gỗ, đặt dưới khung chính của máy tiện, có thể quay bằng tay để đưa ụ động của máy tiện vào gần hoặc ra xa ụ đứng. Vít-me vận hành với độ chính xác tương đối; quay tay quay một vòng sẽ khiến ụ động di chuyển khoảng 2,5cm chẳng hạn, phụ thuộc vào khoảng cách giữa các ren trên vít. Nó giúp tăng khả năng điều khiển máy tiện, cho phép tạo ra các thành phẩm (chân ghế, quân cờ, cán) cân xứng, cầu kỳ và đẹp đẽ.

Henry Maudslay sau đó mang đến một bước nhảy vọt cho máy tiện – trước tiên bằng cách dùng sắt để chế tạo nó, cho nó một kết cấu nặng và kiên cố, đồng thời cho phép nó tạo hình không chỉ gỗ mà cả những phôi kim loại cứng, điều mà những máy tiện mỏng manh thời xưa không làm được. Riêng thành tựu này đã đủ khiến đời sau nhớ đến cái tên Maudslay, nhưng sau đó ông còn bổ sung một cấu phần nữa vào máy tiện của mình, một cấu phần mà nguồn gốc của nó vẫn còn gây tranh cãi. Những tranh cãi này phản ánh sự phức tạp và bất đồng trong lịch sử của công nghệ chính xác.



## **Henry Maudslay**

Henry Maudslay, vốn là “chàng trai cao ráo, vui tính”, đã gia công các bộ phận bên trong của ổ khóa Bramah và dần trở thành cha đẻ của

hoạt động chế tác dụng cụ, sản xuất hàng loạt và khái niệm kỹ thuật chủ chốt để đạt được độ phẳng hoàn hảo

Cụ thể là, thiết bị được bổ sung vào máy tiện của Maudslay được gọi là bàn trượt, một cấu phần có kích thước lớn, vững chắc, gắn kiên cố vào máy nhưng có thể di chuyển nhờ hệ thống vít, có chức năng đỡ một hoặc nhiều dụng cụ cắt. Bên trong nó là một loạt bánh răng, cho phép dụng cụ cắt chỉ dịch chuyển một đoạn cực nhỏ, đem lại vết cắt chính xác trên chi tiết gia công. Bàn trượt nhất thiết phải được đặt giữa ụ trước máy tiện (kết hợp động cơ và trực gá quay phôi xung quanh) và ụ sau (đỡ đầu kia của phôi gia công). Vít-me - trong phiên bản của Maudslay được làm bằng kim loại thay vì gỗ với khoảng cách giữa các ren nhỏ hơn và bước răng tinh tế hơn nhiều so với khoảng cách khả dĩ đạt được trên gỗ - có chức năng di chuyển chi tiết gia công. Các dụng cụ cắt trên bàn trượt sau đó di chuyển theo một tuyến nhất định điều khiển bởi vít-me, do đó cho phép các dụng cụ cắt tạo lỗ trên phôi, vát cạnh (sau khi cơ chế bào được phát minh, một nội dung của chương tiếp theo), bào chi tiết gia công, hoặc tạo hình nó theo chủ đích của người điều khiển máy tiện. Nói cách khác, vít-me dịch chuyển chi tiết gia công dọc theo sống máy, và bàn trượt với dụng cụ cắt, vát hoặc tạo lỗ trên phôi sẽ di chuyển theo chiều ngang hoặc mọi hướng cắt đường do vít-me tạo ra.

Các chi tiết kim loại có thể được gia công thành nhiều hình dạng, kích cỡ và kết cấu phong phú, và nếu vít-me và bàn trượt được cài đặt đồng nhất (người điều khiển máy tiện có thể ghi lại vị trí của chúng và đảm bảo những lần vận

hành sau lắp lại y như trước), mọi chi tiết sau gia công cũng sẽ đồng nhất – về hình dạng, kích thước, khối lượng (nếu có cùng mật độ kim loại). Mọi chi tiết đều có thể nhân bản và quan trọng nhất là có thể thay thế lẫn nhau. Nếu các chi tiết này là cấu phần của một cỗ máy lớn hơn – chẳng hạn bánh răng, cò súng, tay cầm hay nòng súng – đó sẽ các cấu phần có *tính đổi lẫn*, một tính chất cơ bản của sản xuất hiện đại.

Quan trọng không kém, một chiếc máy tiện được trang bị tối tân như máy tiện của Maudslay cũng có khả năng chế tạo ra cấu phần thiết yếu nhất của nền công nghiệp: đinh vít.

Trong nhiều thế kỷ trước, quá trình sản xuất đinh vít đã chứng kiến nhiều cải tiến nhỏ, như chúng ta sẽ được thấy, nhưng phải đến Henry Maudslay (sau khi phát minh, làm chủ hoặc cải tiến bàn trượt trên máy tiện của mình) chúng ta mới có một phương pháp cắt đinh vít kim loại hiệu quả, chính xác và nhanh chóng. Nếu Bramah đặt một ổ khóa bên cửa sổ xưởng ở Piccadilly, vừa để khoe khoang vừa để thách thức thiên hạ, công ty Maudslay, Sons and Field cũng đặt bên cạnh chiếc cửa sổ vòm trong nhà xưởng đầu tiên của hãng, trên phố Margaret ở Marylebone, đồ vật mà người chủ hanh diện nhất – chiếc đinh vít công nghiệp bằng đồng dài 1,5 m, được chế tác chính xác và thẳng hoàn hảo.

Về mặt kỹ thuật, Maudslay không phải là người đầu tiên hoàn thiện máy tiện cắt đinh vít. 25 năm trước, năm 1775, Jesse Ramsden, một nhà sản xuất dụng cụ khoa học ở Yorkshire, cũng nhận tài trợ từ Hội đồng Kinh đô mà người

thợ đồng hồ John Harrison từng tốn nhiều công sức để phục vụ, và không được phép đăng ký bằng sáng chế của mình, đã chế tạo một máy tiện cắt đinh vít có kích thước nhỏ và tinh xảo. Chiếc máy này có thể cắt những đinh vít tí hon với 50 ren/1 cm - có nghĩa là phải xoay 50 vòng thì đinh vít mới di chuyển 1 cm - đồng nghĩa với khả năng điều chỉnh ở mức vi tế nhất bất kỳ thiết bị nào gắn đinh vít này. Nhưng máy tiện của Ramsden thực sự là cỗ máy sản xuất một lần, tinh tế như một chiếc đồng hồ đeo tay, dùng để chế tạo kính viễn vọng và các dụng cụ điều hướng khác, chứ không phải để sản xuất những thiết bị kim loại có kích thước lớn và có thể hoạt động với tốc độ cao mà không hao mòn hay sai lệch. Điều mà Maudslay đã làm được với chiếc máy tiện được trang bị đầy đủ của mình là tạo ra một động cơ mà theo lời một sử gia là sẽ trở thành “cỗ máy mẹ của thời đại công nghiệp”.

Hơn nữa, với chiếc đinh vít được chế tạo nhờ bàn trượt và kỹ thuật của mình, và với chiếc máy tiện khung sắt thay vì khung gỗ từng dùng với Bramah như trước đây, Maudslay có thể gia công mọi thứ tới dung sai *1/10.000 của 1 inch*. Và London đã chứng kiến sự ra đời của công nghệ chính xác.

Thế nên, tác giả của bàn trượt xứng đáng được ghi công cho vô số các cấu phần chính xác của tương lai với đủ hình dạng, kích cỡ, chức năng, phục vụ hàng triệu máy móc. Nhờ bàn trượt mà vô số vật dụng khác được ra đời, từ bản lề cho tới động cơ phản lực, các hộp xi lanh, pít-tông và những lõi plutoni chết chóc của bom nguyên tử - tất nhiên là cả đinh vít.

Nhưng ai là người đã phát minh ra bàn trượt? Một số người nói Henry Maudslay là tác giả, và ông đã phát minh ra nó ở “xưởng bí mật” của Joseph Bramah, “nơi chứa một vài chiếc máy kỳ lạ... do ngài Maudslay tự tay xây dựng.” Những người khác cho rằng chính Bramah mới là tác giả. Số khác nữa phủ nhận hoàn toàn vai trò của Maudslay, quả quyết Maudslay không những không phát minh ra bàn trượt mà còn chưa bao giờ tuyên bố điều đó. Các cuốn bách khoa toàn thư viết rằng bàn trượt đầu tiên thực ra đến từ nước Đức, vì nó đã được minh họa trong một bản thảo năm 1480. Andrey Nartov, nhà khoa học người Nga sống trong thế kỷ XVIII, được phong danh hiệu nghệ nhân riêng của Sa hoàng Peter Đại đế, được ca tụng là bậc thầy vận hành máy tiện vĩ đại nhất châu Âu (và dạy phương pháp tiện cho vua Phổ thời đó), cũng được cho là đã chế tạo một bàn trượt vận hành được (và mang nó đến London trưng bày) năm 1718. Và nếu ai đó không tin vào câu chuyện từ St. Petersburg, thì hãy biết thêm một người Pháp tên là Jacques de Vaucanson rất có thể đã chế tạo một bàn trượt vào năm 1745.

Chris Evans, một giáo sư ở Bắc Carolina, người đã có nhiều bài viết về thời kỳ đầu của công nghệ chính xác, thừa nhận sự tồn tại của nhiều quan điểm đối lập, và lưu ý chúng ta không nên sa vào bức tranh “nhà phát minh anh hùng”. Theo ông, tốt hơn hết là nên coi công nghệ chính xác là đứa con có nhiều cha mẹ, các tiến bộ của công nghệ chính xác luôn gối đầu lên nhau, không có ranh giới rõ ràng giữa các chuyên ngành có gắn thuật ngữ *chính xác*, sự phát triển của công nghệ chính xác đã diễn ra liên tục trong ba thế kỷ và ở

giai đoạn đầu không tránh khỏi những bối rối và lẩn lộn. Nói cách khác, câu chuyện của công nghệ chính xác lại không chính xác chút nào.

Dù vậy, Henry Maudslay vẫn để lại di sản đáng nhớ với các phát minh và đóng góp của ông khi cộng tác với Joseph Bramah, người mà ông đã rời bỏ trong bức tức sau khi đề nghị tăng lương bị từ chối phủ phàng - lúc đó ông được trả 30 shilling một tuần vào năm 1797.

NGAY SAU ĐÓ, MAUDSLAY rời khỏi thế giới chật hẹp của các thợ khóa Tây London và gia nhập - có thể nói là được tấn phong vào - một thế giới hoàn toàn khác: thế giới của sản xuất hàng loạt. Nhờ Maudslay, một cấu phần không thể thiếu của tàu buồm Anh mới có thể được sản xuất ở quy mô lớn. Ông đã chế tạo một hệ thống máy móc vô cùng phức tạp mà cho đến 150 năm sau vẫn được dùng để sản xuất cụm ròng rọc, cấu phần trọng tâm của hệ thống chằng buồm của tàu, đem lại cho Hải quân Hoàng gia khả năng di chuyển, tuần tiễu, và trong một giai đoạn lịch sử, thống trị các đại dương trên thế giới.

Câu chuyện bắt đầu từ một may mắn tình cờ, và cũng như câu chuyện của Bramah và ổ khóa ở Piccadilly, nó bắt đầu ở một ô cửa sổ (tại xưởng của Henry Maudslay), kiêu hãnh trưng bày một đinh vít đồng dài 1,5 m mà Maudslay đã chế tạo bằng máy tiện của ông, đặt ở bục trung tâm để quảng cáo cho kỹ nghệ của người chủ xưởng. Không lâu sau khi chiếc đinh vít được trưng ra, khoanh khắc may mắn xảy đến. Hai nhân vật chính trong câu chuyện này sẽ xây dựng một

nhà máy sản xuất cụm ròng rọc, và thể sẽ làm chúng một cách chuẩn chỉnh, để thỏa mãn nhu cầu đang ngày càng cấp bách.

Một nhà máy sản xuất cụm ròng rọc tương tự đã được xây dựng vào giữa thế kỷ XVIII tại thành phố cảng Southampton ở miền Nam nước Anh, có chức năng cưa và đục mộng cho các cầu phần gỗ, nhưng phần lớn công đoạn hoàn thiện vẫn được thực hiện thủ công nên thành phẩm đầu ra thiếu ổn định. Trong khi đó, một nguồn cung cụm ròng rọc ổn định được coi là vấn đề sống còn đối với nước Anh.

Giữa Anh và Pháp đã diễn ra một chuỗi các cuộc chiến tranh không liên tục trong hầu hết nửa cuối thế kỷ XVIII, và sự nổi lên của Napoleon Bonaparte hậu Cách mạng Pháp khiến người Anh nghĩ họ sẽ còn tiếp tục phải vận binh trong những thập kỷ đầu của thế kỷ XIX. Trong hai quân chủng của Anh, bộ binh và hải quân Hoàng gia, hải quân ngốn phần lớn ngân sách chiến tranh, và các bến cảng của Anh chẳng mấy chốc tấp nập các tàu lớn sẵn sàng ra khơi bất cứ lúc nào để cho kẻ thù Pháp, đặc biệt là Napoleon, nếm mùi đại bác. Hàng loạt xưởng đóng tàu được xây dựng ồ ạt, các xưởng cạn đồng loạt được sửa chữa, và các tàu khu trục khổng lồ của Anh di chuyển huyên náo trên các vùng biển từ eo Manche tới sông Nile, từ bờ biển Bắc Phi tới bờ biển Coromandel một cách uy dũng và cảnh giác, không ngừng tuần tiễu.

Tất cả những chiến hạm này dĩ nhiên đều chạy bằng buồm. Đại khái, chúng là những thuyền lớn có thân bằng gỗ

và sống bọc đồng, với ba boong gắn đại bác cùng những cột buồm kỳ vĩ bằng gỗ thông lấy từ Đảo Norfolk, trên đó buộc những tấm vải buồm cũng to lớn không kém. Tất cả các buồm của thời đó đều là các thớ vải bạt được treo, đỡ và điều khiển thông qua hàng dăm dây chằng ngang, dây chằng dọc, dây néo, dây buộc và dây chân. Phần lớn các dây đó phải đi qua các hệ thống bánh đai gỗ vững chắc mà các thủy thủ gọi đơn giản là các “cụm”. Cụm ròng rọc thuộc một tổ hợp thiết bị được biết tới trong và ngoài ngành hàng hải dưới cái tên hệ pa-lăng.

Một con tàu lớn có thể có tới 1.400 cụm ròng rọc ở nhiều kiểu loại và kích cỡ khác nhau, tùy thuộc vào tác vụ của chúng. Một cụm ròng rọc đơn là đủ cho một thủy thủ nâng một tấm buồm đỉnh hoặc di chuyển một cột buồm duy nhất từ nơi này đến nơi khác. Để nâng những vật rất nặng (ví dụ như mỏ neo) có thể cần tổ hợp sáu cụm, mỗi cụm gồm ba ròng rọc, và một dây thừng chạy qua cả sáu cụm sao cho một thủy thủ chỉ cần dùng lực kéo tương đương một vài cân là có thể nâng được mỏ neo nặng nửa tấn. Cơ chế vật lý học của hệ pa-lăng, hiện vẫn còn được dạy tại một số trường chất lượng cao, cho thấy ngay cả hệ thống ròng rọc sơ khai nhất cũng có thể là một trợ lực đặc biệt hữu hiệu, với cách vận hành vô cùng đơn giản và duyên dáng.

Cụm ròng rọc dùng cho tàu thủy cần đặc biệt bền và khoẻ vì sẽ phải chống chịu hàng năm trời sóng dữ, gió buốt bụi muối, cũng như ẩm thấp vùng nhiệt đới hay nắng nóng thiêu đốt vùng xích đạo, vừa phải nâng vật nặng vừa bị các thủy thủ đối xử thô bạo. Ở thời hoàng kim của tàu buồm, chúng

chủ yếu được làm từ gỗ du, với các phiến sắt đóng ở hai mạn, bên trên và bên dưới gắn móc sắt, kẹp giữa hai mạn là bánh đai hay ròng rọc, và dây thừng quấn quanh bánh. Bánh đai thường được làm từ *Lignum vitae*, chính là loại gỗ cứng và tự bôi trơn mà John Harrison sử dụng để làm bánh răng cho đồng hồ. Ngày nay, phần lớn cụm ròng rọc có bánh đai bằng nhôm hoặc thép, bản thân toàn cụm cũng được làm từ kim loại, và nếu con thuyền theo phong cách cổ điển, cụm ròng rọc sẽ được làm từ đồng và gỗ sồi đánh vec-ni.

Đây chính là nỗi lo lớn của Hải quân Hoàng gia Anh đầu thế kỷ XIX. Nước Pháp dưới thời Napoleon là một quốc gia hung hăng, hiếu chiến, chỉ nằm cách nước Anh 20 dặm bên kia eo biển, đã thế, hải quân Anh vẫn phải để tâm tới vô số vấn đề hàng hải khác. Điều các đô đốc quan tâm nhất không phải là đóng đủ tàu mà là có đủ các cụm ròng rọc thiết yếu để các tàu được cảng buồm. Nhu cầu của Bộ Hải quân Anh là 130.000 cụm mỗi năm, ở ba kích thước chính, và trong nhiều năm qua chúng đều phải được làm thủ công do sự phức tạp về kết cấu. Hàng chục nghệ nhân gỗ ở trong và khắp miền Nam nước Anh được chiêu mộ cho công tác này và nguồn cung của họ hết sức thiếu tin cậy.

Khi thù địch trên biển leo thang và ngày càng nhiều tàu được đặt hàng, đòi hỏi về một nguồn cung hiệu suất hơn ngày càng trở nên cấp bách. Thanh tra trưởng của hải quân lúc bấy giờ, Ngài Samuel Bentham, quyết định tự giải quyết vấn đề. Năm 1801, Ngài Marc Brunei đã tiếp cận Bentham và đề xuất một phương án với ngài thanh tra<sup>[\*]</sup>.

Brunei, một người Pháp ủng hộ sự cai trị của Hoàng gia, phải tị nạn ở Anh vì chính những thay đổi chính trị ở Pháp đang khiến Bộ trưởng Bộ Hải quân đau đầu - thực ra, ông đã di cư sang Mỹ và trở thành kỹ sư trưởng của New York rồi mới quay về Anh để kết hôn - đã năm được vấn đề cơ khí trong sản xuất cụm ròng rọc. Ông biết các công đoạn cần thiết để sản xuất một cụm ròng rọc - có ít nhất 16 công đoạn; một cụm ròng rọc, thoạt nhìn tuy đơn giản nhưng trên thực tế quá trình sản xuất lại rất phức tạp - và đã thiết kế sơ bộ những cỗ máy mà ông tin là sẽ thực hiện được các công đoạn đó<sup>[\*]</sup>. Ông đăng ký bản quyền và đến năm 1801 được cấp bằng sáng chế: “Một cỗ máy mới và hữu hiệu để cắt một hoặc nhiều lỗ mộng cho hai mạn và cắt lỗ trên vỏ cụm ròng rọc, để tiện và khoan bánh đai, để gắn và cố định lỗ chêm.”

Đây là một thiết kế mang tính cách mạng. Máy của ông thực hiện hai chức năng riêng rẽ - chẳng hạn, máy cưa vòng có thể thực hiện nhiệm vụ của máy cắt mộng, ông dùng vận động dư của một cỗ máy để chạy một máy khác gần đó, tạo ra một quy trình cơ khí liên tục. Để các máy có thể phối hợp với nhau, mỗi máy phải vận hành với độ chính xác cao nhất, bởi chỉ cần một sai lệch nhỏ lọt vào hệ thống, giống như virus máy tính ngày nay, nó nhanh chóng lan truyền và khuếch đại, lây nhiễm ra toàn bộ hệ thống, cuối cùng khiến hệ thống ngưng vận hành. Khởi động lại một hệ thống toàn những cỗ máy bằng sắt khổng lồ chạy hơi nước với các tay đòn vung vẩy lên xuống, các đai chạy tít mù, các bánh đà gầm thét không đơn giản như ấn nút và đợi nửa phút.

Do hệ thống được bán cho hải quân có kết cấu cực kỳ phức tạp, Brunei buộc phải tìm một kỹ sư có đủ khả năng và ý chí xây dựng những cỗ máy chưa từng có trong lịch sử như thế, đảm bảo chúng có khả năng sản xuất lặp đi lặp lại, cho ra được hàng ngàn cụm ròng rọc gỗ có độ chính xác cao phục vụ nhu cầu cấp thiết của hải quân.

Ô cửa sổ của Henry Maudslay đi vào câu chuyện tại thời điểm này. Một người bạn cũ của Brunei từ những năm tháng ở Pháp, cũng là một người nhập cư, tên là M. de Bacquancourt, tình cờ đi ngang qua xưởng của Maudslay trên Phố Margaret và nhìn thấy, hiện hữu phía sau khung cửa sổ, chiếc đinh vít đồng dài 1,5 m trứ danh mà chính tay Maudslay đã chế tạo bằng máy tiện của mình. Quý ông người Pháp bước vào trong, trò chuyện với một vài trong số 80 nhân công của xưởng cơ khí, rồi trao đổi với chủ xưởng, và ra về với niềm tin vững chắc nếu có ai đó ở nước Anh có thể làm được thứ mà Brunei muốn, đó phải là người đàn ông này.

Thế là Bacquancourt kể với Brunei, và Brunei hẹn gặp Maudslay ở Woolwich. Trong buổi gặp mặt, Brunei cho người kỹ sư trẻ xem một bản vẽ kỹ thuật mô tả một trong những chiếc máy mà ông dự định sản xuất - và ngay lập tức, Maudslay, với khả năng đọc bản vẽ như nhạc công đọc bản nhạc và người bình thường đọc sách, nhận ra đây là công cụ chế tạo cụm ròng rọc. Các mô hình máy đề xuất được dựng lên để minh họa trực quan cho Bộ Hải quân và Maudslay bắt tay vào công việc sau khi được chính phủ chính thức đặt hàng.

Nhiệm vụ của ông là dựa vào các bản vẽ của Brunei để thiết kế và chế tạo những cỗ máy chính xác đầu tiên trên thế giới nhằm mục đích duy nhất: sản xuất những sản phẩm khác. Trong trường hợp này, sản phẩm là cụm ròng rọc, nhưng đó cũng có thể là súng, đồng hồ, và trong tương lai là máy tia hột bông và xe cơ giới - sản xuất hàng loạt.

Dự án kéo dài sáu năm trời. Hải quân dựng một khu liên hợp khổng lồ trong xưởng đóng tàu ở Portsmouth để chứa một hạm đội các động cơ sắp ra lò. Và lần lượt từng chiếc, đầu tiên từ xưởng của Maudslay ở Phố Margaret, London, sau đó, khi công ty mở rộng quy mô, từ một nhà máy ở Lambeth, phía Nam sông Thames, những cỗ máy làm nên lịch sử của Maudslay đã được chuyển tới hải quân.

Tổng cộng có 43 cỗ máy, mỗi chiếc thực hiện một trong 16 tác vụ nhằm biến một khúc gỗ du thành một cụm ròng rọc rồi gửi tới kho chứa của hải quân. Tất cả đều được làm bằng sắt để vừa giữ được sự chắc chắn, cứng cáp vừa có khả năng vận hành đủ chính xác theo yêu cầu của hải quân trong hợp đồng. Đó là những cỗ máy có chức năng cưa gỗ, kẹp gỗ, đục mộng gỗ, khoan lỗ, tráng thiếc cho chốt sắt, đánh bóng bề mặt, xoi rãnh, đẽo, khía, tạo hình và láng mịn các rãnh của cụm ròng rọc để cho ra sản phẩm hoàn thiện. Một loạt từ mới bỗng chốc ra đời: bánh cóc và bánh cam, trực và phay, vát xiên và bánh vít, dao định hình và bánh răng vành khăn, khoan đồng trực và máy đánh bóng.

Tất cả những cỗ máy đó nằm trong Nhà Máy Cụm, khu liên hợp trên được đặt tên vào năm 1808, không lâu sau khi

đi vào vận hành. Mỗi cỗ máy của Maudslay được truyền động thông qua các băng chuyền bằng da liên tục xoay và đập; các băng chuyền này được truyền động bằng những trục sắt gắn trên trần; và các trục này được quay bởi một động cơ hơi nước khổng lồ 32 mã lực hiệu Boulton and Watt, liên tục rền vang, phun hơi và nhả khói ra bên ngoài tòa nhà - một “hang động” ba tầng ồn ào và nguy hiểm.

Nhà Máy Cụm vẫn đứng đó cho đến ngày nay, là chứng nhân cho sự hoàn hảo tuyệt đối của tất cả những cỗ máy sắt chế tạo bằng tay ở đó. Chúng được chế tạo tốt tới mức phần lớn vẫn hoạt động sau 150 năm - kỹ sư thời nay cho rằng chúng là những kiệt tác; Hải quân Hoàng gia sản xuất cụm ròng rọc cuối cùng vào năm 1965. Và việc phần lớn cấu phần - chẳng hạn như chốt sắt - được Maudslay và nhân viên sản xuất theo cùng một kích thước đồng nghĩa với việc chúng có thể đổi lẫn cho nhau. Điều này có tác động lớn tới tương lai của sản xuất công nghiệp - như chúng ta sẽ sớm tìm hiểu, khi tầm quan trọng của tính đổi lẫn được một vị Tổng thống Hoa Kỳ trong tương lai nhận ra.

Nhưng Nhà Máy Cụm còn nổi tiếng vì một lý do khác, một lý do với hệ quả xã hội sâu sắc. Nó là nhà máy đầu tiên trên thế giới được vận hành hoàn toàn bởi động cơ hơi nước. Đúng là trước đó từng có những máy móc được chạy bằng sức nước và khái niệm cơ khí hóa không phải là khái niệm mới. Nhưng quy mô và sức mạnh của nhà máy tại Portsmouth nằm ở một đẳng cấp khác, nó sử dụng một nguồn năng lượng không phụ thuộc vào thời tiết hay khí hậu hay những đóng đánh khác của tự nhiên. Miễn là có than,

nước và một động cơ thỏa mãn những yêu cầu khắt khe nhất về độ chính xác, nhà máy có thể vận hành.

Như vậy, những chiếc cưa, thiết bị đục và máy khoan của thời tương lai sẽ được chạy bằng động cơ. Những động cơ ấy (cả ở Portsmouth và không lâu sau ở hàng ngàn nhà máy khác, sản xuất những thứ khác) không còn phải được điều khiển và truyền động bằng sức người nữa. Những công nhân ở các xưởng gỗ, những người từ trước đến nay cắt, lắp ráp và hoàn thiện cụm ròng rọc cho hải quân, giờ đây trở thành những nạn nhân đầu tiên của máy móc vô tình. Nếu trước đây, hơn 100 nghệ nhân lành nghề phải làm việc cật lực để thỏa mãn nhu cầu dường như vô đáy của hải quân thì giờ đây, chỉ cần một nhà máy là có thể làm việc đó một cách dễ dàng, không tốn một giọt mồ hôi: Nhà Máy Cụm Portsmouth sẽ sản xuất ra 130.000 cụm ròng rọc mỗi năm theo đúng yêu cầu của hải quân, mỗi phút làm việc cho một cụm, nhưng chỉ cần mười nhân công vận hành.

Công nghệ chính xác đã đem lại những tổn thất đầu tiên. Bởi những công nhân này không cần bất cứ kỹ năng đặc biệt nào. Họ chẳng làm gì ngoài đút gỗ vào phễu máy cắt, sau đó lấy thành phẩm ra rồi trữ trong kho; hoặc cùng lăm là cầm những chai dầu nhớt và giẻ bông để bôi trơn, đánh bóng và trông chừng những con quái vật kim loại xanh xám không ngừng lanh canh và xung xoảng, không ngừng chế giễu họ khi chúng quay, xoay, ợ, rung, nâng, xé, cưa và khoan, một đòn hợp xướng cơ khí vang động khắp tòa nhà mới.

Hệ quả xã hội có thể thấy được ngay, ở mặt tích cực, các cỗ máy hoạt động chính xác và cho ra sản phẩm đúng như thiết kế. Lãnh đạo Bộ Hải quân tuyên bố họ hài lòng với những gì đạt được. Brunei nhận được tấm séc có giá trị bằng số tiền mà quy trình sản xuất mới tiết kiệm cho hải quân: 17.093 bảng. Maudslay nhận 12.000 bảng và sự tung hô của công chúng cũng như cộng đồng các kỹ sư và trở thành một trong những cái tên quan trọng nhất trong những năm đầu của công nghệ chính xác, một trong những bàn tay khởi động cuộc Cách mạng Công nghiệp. Chương trình đóng tàu của Hải quân Hoàng gia diễn ra đúng theo kế hoạch, và với sự khẩn trương chào đón của các liên đội và tiểu đội tàu chiến mới, cuộc chiến Anh-Pháp nhanh chóng kết thúc với phần thắng nghiêng về người Anh.

Napoleon<sup>[\*]</sup> cuối cùng cũng bị đánh bại và bị đày tới đảo Saint Helena trên một tàu chiến tuyến hạng ba gồm 74 khẩu súng, chiếc HMS *Northumberland*, hộ tống bởi HMS *Myrmidon* hạng sáu gồm 20 súng. Hệ thống dây chằng của hai tàu này bao gồm khoảng 1.600 cụm ròng rọc, hầu hết được sản xuất ở Nhà Máy Cụm Portsmouth, được cưa, đục, khía bằng những động cơ sắt của Henry Maudslay dưới sự giám sát của mười nhân công hợp đồng không có tay nghề của hải quân.

Nhưng cái gì cũng có hai mặt, và ở mặt tiêu cực, 100 nghệ nhân lành nghề Portsmouth đột nhiên mất việc. Không khó để hình dung những tháng ngày đầu tiên sau khoản lương cuối cùng được trả, khi những người này và gia đình cứ nghĩ mãi tại sao chuyện này lại xảy ra, tại sao khi nhu

cầu sản phẩm gia tăng, nhu cầu nhân công lại co hẹp. Với những người đàn ông Portsmouth ấy và gia đình của họ, một con số không đủ lớn để thu hút sự chú ý trên diễn đàn chính trị, sự xuất hiện của công nghệ chính xác không phải là tin mừng. Đối với những kẻ có quyền lực, nó mang lại nhiều lợi ích; với những người yếu thế: lo lắng và vấn đề.

Trong các phản ứng của dân chúng, được biết đến rộng rãi nhất, chủ yếu do những cảnh đập phá thi thoảng nổ ra, là một phong trào cách đó hàng trăm dặm ở phía Bắc, liên quan tới một ngành công nghiệp hoàn toàn khác. Phong trào Luddite, như cách gọi ngày nay, là một phong trào ngắn ngủi - khởi phát ở Bắc miền Trung nước Anh vào năm 1811 - chống lại sự cơ khí hóa của ngành dệt, trong đó những đám đông đeo mặt nạ xông vào các nhà máy, đập phá máy dệt và chặn hoạt động sản xuất đăng-ten cùng những mặt hàng vải khác. Chính phủ thời đó<sup>[\*]</sup> hoảng hốt đưa ra (trong ngắn hạn) hình phạt tử hình cho những người bị kết tội phá hoại máy dệt; khoảng 70 Luddite bị treo cổ, nhưng chủ yếu vì vi phạm các luật cấm nổi loạn và gây ra các thiệt hại tài sản.

Đến năm 1816, các cuộc nổi loạn đã xì hơi<sup>[\*]</sup> và phong trào Luddite đi vào thoái trào. Nhưng nó không bao giờ chết hẳn, và từ *Luddite* (lấy theo tên của người được cho là thủ lĩnh phong trào, Ned Ludd) vẫn hiện diện trong ngôn ngữ ngày nay, chủ yếu được dùng với ý nghĩa miệt thị, chỉ những người kháng cự lại sự cám dỗ của công nghệ. Nhưng cần nhớ ngay từ khi xuất hiện, kỹ thuật dựa trên sự chính xác đã tạo ra những tác động xã hội mà không hẳn được tất cả mọi người chấp nhận hay chào đón. Thời đó không thiếu tiếng

nói phê phán công nghệ chính xác, những lời cảnh báo về hậu quả của nó, và ngày nay cũng vậy, như chúng ta sẽ sớm được thấy.

Henry Maudslay vẫn tiếp tục cho ra các phát minh mới. Sau khi cả 43 cỗ máy sản xuất cụm ròng rọc vận hành nhịp nhàng với nhau ở Portsmouth, sau khi đã hoàn tất hợp đồng với hải quân, sau khi danh tiếng của ông (“cha đẻ của thời đại công nghiệp”) được củng cố vững chắc, ông có thêm hai đóng góp lớn khác cho thế giới những cỗ máy tinh xảo và hoàn hảo: một ý tưởng và một thiết bị. Cả hai đều đặc biệt quan trọng, nhất là khi nhìn lại từ tương lai hai thế kỷ sau đó, và quan trọng hơn cả là ý tưởng mà Maudslay đưa ra.

Ý tưởng này xoay quanh khái niệm “độ phẳng”. Nói cách khác, nó xoay quanh việc tạo ra một bề mặt mà theo định nghĩa của *Từ điển Tiếng Anh Oxford* là “không cong, lõm hay lồi”. Nó liên quan tới việc tạo ra một cơ sở cho mọi phép đo lường và sản xuất chính xác. Bởi Maudslay nhận ra một máy công cụ chỉ có thể chế tác ra một cỗ máy chính xác nếu bề mặt gắn máy có độ phẳng hoàn hảo, một bề mặt hình học hoàn toàn và tuyệt đối bằng phẳng.

Nhu cầu về một mặt phẳng tiêu chuẩn của các kỹ sư cũng giống như nhu cầu về một chiếc đồng hồ chính xác của các hoa tiêu - như chiếc đồng hồ của John Harrison, hay nhu cầu của một nhà trắc địa đối với một đường kinh tuyến chính xác - như đường kinh tuyến được vẽ ở Ohio vào năm 1786 để làm cơ sở vẽ bản đồ miền trung Hoa Kỳ. Vấn đề kém lăng mạn hơn của việc tạo ra một mặt phẳng hoàn hảo, một

phần quan trọng của thế giới chế tạo máy, đòi hỏi một chút khéo léo và bước nhảy vọt về tư duy - và xưởng của Henry Maudslay có cả hai điều này trong bối cảnh cuối thế kỷ XVIII.

Quá trình tạo ra mặt phẳng hết sức đơn giản, và logic đằng sau nó thì không có sơ hở. *Từ điển Tiếng Anh Oxford* minh họa khá rõ quá trình này với một trích dẫn từ cuốn *Panorama of Science and Art* (tạm dịch: Toàn cảnh Khoa học và Nghệ thuật) kinh điển của James Smith, xuất bản lần đầu năm 1815, như sau: “để mài một bề mặt hoàn hảo... đòi hỏi phải mài cả ba bề mặt cùng lúc”. Dù phải thừa nhận nguyên tắc này đã được biết đến từ nhiều thế kỷ trước, nhưng nhiều người tin Henry Maudslay là người đầu tiên đưa nó vào thực tiễn và tạo ra các chuẩn mực kỹ thuật vẫn tồn tại đến ngày nay.



Trắc vi kế dạng bàn đo của Henry Maudslay chính xác đến độ nó được mệnh danh là “Đại Chưởng Ẩn” bởi không ai dám phản bác nó (bản quyền hình ảnh thuộc Science Museum Group Collection)

Ba là con số cốt yếu. Bạn có thể lấy hai tấm thép rồi mài nhẵn chúng đến khi tin là chúng đã phẳng đến mức hoàn hảo - sau đó, bằng cách quét màu và chà hai bề mặt vào nhau để xem chỗ nào bị bong tróc màu, chỗ nào không, tương tự như ở phòng khám nha khoa, một kỹ sư có thể so sánh độ phẳng của tấm thép này với tấm thép kia. Tuy nhiên, cách so sánh này không hữu ích lắm vì không có gì đảm bảo cả hai tấm đều phẳng hoàn hảo, bởi biết đâu lỗi ở tấm này lại được lỗi ở tấm kia điều chỉnh. Ví dụ một tấm hơi lỗi, phần trung tâm của nó bị phình ra khoảng 1mm hoặc hơn. Rất có thể tấm kia bị lõm ở vị trí đối ứng, và hai tấm vẫn khớp với nhau - tạo ra ảo giác chúng phẳng như nhau. Chỉ bằng cách dùng một tấm thứ ba để kiểm tra, và thực hiện thêm các thao tác mài, bào và làm nhẵn để loại bỏ các điểm lỗi thì độ phẳng tuyệt đối (với các thuộc tính màu nhiệm như ở các căn mẫu của cha tôi) mới có thể được đảm bảo.

**TIẾP ĐẾN LÀ CÁI MÁY ĐO: TRẮC VI KẾ.** Henry Maudslay nhìn chung cũng được ghi nhận là người đầu tiên tạo ra loại máy này, đặc biệt là một thiết bị có hình dáng và cảm giác của một dụng cụ hiện đại. Công bằng mà nói, nhà thiên văn học sống trong thế kỷ XVII, William Gascoigne, đã chế tạo ra một thiết bị có hình dáng khác hẳn chiếc máy của Maudslay nhưng có chức năng tương tự. Ông gắn một thước kẹp vào thị kính của kính viễn vọng. Dùng một đinh vít ren nhỏ, người sử dụng có thể đưa hai gọng của thước kẹp vào hai

bên của hình ảnh thiên thể (thường là mặt trăng) hiện lên trên thị kính. Một phép tính nhanh liên quan tới độ cao của đinh vít tính bằng inch, số lần quay vít cần thiết để hai gọng của thước kẹp tiếp xúc với hai bên đối tượng đo, và độ dài tiêu cự chính xác của thấu kính kính viễn vọng, sẽ cho ra “kích thước” của mặt trăng theo đơn vị giây cung.

Mặt khác, một trắc vi kế dạng bàn đo sẽ đo kích thước thực tế của một vật thể vật lý - đó chính xác là việc Maudslay và các đồng nghiệp của ông liên tục phải thực hiện. Họ cần đảm bảo tất cả các cấu phần của những cỗ máy họ đang chế tạo phải khớp với nhau, với dung sai đã định, phù hợp với loại máy và tiêu chuẩn thiết kế.

Cũng như phát minh trước đó một thế kỷ của Gascoigne, trắc vi kế dạng bàn đo sử dụng một đinh vít dài tinh xảo. Nó tuân theo nguyên tắc hoạt động cơ bản như máy tiện, nhưng thế chỗ cho bàn trượt gắn các dụng cụ cắt và khoan là hai khối phẳng hoàn hảo, một khối gắn với ụ đứng, khối còn lại gắn với ụ động, và khoảng cách giữa chúng sẽ tăng hoặc giảm theo chiều xoay của trục vít-me.

Chúng ta có thể đo được khoảng cách của hai khối và chiều rộng của bất kỳ vật thể nào được kẹp chặt giữa hai khối đó - thậm chí có thể đo chính xác hơn nếu bản thân các ren của trục vít-me là đồng nhất, và đặc biệt nếu trục vít-me được cắt một cách tinh xảo, cho phép các khối tịnh tiến những quãng nhỏ nhất có thể.

Maudslay dùng chiếc máy trắc vi kế mới để kiểm nghiệm chính cây đinh vít đồng dài 1,5 m của mình và phát hiện ra

nhiều khiếm khuyết: một vài chỗ có 50 vòng trên 1 inch; một vài chỗ có 51; có chỗ thì có 49 vòng. Nhìn chung, các sai lệch khứ lẫn nhau nên nó vẫn hữu dụng đối với trực vít-me, nhưng vì Maudslay bị ám ảnh với sự hoàn hảo, nên ông đã cắt đi cắt lại các ren cho đến khi cuối cùng, nó được xét thấy là hết sạch khiếm khuyết, hoàn hảo và hoàn toàn đồng nhất trên toàn bộ chiều dài.

Trắc vi kế thực hiện tất cả những phép đo này hóa ra là một cỗ máy cực kỳ chính xác và nhất quán, đến mức ai đó - có thể chính Maudslay hoặc một người trong “đội quân” nhỏ bé của ông - đặt tên cho nó là Đại Chưởng Ấn. Đây là câu đùa phổ biến của thế kỷ XIX: không ai dám tranh luận hay phản biện ngài Đại Chưởng Ấn cả. Biệt danh này cho thấy quyền lực của Maudslay trong công nghệ chính xác: thiết bị mà ông phát minh có thể đo tới 1/1.000 của 1 inch và có người nói là đến 1/10.000 của 1 inch: dung sai 0,0001.

Thực tế là trực vít-me mới của thiết bị này có đến 100 ren trên 1 inch (40 ren/1 cm), một con số mà trước đây người ta còn không dám mơ đến. Thật vậy, theo như người đồng nghiệp, kỹ sư kiêm nhà văn nhiệt huyết nhất từ trước tới nay, James Nasmyth, một tín đồ tôn sùng Maudslay tới mức cho ra một cuốn tiểu sử có phần tụng ca thái quá, chiếc trắc vi kế lừng danh có thể đo chính xác tới 1/1.000.000 của 1 inch. Con số này có phần cường điệu. Một phân tích khách quan hơn do Bảo tàng Khoa học London thực hiện sau đó đã cho ra kết quả không quá 1/10.000.

Và đó mới chỉ là năm 1805. Những thứ được chế tạo và đo lường còn chính xác hơn nữa trong những năm tiếp theo, tới mức mà ngay cả Maudslay (ý tưởng về *sự chính xác lý tưởng* có lẽ là phát minh vĩ đại nhất của ông) và đồng nghiệp cũng không thể hình dung nổi. Nhưng cũng có đôi chút ngần ngại. Thái độ thù địch của công chúng đối với máy móc trong một thời gian ngắn – mà đại diện là phong trào Luddite, một lòng ngờ vực, một sự hồ nghi – đã làm chùng chân một số kỹ sư và khách hàng của họ trong một giai đoạn ngắn.

Lại có cả khuyết điểm quen thuộc của con người: lòng tham. Chính lòng tham trong nửa đầu thế kỷ XIX đã cản trở sự phát triển của công nghệ chính xác thời kỳ sơ khai ở bên kia đại dương, nước Mỹ.

## **Chương 3 - Mỗi nhà một khẩu súng, mỗi ca-bin một đồng hồ**

Dung sai: 0,000 01

*Hôm nay ta gọi tên các bộ phận của khẩu súng.*

*Hôm qua, Ta lau chùi hàng ngày. Và sáng mai,*

*Ta sẽ làm những gì phải làm sau khi bắn. Nhưng  
hôm nay,*

*Hôm nay ta gọi tên các bộ phận của khẩu súng.*

- Henry Reed, “Naming of Parts” (1942)

Anh là một người lính, không ai biết đến tên anh hoặc họ đã quên mất nó từ lâu, anh là một tình nguyện viên trẻ tuổi cấp thấp thuộc Trung Đoàn Baltimore số Năm của Joseph Sterrett. Hôm đó là ngày 24 tháng 8 năm 1814, và trong trí tưởng tượng của tôi, người lính trẻ có lẽ đang nhẽ nhại mồ hôi trong bộ quân phục dùng lại được làm từ len, chằng chịt miếng vá, không vừa người anh và cũng chẳng phù hợp chút nào với cái nắng chói chang cuối hè.

Người lính trẻ đang chờ trận chiến bắt đầu, sẵn sàng xông pha ra chiến trường. Anh đang ẩn náu sau một bức tường đá đổ nát bên ngoài một đồng ngô, không rõ mình đang ở đâu, tuy vị trung sĩ có nói anh đang ở trong một thành phố cảng nhỏ tên là Bladensburg, thông ra biển qua một nhánh sông Potomac dẫn vào Vịnh Chesapeake. Nghe đồn quân đội Anh đã đổ bộ vào đây từ các con tàu và hiện đang nhanh chóng tiến quân từ hướng đông. Washington, thủ đô của một quốc gia mới giành độc lập chưa đến 40 năm trước, nằm cách anh tám dặm về phía tây, và anh là một trong số 6.000 lính được

điều động để bảo vệ thành phố. Các binh lính thì thào với nhau Tổng thống James Madison đã đích thân tới chiến trường Bladensburg, quyết buộc quân Anh lũ lượt tháo chạy về tàu của chúng.

Chàng trai trẻ đoán anh sẽ không được sử dụng nhiều cho trận chiến sắp tới, vì anh không có súng - ít nhất là một khẩu súng có thể hoạt động. Cây súng hỏa mai của anh, dòng Springfield 1795 tương đối mới, đã bị hỏng cò. Anh đã làm gãy súng, vỡ ốp lót tay và làm hỏng cò ở trận chiến trước đó, một trong số các cuộc đụng độ nhỏ mở đầu cho cuộc chiến mà họ gọi là Chiến tranh 1812.

Anh được trang bị đủ tốt ở mọi phương diện khác. Anh được cấp cho nhiều đạn giấy bột đen, một túi chứa đầy các viên đạn tròn. Nhưng sĩ quan phụ trách vũ khí nói với anh phải mất ít nhất ba ngày để làm cò súng mới cho anh, nên anh phải tự xoay sở với lưỡi lê anh đã mài trước bình minh. Còn không, người sĩ quan mỉm cười nói, cứ lấy báng súng vốn được làm từ gỗ sồi để nện quân địch - ít nhất cũng làm chúng bầm mắt.

Một câu nói đùa không buồn cười chút nào. Quân Anh đã phả hơi rất gần, ở bờ trái của nhánh Đông Potomac, với màn khai hỏa sáng hôm ấy, đầu tiên là một loạt tên lửa Congreve đinh tai nhức óc, một kỹ thuật đáng sợ mà người Anh phát triển khi giao tranh ở Ấn Độ. Đúng lúc ấy, khi những tảng đất đá lớn rơi xuống xung quanh, người lính trẻ cho rằng mạng sống của mình còn đáng giá hơn sự thành bại của cuộc chiến này, và nếu quân đội không thèm sửa súng, anh

sẽ chạy. Vì thế, anh quay lưng và lao vào đồng ngô, tìm đường về nhà ở Baltimore.

Anh sớm nhận ra mình không phải là người duy nhất. Qua những thân cây ngô, anh có thể thấy ít nhất năm, mười, hàng tá lính tráng cũng đang bỏ chạy khỏi trận chiến giống mình. Một số người anh biết, những cậu trai trẻ từ Annapolis, Xưởng tàu Hải quân Washington và Light Dragoons, tất cả đều tin không còn hy vọng nào cho Bladensburg. Anh chạy, chạy và chạy, và tất cả bọn họ cũng đều chạy, qua ranh giới của Quận Columbia, rồi chạy tiếp, nhiều người đã thở dốc, và nửa tiếng sau hiện ra trước mắt họ là những tòa nhà kỳ vĩ của thủ đô, nơi chính phủ đang loay hoay với sự bao la của nước Mỹ.

Anh chạy chậm lại. Anh cảm thấy lúc này mình đã an toàn. Nhưng thành phố của anh thì không. Trước khi màn đêm buông xuống, quân Anh đã truy đuổi đến đây và cướp phá sạch bách. Sau này, anh được biết quân Anh đã nói với dân chúng của thành phố rằng họ phải xuống tay tàn bạo như vậy là do quân Mỹ mẩy tuần trước đó đã cǎ gan phá hoại các tòa nhà ở thành phố York, Thượng Canada nên họ mới đốt phá ở đây để trả đũa. Quân Anh đốt tòa nhà Quốc hội Mỹ đang xây dang dở. Họ moi ruột Thư viện Quốc hội với 3.000 quyển sách và cướp phá Hạ viện. Các sĩ quan Anh dùng bữa tối hôm ấy với thức ăn Madison dự định sẽ dùng ở Phủ Tổng thống và rồi, sau hành vi sỉ nhục ấy, họ đốt nhà của ông cho đến khi một trận mưa giông dữ dội - có người bảo đó là vòi rồng - ào tới và dập tắt ngọn lửa.

Ngày hôm đó, ngày 24 tháng 8 năm 1814, sẽ còn được nhớ tới trong nhiều thế kỷ tiếp theo. Trận Bladensburg, cuộc kháng cự cuối cùng trước khi Washington và Nhà Trắng chìm trong biển lửa, là biểu tượng hỏa hoạn nặng nề nhất, một trong những thất bại nổi tiếng nhất trong toàn bộ lịch sử nước Mỹ, một ký ức đầy hổ thẹn và đau thương. Câu chuyện tưởng tượng về người lính vô danh ở trên mô phỏng những gì thực sự đã xảy ra vào ngày hôm ấy: tiền tuyến tan vỡ và binh lính tháo chạy trong hoảng loạn trước quân thù.

Có nhiều lý do giải thích cho thất bại này, và các hội cựu chiến binh sẽ còn tranh luận về chúng trong nhiều năm sau đó. Lãnh đạo kém cỏi, chuẩn bị sơ sài, quân số eo hẹp là những biện hộ thường được đưa ra cho sự tổn thất nặng nề trong suốt nhiều năm. Nhưng một lý do, điểm yếu chí mạng nhất của quân đội Mỹ (một lực lượng không có mấy kinh nghiệm chiến đấu từ sau Chiến tranh giành Độc lập), là những cây súng hỏa mai trang bị cho bộ binh cực kỳ thiếu ổn định và hơn nữa là vô cùng khó sửa khi xảy ra sự cố.

Khi một cấu phần của súng bị hỏng, thợ rèn của quân đội sẽ phải chế tạo cấu phần thay thế một cách thủ công, một công đoạn có thể mất nhiều ngày, đặc biệt với tình trạng dồn ứ đơn hàng gây ra bởi sự cố liên miên. Nếu là một binh sĩ, bạn sẽ phải ra trận mà không có lấy một khẩu súng tử tế, hoặc phải chờ ai đó hy sinh và lấy súng của anh ta, hoặc cố xoay sở với lưỡi lê, hoặc như người lính trẻ ở trung đoàn của Sterrett, đào ngũ.

Vấn đề nguồn cung súng đến từ hai phía. Súng trường tiêu chuẩn của Lục quân Hoa Kỳ thời đó là loại súng hỏa mai kíp đá lửa nòng trơn, vốn dựa trên mẫu súng Charleville của Pháp. Những khẩu súng đầu tiên được Mỹ, khi ấy mới giành được độc lập, nhập trực tiếp từ Pháp; sau đó được sản xuất ở xưởng đúc vũ khí mới của chính phủ Hoa Kỳ tại Springfield, Massachusetts. Cả hai dòng súng này đều hoạt động ở mức độ khả dĩ chấp nhận được, tuy tất cả súng kíp đều gặp hiện tượng tịt nòng và những vấn đề chung của mọi loại vũ khí chế tạo thủ công sử dụng liên tục - quá nhiệt; phần thuốc súng còn sót lại làm nghẽn nòng; hoặc các bộ phận kim loại bị nứt, gãy, oằn, rời ra, rơi mất.

Từ đây phát sinh vấn đề tiếp theo - một khi đã bị hư hại về mặt vật lý, toàn bộ khẩu súng sẽ phải chuyển về nơi sản xuất hoặc đưa tới một thợ súng giỏi để làm lại hoặc thay thế. Tuy đúng ở một phần tư thiên niên kỷ trong tương lai mà nhìn lại thì cảm thấy khó tin, nhưng việc xác định bộ phận bị hỏng và thay thế nó bằng một bộ phận mới trong kho vũ khí là điều bất khả thi thời bấy giờ. Không ai nghĩ tới việc lắp ráp một khẩu súng từ các cấu phần được chế tạo chính xác sao cho chúng giống hệt nhau. Nếu việc này được thực hiện, chúng ta chỉ cần thay thế đúng bộ phận bị hư hại, bởi chế tạo chính xác cho phép các cấu phần có thể đổi lẩn cho nhau. Nếu làm gãy cò súng khi đang chiến đấu, tất cả những gì người lính phải làm chỉ là lùi về sau chiến tuyến tới chỗ sĩ quan phụ trách vũ khí để anh ta mở hộp thiếc để nhãn “Cò súng” và lấy ra cò súng mới, lắp vào khẩu súng,

và người lính có thể quay lại hỏa tuyến với đầy đủ vũ trang trong vài phút.

Không phải là chưa ai nghĩ tới điều này. Trước đó 30 năm, trước khi nước Mỹ chịu cảnh thất bại ê chề ở Bladensburg, một quy trình sản xuất mới đã được xây dựng và nếu nó được hiện thực hóa vào năm 1814, có lẽ nước Mỹ đã tránh được những thất bại do vũ khí trực trặc. Ý tưởng mới về nguyên tắc sản xuất súng, một ý tưởng đáng lẽ đã bảo vệ Washington trước ngọn đòn của quân thù, không hình thành ở Washington hay ở hai xưởng đúc vũ khí liên bang tại Springfield và Harpers Ferry, Virginia, cũng không ở những nhà máy vũ khí non trẻ xuất hiện trong và sau Cách mạng. Nó ra đời cách đó 3.000 dặm, ở Paris.

QUAY TRỞ LẠI thời điểm cuối thế kỷ XVIII, không ai dùng cụm từ “phe hắc ám” cả. Đó là một cụm từ của thời hiện đại, quá mới để xuất hiện trong *Từ điển Tiếng Anh Oxford*. Trong hầu hết tất cả các cuộc phỏng vấn về các thiết bị, dụng cụ và thí nghiệm siêu chính xác và về tương lai của công nghệ chính xác, mà tôi thực hiện để viết cuốn sách này, các kỹ sư và nhà khoa học thường xuyên ám chỉ những thứ đang diễn ra ở “phe hắc ám”. Đôi khi, tôi gặp được một vài người thừa nhận họ từng tiếp xúc với tin mật và vì thế trên lý thuyết, họ có khả năng trao đổi chi tiết hơn về hệ quả của thí nghiệm này, về cách chế tạo thiết bị kia, hay về tương lai của dự án nọ – nhưng họ luôn mỉm cười và nói “không”, họ không thể nói về những gì mà “phe hắc ám” đang làm.

“Phe hắc ám” ở đây là quân đội Mỹ, và khi nói về những loại vũ khí mới hoặc các công trình nghiên cứu về công nghệ siêu chính xác khó tin, nó thường có nghĩa là Không quân Hoa Kỳ. Khu vực 51 là phe hắc ám. DARPA là phe hắc ám. NSA là phe hắc ám. Phe hắc ám giữ vai trò quan trọng trong câu chuyện sau đây, nhưng ở xã hội hiện tại, nó ít khi được đề cập đến một cách trực diện.

Lewis Mumford, nhà triết học và sử học về công nghệ, là một trong những người đầu tiên nhận ra vai trò chủ chốt của quân đội trong sự phát triển của công nghệ, trong việc phổ cập các tiêu chuẩn dựa trên sự chính xác, trong hoạt động sản xuất hàng loạt vũ khí chết chóc, đồng bộ đến từng nano-mét hoặc nhỏ hơn. Câu chuyện sau đây, về quá trình chuẩn hóa và việc sản xuất dựa trên độ chính xác trở thành tham vọng chính yếu của quân đội các nước hai bờ Đại Tây Dương, cho thấy tầm nhìn xa trông rộng của Mumford cũng như nhấn mạnh vai trò của quân đội trong quá trình phát triển của công nghệ chính xác. Các câu chuyện về thời kỳ đầu của ngành khoa học công nghệ chính xác tất nhiên không có gì bí mật; nhưng những câu chuyện của thời nay lại nằm trong số những chủ đề tuyệt mật được bảo vệ nghiêm ngặt nhất trên thế giới. Tuy nếu được biết tới trọn vẹn, chúng sẽ giúp chúng ta có một cái nhìn đầy đủ về bức tranh của một thế giới siêu chính xác và ám ảnh với sự chính xác, nhưng chúng lại được cất giấu trong bóng đêm thường hằng, bởi phe hắc ám buộc phải làm như vậy.

THỦ ĐÔ NƯỚC PHÁP năm 1785 là nơi đầu tiên hiện thực hóa ý tưởng về những cấu phần đổi lẩn cho súng, cũng là

nơi quá trình sản xuất dựa trên sự chính xác phục vụ mục đích này lần đầu đi vào hoạt động. Dù vậy, vẫn có một câu hỏi là: nếu quy trình mới được vẽ ra từ năm 1785, vậy tại sao nó lại không được áp dụng chính thức vào hoạt động sản xuất súng của Mỹ năm 1814, thời điểm cách đó 29 năm? Binh lính đào tẩu, kháng chiến thất bại, các đô thị lớn chìm trong biển lửa - một phần vì súng của lục quân không được chế tạo đúng như cách chúng cần được chế tạo. Câu trả lời này không hề dễ chịu chút nào.

NHỮNG NGƯỜI ĐẦU TIÊN tạo ra hệ thống này đáng lẽ có thể mang lại cho nước Mỹ những khẩu súng tử tế, nếu nó được triển khai đúng thời điểm và đúng cách, là hai người Pháp không còn mấy ai nhớ tới. Người đầu tiên, ít tiếng tăm hơn, dù có cái tên thuộc dòng dõi cao quý hơn, là Jean-Baptiste Vaquette de Griebeauval, một nhân vật quảng giao, thuộc dòng dõi thương lưu, chuyên thiết kế đại bác cho pháo binh Pháp, ông được cho là đã đưa ra một phương pháp khoan đại bác vào năm 1776 sử dụng các kỹ thuật gần như y hệt các kỹ thuật mà John Wilkinson phát minh ở Anh: đưa một đầu khoan quay vào một khối sắt đặc có kích cỡ và hình dáng giống đại bác. Wilkinson đã được cấp bằng sáng chế cho một hệ thống như vậy hai năm trước đó, vào năm 1774. Dù sao, hệ thống của người Pháp, trong ba thập kỷ tiếp theo được biết tới với cái tên *système Griebeauval*, sẽ thống trị hoạt động sản xuất pháo của Pháp trong một thời gian dài. Nó cho phép quân đội Pháp tiếp cận một loạt pháo dã chiến hiệu quả và gọn nhẹ, tuy không phải hoàn toàn do người Pháp nghĩ ra<sup>[\*]</sup>. (Griebeauval đã sử dụng một thứ được gọi là

dưỡng kiểm đạc/ không-đạc để đảm bảo đạn đại bác có thể xếp vừa khít bên trong nòng, nhưng kỹ thuật này khó có thể nói là mang tính cách mạng, vì nguyên tắc của nó đã tồn tại từ trước đó năm thế kỷ.)

Nhân vật thứ hai là người có cống hiến lớn nhất trong việc đưa hệ thống cấu phần đổi lần vào quá trình sản xuất súng và là tác giả của kỹ thuật này (không gây tranh cãi như Griebeauval): Honoré Blanc, ông không phải là binh sĩ, mà là một thợ súng, và trong quá trình học việc ông đã làm quen với hệ thống Griebeauval. Từ những năm đầu làm nghề, ông cho rằng mình có thể mang lại một bộ tiêu chuẩn tương tự cho quá trình sản xuất súng hỏa mai kíp đá lửa, vì lợi ích của các chiến binh trên trận địa.

Nhưng có một sự khác biệt. Đại bác là thứ súng to, nặng và thô thiển - lính pháo binh chỉ cần cầm gậy châm, nối với ngòi cháy chậm, vào lỗ thông, và thế là đại bác bắn - vì thế, cấu phần của nó mới dễ được chuẩn hóa. Trong khi đó, với súng kíp hỏa mai, kíp đá lửa (bộ phận tạo ra tia lửa làm nổ thuốc mồi khiến thuốc nạp nổ và đẩy đạn ra khỏi nòng) là một bộ phận mỏng manh và phức tạp, được cấu thành từ rất nhiều mảnh ghép đa dạng và có thể gấp đủ loại sự cố. Những người không chuyên sẽ dễ bị bối rối với tên của các bộ phận cấu thành nên kíp đá lửa: má cương, hǎm cò, mặt cọ xát, cốc thuốc mồi, cùng một loạt các lò xo, đinh vít, bu lông và đĩa, tất nhiên là đá lửa để tạo tia lửa (khi cọ vào mặt cọ xát ở trên). Để biến kíp đá lửa thành một dụng cụ quân sự tiêu chuẩn, với cấu phần đồng nhất ở tất cả các kíp, là một thách thức không nhỏ.



Các bộ phận của kíp đá lửa trong một khẩu súng trường cuối thế kỷ XVIII đều được làm thủ công và phải được giũa cho khớp với nhau

Chi phí, chứ không phải sự an toàn của binh sĩ hay việc điều hành tác chiến, mới là động cơ chính. Vào giữa thập niên 1780, chính phủ Pháp tuyên bố các thợ súng đang đòi quá nhiều tiền công, và yêu cầu họ cải thiện quy trình sản xuất hoặc hạ giá thành. Các thợ súng theo lẽ tự nhiên không ưa đề nghị này và ngay lập tức tìm cách bán tháo sản phẩm của họ cho các nhà sản xuất súng và vũ khí bên bờ kia Đại Tây Dương – tức nước Mỹ, một động thái báo động đối với chính phủ Pháp vì nó có thể khiến họ không còn vũ khí.

Chính tại thời điểm này, Honoré Blanc đã góp mặt vào câu chuyện, với tư cách là thanh tra kiểm soát chất lượng của quân đội - một vị trí dân sự. Những người thợ súng anh em của ông hết sức thất vọng khi thấy người của phe mình lại sang phe bên kia, từ một thợ săn trộm biến thành kiểm lâm. Blanc bỏ ngoài tai những lời đả kích và bắt tay vào công việc mới, với động lực làm việc chính là đảm bảo an toàn cho các binh sĩ thay vì để chính phủ cắt giảm chi phí. Ông chịu ảnh hưởng sâu sắc bởi M. de Gribeauval và quyết định mô phỏng hệ thống chuẩn hóa của Gribeauval nhằm đảm bảo tất cả các cấu phần của một khẩu súng hỏa mai kíp đá lửa được làm ra chính xác và giống hệt với nguyên mẫu.

Ông tự tay chế tạo nguyên mẫu này một cách tỉ mỉ và chỉnh chu nhất, với tất cả các thông số kỹ thuật được liệt kê chính xác nhất có thể (sử dụng hệ thống đơn vị đo cổ lỗ của chế độ cũ với những *pointe*, *ligne* và *pouce*) với dung sai khoảng 0,02 mm. Sau đó, ông sử dụng máy giũa và máy tiện sẵn có để chế tạo hàng loạt đồ gá và dường kiểm nhằm đảm bảo tất cả các kíp đá lửa sản xuất sau đó đều giống hệt với nguyên mẫu hoàn hảo này. Blanc thuê các thợ súng thực hiện công việc này - vẫn bằng tay - và họ đã tạo ra từng kíp súng hệt như nguyên mẫu. Như vậy, tất cả các bộ phận sẽ khớp hoàn hảo với nhau và tất cả các kíp tạo ra cũng sẽ khớp hoàn hảo vào các khẩu súng.

Nhưng chỉ có một số ít thợ súng sẵn sàng làm việc theo những yêu cầu nghiêm ngặt của Blanc. Phần lớn đều từ chối. Họ cho rằng nếu chỉ đơn thuần làm ra những khẩu súng bằng cách sao chép các bộ phận thì sẽ làm giảm đi giá trị

trong tài nghệ của người thợ. Những kẻ chẳng có tay nghề cũng có thể làm thay họ. Nói cách khác, những người thợ súng Pháp cũng cất lên tiếng nói phản đối giống như phong trào Luddite dấy lên ở Anh: công nghệ chính xác biến tay nghề của họ trở thành thứ vô giá trị. Phản đối này sẽ còn được dấy lên nhiều lần nữa trong tương lai, khi công nghệ chính xác dần xâm lấn mạnh mẽ hơn vào châu Âu, châu Mỹ và toàn thế giới. Thái độ chống đối từng thấy ở miền Trung nước Anh nửa thế kỷ trước đang tái diễn ở miền Bắc nước Pháp, cùng lúc đó công nghệ chính xác bắt đầu trở thành một hiện tượng quốc tế với các hệ quả tác động sâu rộng.

Trên thực tế, sự thù địch ở Pháp đối với Honoré Blanc đã dâng cao đến mức chính phủ phải cho người bảo vệ ông, và đưa ông cùng một nhóm nhỏ thợ súng trung thành xuống hầm dưới tòa lâu đài Château de Vincennes bắc thê ở phía Đông Paris. Ở thời đó, tòa lâu đài nguy nga này (ngày nay nó vẫn còn tồn tại và thu hút nhiều du khách) được dùng làm nhà tù: Diderot và hầu tước de Sade từng bị giam giữ ở đây. Trong sự thanh bình tương đối ở một nơi mà 30 năm sau đó sẽ trở thành một trong những xưởng vũ khí lớn nhất của nước Pháp thời kỳ hậu cách mạng, Blanc và nhóm thợ của ông đã lao động để làm kíp súng, tất cả các thành phẩm đều được cho là giống hệt nhau. Blanc đã chế tạo tất cả các dụng cụ và gá kẹp cần thiết để phục vụ sứ mệnh này - theo một nguồn tin, họ còn làm cứng các mẫu kim loại bằng cách vùi chúng trong phân gia súc của tòa lâu đài hàng tuần liền.

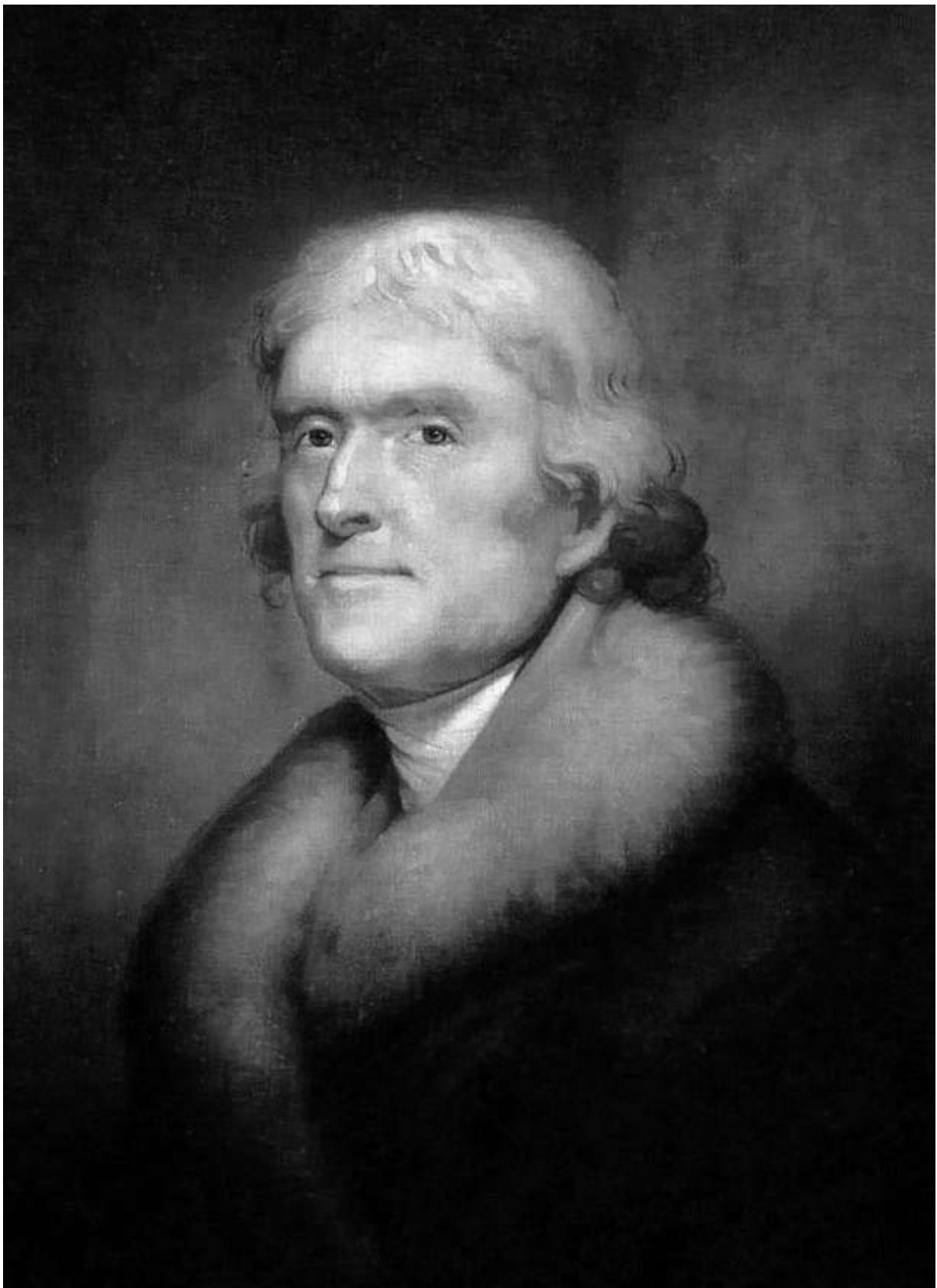
Đến tháng 7 năm 1785, Blanc đã sẵn sàng trình bày sản phẩm của mình, ông gửi lời mời tới những nhân vật nổi tiếng

trong giới thượng lưu và quân đội ở thủ đô, và cả những thợ súng trong nghề vốn chưa nguôi lòng căm phẫn, để cho họ xem thành tựu của mình. Nhiều quan chức đã tới, nhưng không có mấy thợ súng đến xem - họ vẫn chưa hết tức giận. Trong số đó có một yếu nhân tương lai xuất hiện tại cánh cổng kiên cố của tòa tháp canh: công sứ Hoa Kỳ tại Pháp, Thomas Jefferson.

Năm trước đó, Jefferson đã tới Pháp trong vai trò đại sứ chính thức của chính phủ mới thành lập của Hoa Kỳ, cùng với Benjamin Franklin và John Adams. Tình cờ, hai nhân vật kia đều rời Paris vào tháng 7 cùng năm (Adams tới London, còn Franklin quay về Washington), để lại Jefferson, một học giả thông thái và ham khám phá, một mình ở nước Pháp sục sôi không khí cách mạng. Một buổi giới thiệu sản phẩm khoa học, với tiềm năng ứng dụng vào ngành công nghiệp vũ khí mới ra ràng của nước nhà bên kia bờ đại dương là cái cớ giết thời gian lý tưởng trong một buổi chiều thứ Sáu nóng nực. Hơn nữa, tầng hầm của lâu đài tương đối mát mẻ, dễ chịu hơn nhiều so với thời tiết trên mặt đất của Paris ngày 8 tháng 7 năm 1785.

Honoré Blanc đã xếp ra một bộ 50 kíp, lấp lánh trong ánh nắng lọt qua các khe cửa sổ. Khi tất cả các quan khách đã yên vị chỗ ngồi và tập trung chú ý, ông nhanh chóng tháo rời một nửa số kíp, bỏ các cấu phần của 25 kíp đó vào các hộp một cách ngẫu nhiên: 25 mặt cọ xát ở đây, 25 vỏ kíp ở kia, 25 má cương chỗ nọ, 25 cốc thuốc mồi ở một chỗ khác nữa. Ông lắc từng hộp để xáo trộn các mảnh nhiều nhất có thể - sau đó, hết sức bình thản và tự tin tuyệt đối vào

phương pháp của mình, ông nhanh chóng lắp ráp lại 25 kíp đá lửa mới tinh từ mớ hỗn độn các cấu phần trong các hộp.



Thomas Jefferson, khi là Công sứ Hoa Kỳ tại Pháp, đã chứng kiến những thành tựu đầu tiên trong công cuộc tạo ra các cấu phần đổi lẫn cho súng hỏa mai kíp đá lửa, và báo cáo với cấp trên ở Washington rằng các thợ súng của Mỹ nên học theo người Pháp

Mỗi kíp trong số này được tạo thành từ những bộ phận chưa từng lắp với nhau trước đây - nhưng không hề có khác biệt nào. Mọi thứ đều khớp với nhau, bởi lý do đơn giản là chúng đều được chế tạo với độ chính xác cao và tuân thủ nghiêm ngặt các thông số kích thước của nguyên mẫu, tất cả đều đồng nhất. Nói cách khác, tất cả các bộ phận có thể hoán đổi chính xác cho nhau.

Blanc đã gây ấn tượng mạnh với các quan chức người Pháp. Quân đội chính thức bảo trợ cho Blanc một xưởng đúc súng và ông bắt đầu sản xuất các bộ phận của kíp súng với chi phí thấp cho quân đội và tạo ra lợi nhuận cho bản thân. Trong bốn năm sau đó, mọi việc có vẻ diễn ra tốt đẹp. Nhưng bước sang năm 1789, tam tai đã ập đến: Cách mạng Pháp, sự kiện Gripeauval qua đời và Triều đại Khủng bố. Lâu đài bị độc chiếm, xưởng đúc súng của Blanc bị những kẻ bạo loạn cướp phá. Blanc đột nhiên mất đi người bảo trợ; phái San-culotte (chủ nghĩa cấp tiến của các nhà cách mạng và quần chúng) có thái độ thù địch đến mức cực đoan đối với cơ giới hóa, với những cải tiến hiệu suất có lợi cho tầng lớp trung lưu, với các kỹ thuật mới khiến công việc lương thiện của những người thợ thủ công và nghệ nhân bị đẩy vào thế bất lợi. Bước sang thế kỷ XIX, ý tưởng về các cấu phần đổi lẫn đã héo tàn và chết yểu ở Pháp - có ý kiến cho rằng nhờ sự sống sót của nghề thủ công và sự miễn cưỡng cực đoan đối với những thay đổi mà nước Pháp ngày nay mới giữ

được danh tiếng là thiên đường của những vẻ đẹp lãng mạn quá vãng.

Ngược lại, nước Mỹ lại có phản ứng hoàn toàn khác, tất cả là nhờ tầm nhìn xa trông rộng của Thomas Jefferson. Lần đầu tiên ông miêu tả lại những gì đã chứng kiến là vào ngày 30 tháng 8, trong một bức thư dài gửi tới John Jay, lúc bấy giờ là ngoại trưởng Hoa Kỳ. Ông mở đầu thư bằng một lời giải thích dài dòng theo thông lệ về con đường mà lá thư trước đó phải đi để đến được tay John Jay, một khó khăn mà chúng ta ngày nay không hiểu khi được sống trong thời kỳ bưu điện mộc lèn khắp nơi.

Tôi rất hân hạnh được viết bức thư này gửi tới ngài vào ngày 14 tháng này, thông qua ngài Cannon bang Connecticut, vận chuyển bằng đường thủy. Kể từ thời điểm đó, bức thư của ngài vào ngày 13 tháng 7 sẽ tới tận tay. Do việc gửi bưu phẩm qua đường thủy bị trì hoãn, tôi xin phép được gửi thư qua Ngài Fitzhugh bang Virginia, dự kiến sẽ cập bến ở Philadelphia...

... Ở đây, họ đã có một cải tiến trong việc chế tạo súng hỏa mai mà Quốc hội có lẽ sẽ quan tâm, nếu có lúc họ cần súng. Cải tiến này xoay quanh việc chế tạo mọi cấu phần của khẩu súng để chúng đồng nhất tới mức một bộ phận của khẩu súng này có thể dùng cho tất cả các khẩu súng khác trong kho. Chính phủ ở đây đã kiểm nghiệm và thông qua phương pháp này, đồng thời đang xây dựng một nhà máy lớn cho mục đích đó. Hiện nhà phát minh [Blanc] mới chỉ hoàn thiện phương pháp này cho kíp súng, ông ta sẽ

ngay lập tức bắt tay vào nòng súng, báng súng và các bộ phận của chúng với cùng phương pháp. Cho rằng việc này có thể sẽ hữu ích đối với Hoa Kỳ, tôi đã đến gặp người thợ súng và ông ta đã cho tôi xem cấu phần của 50 kíp tháo rời từng mảnh rồi xếp chúng vào các ngăn. Tôi đã tự lắp ráp một vài kíp, lấy các mẩu một cách ngẫu nhiên, và chúng ăn khớp với nhau hoàn hảo. Có thể thấy rõ lợi thế của phương pháp này trong sửa chữa vũ khí. Ông ta thành công nhờ các công cụ tự chế, và chúng cũng rút ngắn công đoạn sản xuất, cho phép mỗi súng hỏa mai được trang bị kíp với chi phí rẻ hơn chi phí thông thường hai *livre*. Nhưng sẽ mất hai hoặc ba năm nữa ông ta mới có thể cung cấp một lượng lớn súng. Tôi đề cập tới việc này vì nó có ý nghĩa với kế hoạch trang bị loại khí tài này cho các kho vũ khí của chúng ta.

Jefferson quả thật rất ấn tượng với hệ thống của Blanc và nhiều lần viết thư cho bạn hữu cũng như đồng sự ở Washington và Virginia, nhấn mạnh quan điểm của ông rằng thợ súng Mỹ nên được khuyến khích ứng dụng hệ thống mới của người Pháp. Cuối cùng thì các thợ súng cũng nhận được thông điệp này, đặc biệt ở New England, nơi tập trung phần lớn thợ súng<sup>[\*]</sup>. Nếu châu Âu vẫn còn hoài nghi thì người Mỹ đã chứng tỏ họ có tư duy của Tân Thế Giới, và những nghi ngại vẩn vất nhanh chóng bị quét sạch khi chính phủ Mỹ có kế hoạch đặt hàng một lượng lớn súng hỏa mai mới, miễn là các cấu phần của chúng đổi lần được cho nhau theo đúng ý của Jefferson.

Có hai hãng sản xuất súng tư nhân dẫn đầu cuộc đấu thầu hợp đồng lô sản xuất súng hỏa mai đầu tiên của chính

phủ: 10.000 đến 15.000 khẩu tuỳ theo nguồn. Người thầu thầu, đồng nghĩa với việc ngay lập tức nhận được một khoản thanh toán bằng tiền mặt lên tới 5.000 đô-la, là Eli Whitney của bang Massachusetts.

Whitney ngày nay vẫn là một cái tên nổi tiếng đối với nhiều người Mỹ. Ông còn hiện diện trên tem bưu chính, được nhắc đến trong sách giáo khoa, được xếp vào hàng ngũ các nhà phát minh kiêm doanh nhân như Edison, Ford, John D. Rockefeller. Đối với thế hệ học sinh thời nay, cái tên Whitney gần như đồng nghĩa với một vật: máy tia bông. Người đàn ông New England này, ở tuổi 29, đã phát minh ra một thiết bị tách hột khỏi quả bông, biến việc thu hoạch bông trở thành nền tảng kinh tế siêu lợi nhuận cho các bang miền Nam - nhưng phải sử dụng tới các lao động nô lệ, một điểm cần lưu tâm.

Tuy nhiên, đối với các kỹ sư có vốn hiểu biết sâu hơn, cái tên Eli Whitney lại có ý nghĩa hoàn toàn khác: một kẻ lừa gạt, dối trá, bịp bợm. Tiếng bịp bợm của Whitney chủ yếu bắt nguồn từ việc buôn súng, từ quy trình sản xuất chính xác và lời hứa cho ra các loại vũ khí lắp ráp từ những cấu phần đổi lần. “Tôi cam kết,” ông long trọng tuyên bố khi bỏ thầu làm súng cho chính phủ Mỹ, “sẽ làm ra những bộ phận giống nhau cho các khẩu súng khác nhau, như kíp súng chẳng hạn, giống như các bản khắc liên tục trong việc in khắc đồng.”

Đó là một tuyên bố hoàn toàn tào lao. Khi Whitney thầu và ký hợp đồng với chính phủ vào năm 1798, ông ta

không biết gì về súng hỏa mai và các cấu phần của nó: ông thắng thầu chủ yếu nhờ mạng lưới quan hệ từ Yale và mạng lưới cựu sinh viên mà ngay từ thời đó đã bám rễ trong các hành lang quyền lực ở Washington, DC. Sau khi nắm hợp đồng trong tay, ông ta đã cho dựng một nhà máy nhỏ bên ngoài New Haven và nhanh chóng tuyên bố là đang sản xuất súng hỏa mai ở đó, các khẩu súng trường nòng nhẵn kiểu Mỹ, dựa vào thiết kế khẩu Charleville của Pháp. Nhưng mãi chẳng có khẩu nào xuất xưởng. Hợp đồng yêu cầu nhà thầu cung cấp mẻ súng đầu tiên vào năm 1800, nhưng Whitney chỉ có vài ba khẩu súng hoàn thiện và đến hạn chỉ có thể xoa dịu chính phủ bằng cách biểu diễn chất lượng của những khẩu súng mà nhà máy của ông được cho là đang sản xuất.

Whitney thực hiện màn biểu diễn sản phẩm đầy tai tiếng của mình vào tháng 1 năm 1801 - một động thái củng cố niềm tin như cách gọi ngày nay - trước các cử tọa quan trọng, bao gồm Tổng thống đương nhiệm John Adams và Phó Tổng thống Thomas Jefferson, người sau này sẽ sớm trở thành Tổng thống kế nhiệm, đồng thời đã khởi xướng việc này 15 năm trước. Ngoài ra còn có vài chục nghị sĩ, binh sĩ và quan chức cấp cao, những người cần được thuyết phục là ngân khố quốc gia đang được dùng cho một việc thực sự xứng đáng. Họ được cho biết Whitney sẽ biểu diễn tính đổi lẩn của các kíp súng hỏa mai mà ông ta sản xuất chỉ với một chiếc tua vít.

Tất cả cử tọa đều sẵn lòng tin Whitney vì danh tiếng từ phát minh máy tia bông của ông ta nhiều năm về trước. Tuy

nhiên, dường như không ai cảm thấy có gì đó sai sai khi Whitney thậm chí còn không buồn tháo rời các kíp súng ông ta bày ra. Thay vào đó, ông chỉ đơn thuần lấy một số khẩu súng hoàn thiện, dùng tua vít tháo rời kíp khỏi báng gỗ, rồi lắp chúng vào các báng súng khác, và khiến các cử tọa ngây thơ tin các cấu phần của ông ta thực sự có thể đổi lẩn được cho nhau đúng như cam kết.

Vừa biểu diễn, Whitney vừa giảng giải về những gì đang làm; ngay cả Jefferson, người đã chứng kiến màn trình diễn của Blanc ở Vincennes năm 1785 và có lẽ có đủ hiểu biết để thốt ra câu “Gượm đã!” cũng không dám thách thức Whitney hay bày tỏ sự hoài nghi dù là nhỏ nhất. Thực tế là ngược lại: vị Tổng thống mới đắc cử đã hoàn toàn bị thuyết phục trước màn trình diễn của Whitney và còn viết thư cho thống đốc bang Virginia lúc bấy giờ, ca tụng Whitney “đã phát minh ra khuôn và máy để sản xuất các mẫu kíp đồng nhất chính xác đến độ dù tháo 100 kíp thành các mảnh rồi trộn lẫn các bộ phận với nhau, sau đó lấy ngẫu nhiên từng mảnh thì vẫn có thể lắp ráp được 100 kíp.”

Sự thật là Jefferson và tất cả mọi người đã bị lừa. Không có khuôn, cũng chẳng có cái máy nào để làm ra các bộ phận “đồng nhất”. Nhà máy mới xây của Whitney, chạy bằng sức nước chứ không phải bằng hơi (dù động cơ hơi nước đã trở nên phổ biến), không có dụng cụ hay khả năng để sản xuất các chi tiết kỹ thuật chính xác. Nhận ra điều này, ông ta đã thuê một nhóm thợ thủ công để làm kíp bằng tay, với giữa, cưa và máy đánh bóng của chính họ, từng chiếc một – và không nhất thiết phải giống hệt nhau. Ông ta sắp xếp màn

biểu diễn của mình sao cho không ai có thể tự kiểm tra kíp súng mà chỉ thấy chúng lắp được vào báng súng mà thôi.

Do đó, chẳng có kỹ thuật mới nào ở đây cả. Tất cả mọi thứ đều được làm theo cách cũ, và khán giả đã bị lừa rằng thứ họ vừa chứng kiến là một đột phá mang tính cách mạng, sống động và bắng xương bằng thịt. Không có gì trong buổi trình diễn là thật cả: không có kíp nào được tháo rời, và ngay cả báng súng cũng được chọn trước để đảm bảo chắc chắn khe của chúng đủ lớn để lắp vừa bất kỳ kíp thay thế nào trong số mười kíp súng được bày trước mắt khán giả.

Súng hỏa mai do Whitney sản xuất vẫn tồn tại trong các bộ sưu tập ngày nay, và chúng đã kể một câu chuyện bẽ bàng: tiềm năng của công nghệ chính xác và lợi nhuận nó hứa hẹn đã tạo thời cơ cho tham nhũng và bịp bợm. Trong các khẩu súng còn tồn tại đến nay, không một khẩu nào được chế tạo tốt, và các kíp cũng chẳng đồng nhất. Chúng có thể khớp với báng súng, nhưng các cấu phần của chúng thì không khớp với nhau.

Ấy vậy nhưng buổi trình diễn đã thành công. Sự mờ mè của Whitney đã thuyết phục chính phủ cấp cho ông ta thêm một khoản tiền mà ông đang rất cần, và tất cả những người chứng kiến buổi trình diễn đều bị lừa. Whitney là một tên bịp bợm và việc ông ta mất tám năm tiếp theo để cung cấp súng cho chính phủ cho thấy những người cho ông ta tiền xứng đáng với những gì họ nhận được.

CÔNG LAO THỰC SỰ trong việc ứng dụng hệ thống của Honoré Blanc vào phương thức sản xuất dựa trên sự chính

xác ở Mỹ thuộc về ba nhân vật ít tiếng tăm hơn: hai nhà sản xuất súng Simeon North và John Hall, cùng với Thomas Blanchard, người có khả năng làm ra những thứ có thể nhân rộng đáng kể với gỗ. North mở xưởng rèn cách nhà máy của Whitney chưa đầy 25 dặm ở Middletown, Connecticut. John Hancock Hall thì ở xa hơn, ở miền nam Maine, ông kiếm được một khoản gia tài nhờ vận hành một xưởng thuộc da ban đầu, sau đó là một loạt các xưởng đóng tủ và thuyền gỗ. Súng chỉ là thú vui bên lề - cho đến năm 1811, khi ông đăng ký bằng sáng chế cho một loại vũ khí hoàn toàn mới: một khẩu súng do ông tự phát minh và thiết kế, một khẩu súng trường bắn phát một, nạp đạn từ khóa nòng thay vì từ miệng nòng như súng hỏa mai.

Trong thời gian này, cả North và Hall đều trúng thầu sản xuất súng cho chính phủ - North sản xuất súng ngắn cho kỵ binh ở Connecticut; Hall sản xuất loại súng nạp đạn khóa nòng mới của mình ở Portland, sau đó là ở một trong hai nhà máy vũ khí liên bang mới xây ở Harpers Ferry, Virginia. (Nhà máy còn lại ở Springfield, Massachusetts.) Đột phá tương đối quan trọng của hai người này - thực ra là của ba người, dù Blanchard chỉ đóng vai trò thứ yếu - nằm ở chỗ: họ là những người đầu tiên dùng máy móc để sản xuất các bộ phận của súng. Đây là một thay đổi to lớn, nhờ vậy mà họ đảm bảo được (chứ không phải chắp tay cầu nguyện) sản phẩm của mình luôn chính xác và gần như hoàn hảo.



Súng để trên giá còn gọi là “đàn óc hỏa mai” ở Xưởng đúc vũ khí Springfield của chính phủ Mỹ ở Massachusetts, nơi hệ thống sản xuất cấu phần đổi lỗ của Pháp tạo nên một cuộc cách mạng trong sản xuất súng

Những người đầu tiên nuôi hoài bão về sự đổi lỗ, Blanc và Griebeauval ở Pháp, cũng như những người trong chính phủ Mỹ đã ngay thơ đặt niềm tin vào Eli Whitney, đều thuê nhân công để chế tạo các bộ phận một cách thủ công, dựa vào một nguyên mẫu cho mỗi phần. Họ thành công nhờ tạo ra các đồ gá, dưỡng kiểm, và các mô hình mẫu. Những người thợ thủ công được thuê để làm việc này, trong lúc phàn nàn họ đang lãng phí tay nghề tôi luyện nhiều năm, phải làm ra các cấu phần mới bằng cách dùng các đồ gá, sau đó đo lường chúng bằng dưỡng kiểm, cuối cùng so sánh

các chiêu kích của chúng với nguyên mẫu, xác thực chúng là phiên bản chính xác, do đó đạt được tính đổi lẩn.

Nhưng con người có thể mắc sai lầm, dù tay nghề có tốt đến đâu. Bàn tay của người đẽo, con mắt của người mài, tâm trí của những người tự tuyên bố là không bao giờ mắc lỗi - những yếu tố mà bản năng người thợ dựa vào để đánh giá xem thế nào là *chuẩn* - tất cả đều có thể và sẽ đánh giá nhầm, mắc sai sót, lợi lệch vì mệt mỏi. Máy móc thì khác, nếu được cài đặt chính xác và chưa bị hao mòn, chúng gần như không bao giờ mắc lỗi. Những chiếc máy đó có thể thực hiện các công đoạn phức tạp mà trước đây chỉ dành riêng cho bàn tay của người thợ lành nghề (như những chiếc máy do Henry Maudslay chế tạo để sản xuất cụm ròng rọc cho hải quân ở Portsmouth), gần như đảm bảo được sự chính xác và hoàn thiện trong sản phẩm. Cỗ máy này đã cung cấp thứ mà một sử gia gọi là “tay nghề chắc chắn... mà ở đó thành quả được định trước và không thể thay đổi một khi quá trình sản xuất bắt đầu.”

Và những gì mà North và Hall có khả năng làm được, một cách độc lập với nhau, là tạo ra các máy công cụ có độ chắc chắn như thế. Simeon North ở Middletown đã tạo ra một trong những máy phay kim loại đầu tiên ở Mỹ, trong chớp mắt loại bỏ việc giữa và kiểm tra lặp đi lặp lại chán ngắt, thay vào đó đặt một dao cắt chạy trên băng chuyền để xử lý các mẫu kim loại thừa, đồng thời dùng một hỗn hợp dầu-nước để làm mát dao cắt và chi tiết gia công trong quá trình gọt giữa, bào nhẵn lẩn tạo hình.

John Hall, làm việc cách đó 800 km về phía nam, tại một xưởng kim khí của chính phủ ngay bên cạnh nhà máy vũ khí Harpers Ferry, sau đó đã cải tiến chiếc máy phay này<sup>[\*]</sup> và chế tạo một loạt dụng cụ có tên là khuôn rèn-dập, đặt ở phía trước các máy phay. Một thanh sắt dài nóng đỏ, còn mềm dẻo, được rèn giữa hai khuôn kim loại đã tôi cứng, một khuôn cố định, một khuôn được nâng lên và thả xuống nhiều lần trên thanh sắt kẹp giữa (nên được gọi là rèn dập) cho đến khi được định hình một cách đại khái - chẳng hạn như hình nòng súng. Chi tiết gia công sau khi được tạo hình thô sẽ được công nhân chuyển đến máy phay.

Sử dụng nhiều dao cắt được thiết kế khác nhau gắn cố định ở đầu máy phay, các công nhân sẽ cắt và tỉa thanh sắt đã rèn thành nòng súng. Tiếp theo, họ cắt các rãnh trên nòng và cho ra thành phẩm là một cấu phần trọng tâm của khẩu súng, ở mỗi công đoạn, từ rèn nòng súng, xé rãnh cho đến tạo hình nòng, John Hall đều sử dụng dưỡng kiểm - ông sử dụng ít nhất 63 chiếc, nhiều hơn bất kỳ kỹ sư nào trước đó, để đảm bảo khả năng tốt nhất có thể rằng mỗi cấu phần của một khẩu súng sẽ đồng nhất với cấu phần tương tự ở tất cả các khẩu khác - và đạt được dung sai chặt chẽ chưa từng có: để kíp súng hoạt động, chỉ cần dung sai là 1/5 của 1 mm; nhưng để đảm bảo cho kíp súng không những hoạt động mà còn có tính đổi lắn, dung sai gia công phải đạt 1/50 của 1 mm. Sau khi nòng súng được tạo hình, kiểm tra và kiểm nghiệm thêm một lần nữa, theo những tiêu chuẩn ngặt nghèo nhất và những thông số chính xác nhất, công việc còn lại chỉ là gắn kíp vào nòng và lắp toàn bộ tổ hợp này

vào báng súng gỗ - đây là khi thành viên cuối cùng của bộ ba kỹ sư công nghệ chính xác đầu tiên của nước Mỹ, Thomas Blanchard xuất hiện.

Năm 1817, ở quê nhà Springfield, Massachusetts, Blanchard đã phát minh ra máy tiện chuyên làm khuôn giày. Đây là một sáng kiến thiên tài: ông chỉ cần đặt một khuôn giày bằng kim loại vào chiếc máy của mình, nối một máy vẽ truyền với một loạt lưỡi dao, và gắn khuôn kim loại vào một khoanh gỗ tần bì có hình dạng bất kỳ - chính là khuôn giày cố định tương lai sau khi đi qua một loạt lưỡi dao của máy tiện. Xoay khuôn kim loại, lần theo đường nét của nó với các thanh vẽ truyền, và để các đầu còn lại của máy vẽ truyền lần lượt đe các lưỡi dao vào khối gỗ - thế là xong! Trong chưa đầy 90 giây, khối gỗ đã biến thành một phiên bản chính xác của khuôn kim loại, nhưng bằng gỗ thay vì bằng kim loại, sẵn sàng “ra lò” từ cỗ máy và được chuyển tới các thợ đóng giày.

Một trong những hệ quả đơn giản của quy trình sản xuất trên vẫn còn tồn tại trong cuộc sống thường nhật ngày nay, cụ thể là trong cở giày. Với khả năng biến một khối gỗ khô thành một khuôn giày với kích thước định trước trong một khoảng thời gian ngắn và lặp đi lặp lại, Blanchard có thể cung cấp khuôn giày cho các thợ đóng giày theo nhiều kích cỡ khác nhau nhưng vô cùng chính xác - dài 7 inch, 9 inch, và nhiều kích cỡ nữa. Trước đó, giày được để ngẫu nhiên trong các thùng lớn và khách hàng sẽ phải lẩn mò cho đến khi tìm được một đôi vừa vặn và tương đối thoải mái. Giờ

đây, khách hàng chỉ cần yêu cầu một đôi giày cỡ 7, 11, hoặc 5.

Báng súng sau đó cũng được sản xuất theo cùng nguyên tắc như vậy. Blanchard nhanh chóng được mời tới làm việc ở Xưởng vũ khí Springfield khổng lồ và đang phát triển gần đó, đồng thời được yêu cầu cải biên chiếc máy tiện khuôn giày của ông để làm ra các bộ phận bằng gỗ của súng. Các bộ phận này tuy phức tạp hơn khuôn giày, nhưng được cái chúng chỉ có duy nhất một kích cỡ. Vì thế, Blanchard đã làm một khuôn báng súng bằng kim loại (một hình dạng đặc biệt, theo đúng nghĩa là một bàn chân có cấu trúc độc nhất vô nhị) và lại đặt nó lên máy tiện, nối với máy vẽ truyền như trước đây. Sau đó, ông bật trình điều khiển xoay, thứ được mô tả là “một tạo vật kỳ lạ... thoát trông không giống máy tiện, mà giống một máy nông nghiệp thô sơ,” rồi khởi động quy trình sản xuất báng súng hàng loạt mà Springfield sẽ còn sử dụng trong hơn nửa thế kỷ tiếp theo. Thomas Blanchard đã khôn ngoan đăng ký bằng sáng chế cho nguyên lý máy tiện của mình, và cấp phép cho một công ty ở thị trấn Chicopee gần đó sản xuất nó. Tiền bản quyền không ngừng đổ về túi nhà phát minh và Blanchard đã an hưởng tuổi già trong dư dả.

Ban lãnh đạo của Xưởng vũ khí Harpers Ferry cực kỳ nhiệt tình chào đón tất cả những phát minh mới này - tuy tọa lạc ở vị trí hẻo lánh, xưởng vũ khí này lại cởi mở với đổi mới hơn so với “người anh em” lớn hơn, bận bịu hơn của nó ở Springfield, nơi Blanchard làm việc và Simeon North thường xuyên lui tới. Gần như chắc chắn, Harpers Ferry là nơi đầu

tiên trên đất Mỹ và có lẽ là trên toàn thế giới sử dụng những kỹ thuật gia công chính xác và quy trình sản xuất hàng loạt để sản xuất vũ khí cho quân đội quốc gia. Để thực hiện việc này, xưởng đã sử dụng hàng loạt công nghệ và sáng kiến mới. Nó sử dụng các sản phẩm của máy làm báng súng của Blanchard; máy phay, gá kẹp và khuôn rèn đập của John Hall; quy trình sản xuất kíp súng do Honoré Blanc phát minh và Simeon North hoàn thiện. Từ sắt được luyện ở Connecticut tới những khẩu súng hoàn thiện có mùi dầu hạt lanh (ở báng súng gỗ tần bì) và dầu máy (ở nòng và kíp), nước Mỹ đã có những tạo vật sản xuất dây chuyền cơ khí đúng nghĩa đầu tiên trên thế giới. Chúng là đồ Mỹ, và chúng là súng, đúng như tiên đoán của Lewis Mumford. Không những thế, chúng đã hoàn toàn được sản xuất bằng máy, “từ kíp, báng cho tới nòng”.

CỘNG ĐỒNG SẢN XUẤT CÔNG NGHIỆP còn non trẻ của nước Mỹ cũng cho ra đời những sản phẩm khác ngoài súng, phần lớn nhằm phục vụ mục đích hòa bình. Một Oliver Evans đang chế tạo máy xay xát lúa mì; Isaac Singer đã đưa công nghệ chính xác vào việc sản xuất máy khâu; Cyrus McCormick chế tạo máy gặt, máy xén, sau đó là máy gặt đập liên hợp; còn Albert Pope sản xuất xe đạp cho đại chúng. Tuy miền đông bắc Hoa Kỳ vẫn nổi tiếng là vựa vũ khí của đất nước - các miền đồng bằng của sông Connecticut từ lâu đã được biết đến là Thung Lũng Súng vì nơi đây tập trung tất cả các nhà sản xuất súng (và hầu hết vẫn còn ở đây): Colt, Winchester, Smith & Wesson, Remington - nó chẳng mấy chốc nổi danh nhờ nhiều sản

phẩm khác, bởi cùng thời điểm này, các thành phố và thị trấn thung lũng của nước Mỹ vừa đón chào thêm một ngành công nghiệp chính xác cao nữa.

Những người chế tạo ra các cỗ máy có chức năng sản xuất các cấu phần nhỏ của vũ khí (cò, bệ khóa nòng, lò xo lẫy bảo hiểm) nhận ra họ có thể dễ dàng điều chỉnh các máy tiện và máy phay của mình để sản xuất bánh răng, trực chính, dây cót và những cấu phần thiết yếu của một chiếc đồng hồ. Và thế là khu vực này trở nên nổi tiếng với việc sản xuất đồng hồ, hàng loạt thế hệ những chiếc đồng hồ Mỹ chính xác trong chế tạo và đôi khi chính xác cả về thời gian, nhưng luôn tinh xảo.

Tôi viết những dòng này theo nhịp kêu tích tắc của chiếc đồng hồ 30 ngày treo trong bếp của hãng Seth Thomas, sản xuất trong những năm 1920 ở Plymouth, Connecticut. Đây là một tạo vật thực tiễn mà duyên dáng, và dân Shaker hẳn sẽ làm ra một chiếc đồng hồ tương tự nếu họ quan tâm đến các mốc thời gian khác ngoài bình minh và hoàng hôn. Đây không phải là chiếc đồng hồ duy nhất, căn nhà nông trại cổ này còn có nhiều chiếc khác nữa treo rải rác khắp nơi, phần lớn là đồng hồ tám ngày, năm chiếc trong số đó cần được lên dây cót mỗi sáng Chủ nhật, một chiếc có hai xi lanh xâm xấp thủy ngân trên con lắc. Ở sảnh có một đồng hồ quả lắc thân dài sản xuất ở Winchester, Connecticut mà tôi mua vì nó trùng tên với mình, nhưng cũng đem lại một chút phiền toái: nó có tuổi thọ hơn một thế kỷ và bánh răng làm bằng gỗ nên rất nhạy với sự thay đổi của nhiệt độ và độ ẩm xung quanh. Tuy nhiên, những chiếc đồng hồ khác thì cũng ít

nhiều đáng tin, miễn là tôi lén dây cho chúng một cách đồng bộ thì chúng vẫn sẽ chạy và đổ chuông đúng giờ. Duy chỉ có một chiếc trong bếp, từng là đồng hồ nhà ga của Công ty Đường sắt Anh, thất thường và đôi khi chưa hết tuần đã đòi được lén dây một cách khó hiểu.

Dù vậy, điều tôi đặc biệt yêu thích ở những chiếc đồng hồ cổ là: tuy chính xác trong chế tạo (bánh răng được làm với dung sai vài phần nghìn của 1 inch, mô men lò xo, khối lượng quả nặng và chiều dài thanh lắc đều được tính toán và sản xuất chính xác), chúng lại không mấy chính xác trong việc đếm giờ. Một trong những niềm vui vào buổi sáng Chủ nhật của tôi là chỉnh đồng hồ, đẩy kim này ra trước một phút, kéo kim kia lùi lại một phút, và riêng chiếc đồng hồ quả lắc thân dài thì phải lùi lại đến mười phút vì nó chạy quá nhanh.

Một trong những bộ phim tôi thích nhất khi còn bé là *The Fallen Idol*, một bộ phim thuộc thể loại hình sự giật gân có bối cảnh là phòng khách của giới thượng lưu do Carol Reed đạo diễn. Phần lớn tình tiết diễn ra bên trong Đại sứ quán Pháp ở London. Tôi vẫn còn nhớ một phân cảnh: trong khi một nhóm cảnh sát vạm vỡ đang thu thập chi tiết liên quan đến một vụ giết người ghê rợn, người lên dây cót đồng hồ vào buổi sáng Chủ nhật đã xuất hiện và bắt tay làm việc của mình trên những chiếc đồng hồ quý phái của đại sứ quán, tất cả đều được mạ vàng và tráng men, giống như những gì tôi làm với bộ sưu tập đồng hồ có phần khiêm tốn hơn của mình. Đóng vai này là Hay Petrie, một diễn viên có dáng người nhỏ bé gốc Dundee. Trong phim, Petrie sử dụng một

chiếc đồng hồ quả quýt để kiểm tra những chiếc đồng hồ của đại sứ quán, đó được cho là chiếc đồng hồ hoàn hảo. Trùng hợp thay, chiếc đồng hồ tham chiếu tiêu chuẩn mà tôi dùng cũng là một chiếc đồng hồ quả quýt của hãng Ball, lên dây hằng ngày và sai lệch khoảng mười giây mỗi tuần. Cứ khoảng một tháng một lần, tôi lại phải hiệu chỉnh giờ cho nó theo đồng hồ chủ của Đài Quan trắc Hải quân Hoa Kỳ, mà chiếc đồng hồ này đến lượt mình lại căn cứ vào một chuỗi đồng hồ nguyên tử xesi đặt trong một tòa nhà được bảo vệ ở Boulder, Colorado<sup>[\*]</sup>.

Tuy vào bữa sáng ngày Chủ nhật, tất cả các đồng hồ của tôi đều được đồng bộ hóa, nhưng chỉ một hai ngày sau là chúng đã hơi vênh nhau. Đến ngày thứ Tư, tôi sẽ nằm trên giường, lắng nghe những chiếc đồng hồ thông báo không phải một nửa đêm mà nhiều nửa đêm: chúng “bất đồng trong hòa hảo”, tương tự như khi Harriet Vane nghe những chiếc đồng hồ của Oxford đổ chuông trong cuốn tiểu thuyết *Gaudy Night*. Khi viết những dòng đó, tác giả Dorothy Sayers có ý ca ngợi những sai lệch nhỏ, vô hại nhưng lại có thể đem đến cho con người những niềm vui kỳ lạ và lớn lao, như trong trường hợp của tôi.

Đối với những người bình thường và coi trọng sự hợp lý, chính xác quá mức hoặc lệ thuộc vào sự chính xác là không cần thiết, và các nhà sản xuất đồng hồ ở New England hiểu rõ điều này. Họ hiểu những cấu phần đổi lẩn khiến hoạt động sản xuất trở nên dễ dàng hơn nhiều trước đây, và họ có thể tạo ra sản phẩm vừa nhanh vừa (quan trọng hơn cả với khách hàng) rẻ. Họ cũng biết việc giữ đúng thời gian thật

ra không phải là yếu tố quan trọng nhất, tuy thái độ này mâu thuẫn hoàn toàn với chức năng của một chiếc đồng hồ.

Sản xuất súng thì phải vừa chính xác vừa chuẩn xác – mạng sống của người lính phụ thuộc vào sự ổn định và độ tin cậy của vũ khí – nhưng một chiếc đồng hồ trong một gia đình hồi đầu thế kỷ XIX, thì chủ yếu mang tính trang trí và bổ trợ cho những mốc thời gian truyền thống như thời gian bò từ đồng về chuồng, thời gian trẻ con cần ăn sáng, tiếng còi tàu hơi nước, tiếng chuông nhà thờ. Đồng hồ sản xuất ở Mỹ, bắt buộc phải khác đồng hồ mà John Harrison làm cho Hội đồng Kinh độ ở Anh thế kỷ trước: chúng tượng trưng cho sự ra đời của tầng lớp trung lưu, tương tự như máy khâu và máy giặt, hai sản phẩm cũng được chế tạo cùng thời điểm tại Thung lũng Connecticut.

Những chiếc đồng hồ có giá cả phải chăng, dễ sửa chữa, chạy tương đối chính xác là thứ khách hàng muốn, và chúng là sản phẩm của công nghệ chính xác. Một vị khách tới thăm miền Tây nước Mỹ vào giữa thế kỷ XIX đã viết: “Ở Kentucky, ở Indiana, ở Illinois, ở Missouri, và ở mọi thung lũng nhỏ của Arkansas, cũng như ở những ca-bin không có lấy một chiếc ghế để ngồi, chắc chắn vẫn luôn có một chiếc đồng hồ Connecticut.” Có lẽ chúng ta không phải ngạc nhiên đến thế. Những chiếc đồng hồ Connecticut là một trong những thắng lợi của hệ thống Mỹ, một hệ thống sản xuất mà tất cả các nước công nghiệp trên thế giới đều thèm muốn (bao gồm cả Anh, một quốc gia vẫn đồng đặc tuyên bố mình là nhà tiên phong của công nghệ chính xác và sự hoàn hảo).

## **Chương 4 - Trước ngưỡng cửa của một thế giới hoàn hảo hơn**

Dung sai: 0,000 000 1

*Mọi ích lợi, mọi mỹ miều  
Mà một hành tinh công bình có thể tạo ra  
Quy tụ từ ngàn phương xa  
Đến đây từ trăm xứ lạ  
Và hòa trộn, như cuộc đời quyết với đón đau  
Tạo tác của dựng xây cùng giết chóc.*

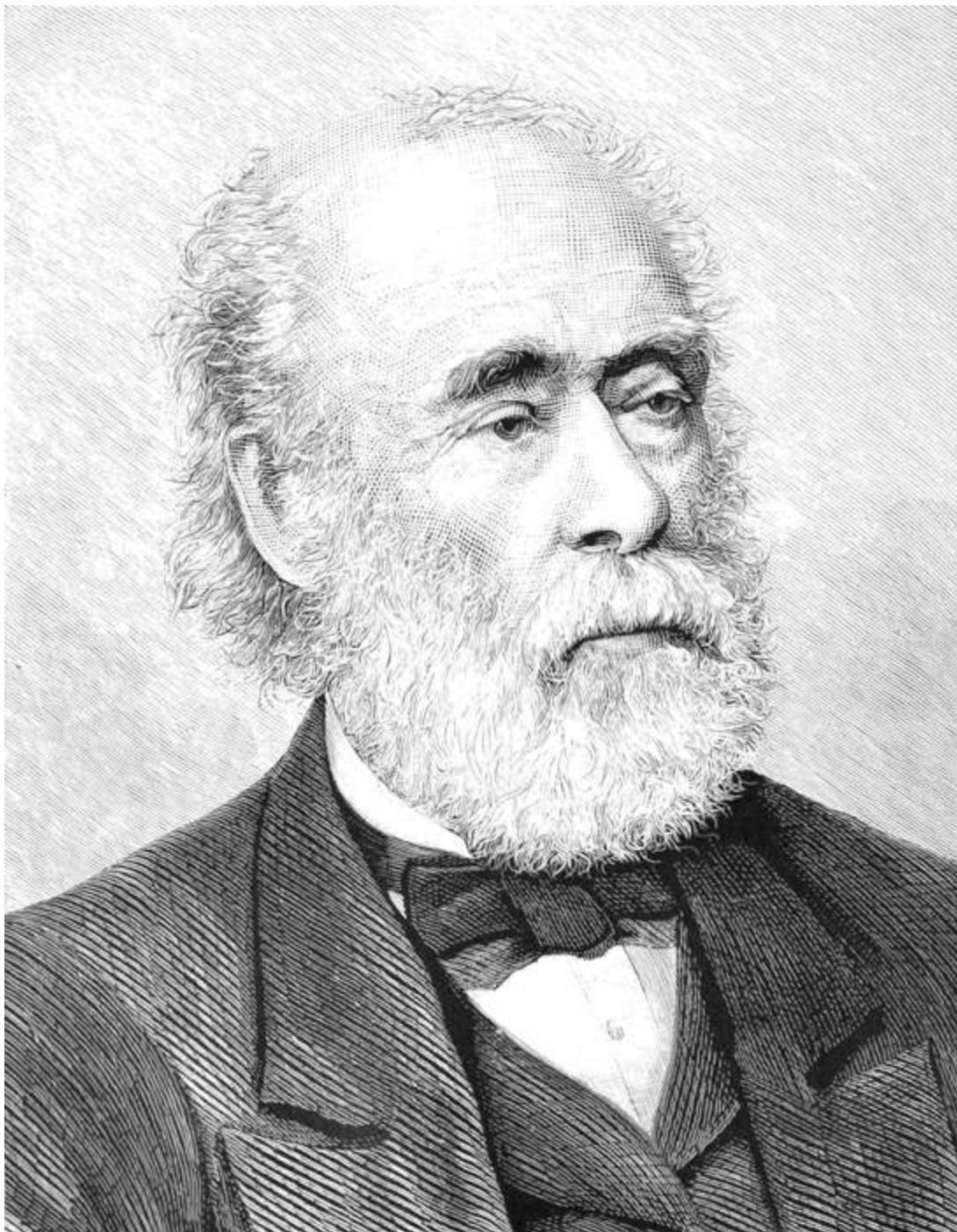
- Alfred, Lord Tennyson, “Tụng ca Khai trương Triển lãm Quốc tế” (1862)

Vào một buổi chiều thứ Hai tràn ngập nắng ấm, ngày 2 tháng 7 năm 1860, ở Wimbledon, khi ấy vẫn còn là một ngôi làng rợp bóng cây ở vùng ngoại ô London, Nữ hoàng Victoria đã làm một việc mà nhiều thần dân hẳn sẽ cho rằng không phù hợp với sự cao quý, địa vị và giới tính của Người. Dùng một khẩu súng trường có công lực lớn và chỉ bắn một phát duy nhất ở cự ly gần nửa cây số, Nữ hoàng đã bắn suýt soát hồng tâm.

Thoạt nghe thì đơn giản nhưng thật ra không phải vậy. Nữ hoàng không đơn thuần chỉ xốc lại váy, vén mạng che mặt, nằm sấp xuống đất, ngắm một tiêu điểm xa xôi và bóp cò. Đây là lễ khai mạc một giải đấu quốc tế do Hiệp hội Súng trường Quốc gia Anh tổ chức, mà Nữ hoàng là nhà bảo trợ. Hiệp hội đã mời Nữ hoàng tới khai mạc sự kiện cho phép, và còn mời Người bắn phát súng mở đầu. Trước sự sững sờ của tất cả mọi người, Hoàng gia đã đồng ý – nhưng

phải thỏa mãn một điều kiện: không được để tẩm thân tôn quý của Nữ hoàng phải nằm, cúi hay quỳ.

Theo đó, đặt trên một đài phủ lụa điêu gần một nhà rạp, điểm dừng chân của Nữ hoàng khi vi hành từ Cung điện Buckingham, là một khẩu súng trường bóng loáng đời mới hiệu Whitworth. Khẩu súng này không chỉ đơn giản được đẽ ở hai bên, mà được đặt chắc chắn trên một giá đỡ bằng sắt vững chãi, hướng về bia ngoài cùng bên trái của một hàng bia, mà phía trước chúng là một dãy súng trường cách Wimbledon Common khoảng 360 m. Khẩu súng được đặt nằm ngang, ở độ cao phù hợp với vóc người khiêm tốn của Nữ hoàng: dẫu hết sức quyền lực trong con mắt của thần dân, Nữ hoàng chỉ cao khoảng mét rưỡi. Nhưng đây là một độ cao không nhỏ nếu người bắn súng đứng thẳng. Một sợi dây lụa với nút tua được buộc vào cò súng. Chốt an toàn được đóng.



Ngày nay, tên tuổi của Joseph Whitworth được biết đến trong đơn vị đo ren vít chuẩn, BSW, viết tắt của “British Standard Whitworth” (Tiêu chuẩn Whitworth Anh), ông cũng thiết kế ra kiểu súng trường được phe miền Nam sử dụng khá nhiều trong Nội chiến Mỹ

Mọi rủi ro đều phải được loại trừ. Joseph Whitworth, một kỹ sư ở Manchester, đã phát minh và thiết kế ra khẩu súng trường ca-líp 45 mạnh mẽ có nòng lục giác này ba năm trước, cực kỳ lo âu và căng thẳng. Chiều hôm ấy, ông và một nhóm phụ tá đã mất hai giờ để khẩn trương hiệu chỉnh khẩu súng biểu diễn để nó có thể nhắm chính xác vào mục tiêu. Danh tiếng của ông (lừng lẫy nhưng cũng dễ tan biến vì danh vọng vốn là thứ thất thường) hoàn toàn phụ thuộc vào sự thành công của phát bắn này. Nếu súng tịt, hy vọng được giới cầm quyền bảo trợ của ông sẽ tiêu tan mãi mãi. Nếu Nữ hoàng bắn hụt, ông sẽ bị công luận tẩy chay. Và, phỉ phui, nếu Nữ hoàng vô tình bắn phải một người khác dẫn đến tử vong thì...

Hàng trăm khán giả chờ đón sự hiện diện của Nữ hoàng không hiểu được điều đó, và lấy làm thích thú khi thấy các phát súng thử nghiệm của Whitworth tiệm cận dần vòng tròn đỏ ở chính giữa bia. Một phóng viên của tờ *Times* ở London viết: “Người ở lầu và người ở dãy bia liên tục phắt cờ ra hiệu cho nhau. Lại điều chỉnh, lại bắn, cứ như vậy cho đến khi Nữ hoàng sắp sửa tới thì họ mới đạt một kết quả thỏa mãn.”

Whitworth kiểm tra xem viên đạn cỡ .45 đã ở trong hộp đạn chưa. Cuối cùng, ông mở chốt an toàn.

Nữ hoàng Victoria tới trường bắn sớm hơn một chút so với thời gian kế hoạch là 4 giờ chiều. Tháp tùng Người đương nhiên là Hoàng tế Albert, đức phu quân yêu dấu của Người; một nhóm hoàng tử và công chúa trẻ tuổi; một đoàn người

nhỏ gồm các quan chức hàng đầu và thị nữ ăn vận nghiêm nghị. Các viên chức lão thành long trọng ra chào đón Nữ hoàng, hộ tống Người cùng phu quân tới Lều Súng Trường và đài phủ lụa. Joseph Whitworth chờ đợi, liên tục chỉnh cà vạt vì bồn chồn. Nữ hoàng cũng chờ đợi bên khẩu súng trường sáng bóng.

Từ khắp vùng, tiếng chuông nhà thờ bắt đầu ngân lên, điểm 4 giờ chiều. Đúng lúc này, Nữ hoàng, tuy còn chưa nhìn thấy mục tiêu nhưng đã được hướng dẫn tỉ mỉ và ngắn gọn về những việc cần làm, với tay ra, nắm lấy nút tua, giật nhẹ dải lụa. Không có gì xảy ra cả. Do giật quá nhẹ chăng? Nữ hoàng thử lại. Rồi Người thấy có một lực cản nhỏ, và đúng như hướng dẫn, bà giật mạnh hơn nữa. Lần này thì bà thành công.

Một tiếng “đoàng!” đột ngột vang lên và khói đen phả ra từ nòng súng, nhưng các yếu nhân hoàng gia vẫn tỏ vẻ bình thản. Vài giây trôi qua, tất cả đều im lặng lắng nghe phát súng vang vọng qua những cánh đồng. Rồi, đột nhiên, từ phía xa, một lá cờ trắng-đỏ vẫy trước bia đạn.

Một tràng pháo tay nhiệt liệt nổ ra từ đám đông dân chúng. Nữ hoàng, không vận tâm cũng chẳng vận thân, đã không những bắn trúng bia mà còn trúng hồng tâm. Một nụ cười thoáng qua gương mặt Nữ hoàng, như thể bà thấy chuyện này có phần khôi hài.

Nữ hoàng đã bắn trúng hồng tâm. Giám định cho thấy sau hành trình gần 400 m, viên đạn của Người chỉ lệch chưa đầy

5 cm về độ cao và 2 cm về hai phía. Nói cách khác, Nữ hoàng vừa bắn chính xác và vừa bắn chuẩn xác.

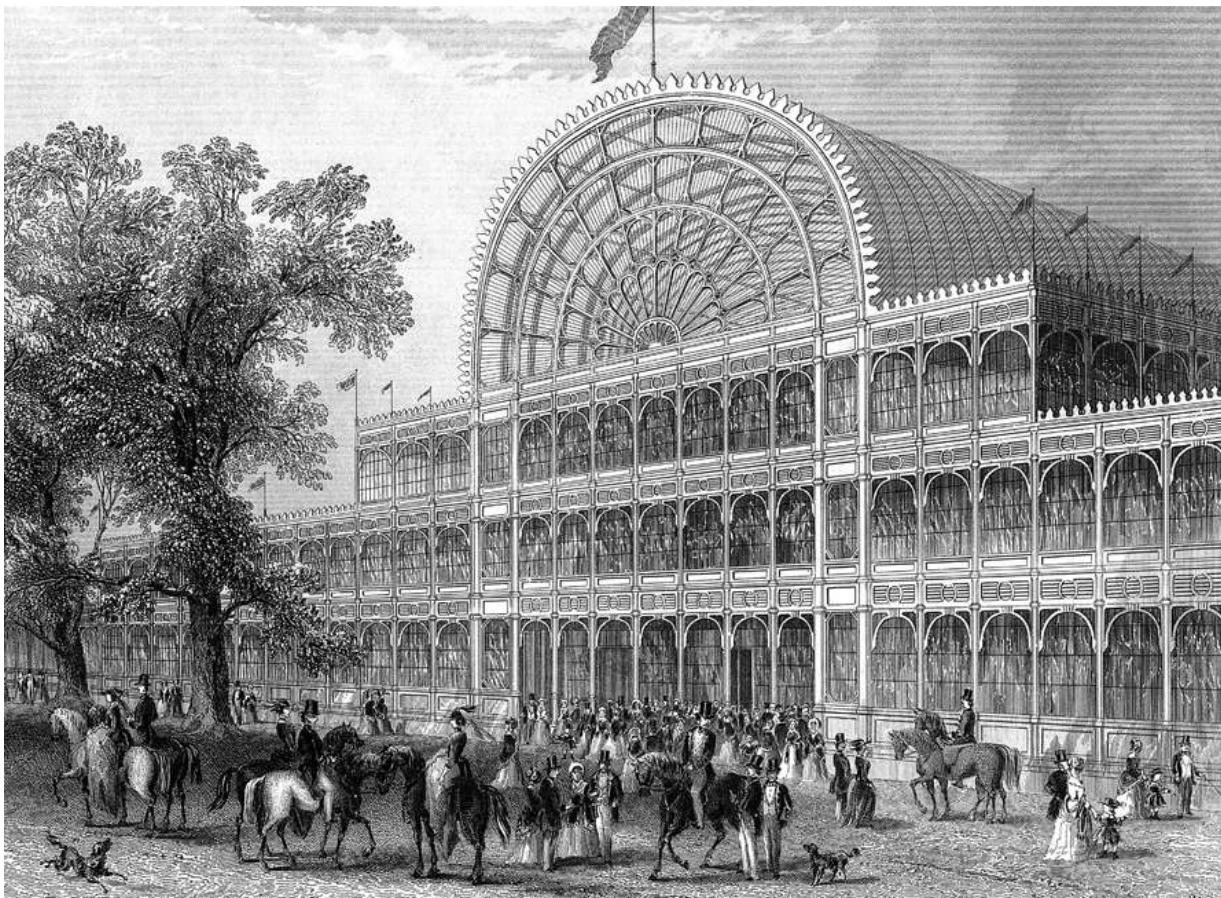
Với phát súng duy nhất này, Cuộc thi Bắn Súng trường 1860 của Hiệp hội Súng trường Quốc gia Anh chính thức được khai mạc, và tất cả những người liên quan, đặc biệt là Joseph Whitworth, thở phào nhẹ nhõm.

JOSEPH WHITWORTH TỪNG diện kiến Nữ hoàng Victoria và Hoàng tế Albert chín năm trước giải đấu ở Wimbledon. (Victoria và Whitworth còn hội ngộ thêm một lần nữa, chín năm sau đó, khi Nữ hoàng phong cho ông tòng nam tước, một tước hiệu hiệp sĩ truyền đời, vì những cống hiến về công nghệ. Khi ấy, Nữ hoàng vận đồ đen; phu quân Albert của bà đã từ trần năm 1861.)

NƯỚC ANH GIỮA THẾ KỶ XIX khiến người ta cảm thấy rõ rằng Phương Tây đang thay đổi, và thay đổi chóng mặt. Cuộc cách mạng xã hội khởi nguồn từ động cơ hơi nước của James Watt đến lúc này đã tiến vào cao trào, và quá trình công nghiệp hóa đã tác động sâu sắc tới đời sống của tất cả mọi người, theo cả hướng tích cực lẫn tiêu cực. Các thành phố đang nở ra trong khi làng quê thì tàn héo, các nhà máy và hầm mỏ mọc lên như nấm, các tuyến đường sắt uốn lượn khắp mọi miền, các cảng biển náo nhiệt với nhiều hoạt động thương mại, các ống khói xả khói vào bầu không khí từng rất trong lành; người lao động bắt đầu sống bằng lương và thành lập công đoàn, khoa học và công nghệ trở thành mối quan tâm hàng đầu của công chúng. Ai cũng nói về *tiến bộ*.

Những kỳ công và tiềm năng của máy móc khiến công chúng vừa thán phục vừa lo sợ.

Đến lục chừng thế kỷ XIX, nhân loại, đặc biệt là ở Phương Tây công nghiệp hóa, đã đạt điểm tới hạn, và đây là lúc nên dừng lại và chiêm nghiệm. London (thủ đô của một quốc gia mà vào thời đó là trung tâm tri thức, tín ngưỡng, và khoa học của Phương Tây) quyết định – với một mệnh lệnh Hoàng gia – rằng đây là thời điểm để nhìn lại những gì đã xảy ra để phô trương những thành tựu đã đạt được trên thế giới, và để suy nghĩ về tương lai.



Đại Triển Lãm 1851 tại Công viên Hyde, London, là cơ hội cho Phương Tây để các phát minh của Cách mạng Công nghiệp tề tựu dưới mái vòm vĩ đại của Cung điện Pha Lê và mê hoặc công chúng

Ý tưởng về một Cuộc Đại Triển Lãm được đưa ra, nhằm tán dương những thành tựu lớn nhất của nhân loại, với tên gọi đầy đủ là Đại Triển Lãm 1851 về các thành tựu công nghiệp của mọi quốc gia. Người Pháp đã tổ chức những cuộc triển lãm tương tự, tuy khiêm tốn nhưng khá đều đặn, ở Paris từ cuối thế kỷ trước; Berlin cũng có một cuộc biểu dương thành tựu vài năm sau đó; và ở London năm 1845, Hiệp hội Nghệ thuật<sup>[\*]</sup> đã tổ chức một cuộc thi có trao giải dành cho các thiết kế công nghiệp. Nhưng sự kiện 1851 được hình dung là một kỳ quan che mờ mọi sự kiện trước đó. Joseph Whitworth, tuy không được biết đến rộng rãi bên ngoài lĩnh vực của mình, cũng được mời tới tham dự.

Hoàng tử Albert, vị phu quân giàu óc tưởng tượng của Nữ hoàng Victoria, được cho là tác giả của ý tưởng này. Với khả năng tiên lượng mà đến giờ vẫn được ca ngợi suốt hai thế kỷ qua<sup>[\*]</sup>, ngài nhận thức được sự phi thường của thời đại ấy, và muốn nắm bắt, thể hiện, biểu diễn sự phi thường ấy cho công chúng bằng những cách ngoạn mục nhất. Ngài muốn cả thế giới hướng mắt theo dõi nó và thấy được những bước đi kỳ vĩ, những diễn tiến liên tiếp của lịch sử đáng nhớ như thế nào. Hơn nữa, ngài tự tin những điều khiến ngài vô cùng hứng thú cũng sẽ đủ thu hút để lôi kéo sự chú ý của công chúng để cuộc triển lãm có thể hoàn vốn. Với niềm tin đó, ngài hết sức tỉ mỉ trong việc tuyển chọn ủy ban hoạch định. Khi lên danh sách các thành viên được mời tham gia triển lãm và các hiện vật được trưng bày, ngài đưa ra yêu cầu duy nhất: cuộc triển lãm sẽ phải dùng nguồn vốn tư nhân thay vì ngân sách công.

“Chúng ta đang sống,” Albert tuyên bố tại bữa tiệc khai mạc chiến dịch gây quỹ, “trong một giai đoạn chuyển giao kỳ diệu, một giai đoạn đầy nhanh tiến trình tới điểm dừng cuối – điểm dừng mà toàn bộ lịch sử hướng về: sự thống nhất của toàn nhân loại. Thưa quý vị, Triển lãm 1851 sẽ cho chúng ta thấy nhân loại đang ở đâu trong hành trình vĩ đại này, cũng như cho mọi quốc gia một điểm khởi đầu mới cho các nỗ lực tiếp theo của mình!”

Với một bài diễn thuyết hào hùng như thế, Albert đã sớm đạt được mục tiêu gây quỹ của mình trong một nửa thời gian dự tính. Sau đó, ông đặt một nhà làm vườn uyên bác tên là Joseph Paxton thiết kế và xây dựng ở khu Nam của Công viên Hyde một tòa nhà vĩ đại hoàn toàn bằng thủy tinh và sắt, với chiều dài 1851 feet (564m) để ghi nhớ năm diễn ra sự kiện, và cao 33m ở điểm cao nhất, sao cho ba cây du cổ thụ được dân chúng yêu quý có thể được bao trọn trong đó thay vì phải đốn đi. Cung điện Pha Lê (tên gọi trong tương lai của tòa nhà) được xây dựng chỉ trong sáu tháng. Với các tấm thủy tinh có tổng diện tích khoảng 90.000m<sup>2</sup>, tòa nhà trông như một tòa kính thực thụ trong truyện thần tiên, một phiên bản vĩ đại hơn của nhà kính mà người thợ làm vườn Paxton từng xây cho Công tước xứ Devonshire để trồng hoa loa kèn.

Và ở đây, với giá vé khiêm tốn – “Một Shilling đổi cả Thế giới” là khẩu hiệu thu hút hàng vạn du khách – người ta có thể chiêm ngưỡng hàng loạt kỳ quan. Thu hút nhiều sự chú ý nhất là bộ sưu tập những cỗ máy bằng sắt đồ sộ, nặng nề, ngoạn mục, hoạt động hết công suất, và liên tục nóng rẫy

hơi nước - đó là những phát minh mới nhất và trọng đại nhất. Những cỗ máy Anh khổng lồ bằng sắt này ngạo nghễ khẳng định: đám người Mỹ hoang tưởng kia có thể hanh diện về khả năng sản xuất chính xác các cấu phần đổi lẫn, hoặc tự hào về những thành quả bước đầu trong sản xuất hàng loạt, thậm chí dù đã vượt lên trước nhờ dây chuyền lắp ráp, thì đây là thời khắc trọng đại trong lịch sử nước Anh, khi sức mạnh cơ khí đơn thuần được phô trương và thi triển. Một cuộc biểu dương lực lượng như thế rồi cũng sẽ đến với người Mỹ trong tương lai. Nhưng vào thời khắc này, đây là thời khắc của nước Anh, đánh dấu bởi những phát minh được trưng bày hùng hồn đại diện cho nỗ lực của cả quốc gia.

Lòng yêu nước, pha trộn với chủ nghĩa sô-vanh hiếu chiến, là nguyên nhân khiến công chúng ưa chuộng các cỗ máy Anh này đến vậy. Người Anh thời đó hẳn nhiên thích những thứ lạ mắt vui nhộn và cuộc triển lãm không thiếu những thứ kiểu đó. Song chúng ta cũng thấy rõ ràng là những phát minh kỳ vĩ trưng bày ở đây cho phép đế quốc Anh tiếp tục thịnh vượng và thống ngự thế giới, và sớm đạt tới đỉnh cao lịch sử.

Ít nhất là trong một thời đoạn. Những tiếng nói hồ nghi, nếu có, cũng không lọt vào tai người Anh đương thời. Họ hoàn toàn bị lôi cuốn bởi cuộc diễu binh những tạo vật của quốc gia -những con tàu khổng lồ, những khẩu súng lớn, những cây cầu sắt cao vút, những kênh và rạch. Những đầu máy xe lửa chạy hơi nước - một cảnh tượng còn rất mới mẻ với công chúng - những cỗ máy sơn xanh-đỏ-đen sáng loáng với những chi tiết đồng nhẫn bóng, đủ để thu hút một đám

đông ở bất kỳ nhà ga nào. Những trạm bơm nước và xưởng in đang ngày một đông đảo, chạy bằng động cơ hơi nước với những đòn sắt lén xuống đầy uy nghi, luôn lôi cuốn trí tưởng tượng của công chúng.

Song người Anh kể cả trong mơ cũng không nhận ra họ và người Mỹ bắt đầu đi về hai hướng. Cũng không ai ngờ lối đi của người Anh hóa ra là một ngõ cụt công nghệ, trong khi lối đi của người Mỹ, ít nhất là trong một thời đoạn nhất định, lại phù hợp hơn với tiến bộ và phát triển. Năm 1851, nước Anh dường như bất khả chiến bại, và những gì họ phô trương đã minh họa cho sức mạnh vượt mọi thách thức của đất nước, luôn luôn và mãi mãi.

Để phục vụ khách tham quan, triển lãm được tổ chức theo các nhóm - Nhóm 1: Sản phẩm Mỏ và Khai Khoáng; Nhóm 2: Hóa chất và Dược phẩm; Nhóm 3: Nguyên liệu dùng làm Thực phẩm; Nhóm 4: Nguyên liệu Động Thực vật dùng trong Sản xuất; Nhóm 5: Máy móc Sử dụng Trực tiếp bao gồm Xe cộ, Đường sắt và Máy móc Hàng hải; Nhóm 6: Máy móc và Dụng cụ Sản xuất; Nhóm 7: Thiết bị Xây dựng và Công trình dân dụng; Nhóm 8: Kiến trúc Hàng hải, Kỹ thuật Quân sự, Hỏa lực, Vũ khí, v.v.; Nhóm 9: Máy móc và Thiết bị Nông nghiệp và Làm vườn; và tương tự -tổng cộng 30 nhóm, nhóm nào cũng phong phú các thành tựu công nghệ.

Đi sâu vào bất kỳ phân nhóm nào, khách tham quan cũng sẽ hiểu tại sao Hoàng đế Albert nói những năm giữa thế kỷ XIX là một cuộc “chuyển giao kỳ diệu”. Đi vào Nhóm 6, Máy móc và Dụng cụ Sản xuất, bạn sẽ được chứng kiến những

tiến bộ *sắc bén nhất*<sup>[\*]</sup>, theo đúng nghĩa đen, của cuộc chuyển giao này, nhất là khi nhìn vào những vật phẩm được cắt gọt công phu và chính xác tối đa.

Ở đây có những cỗ máy của tương lai và những nhà cơ học tạo ra chúng. Đơn cử như, Waterlow and Sons đã phát minh ra một cỗ máy làm phong bì tự động, thu hút hàng dài những người hiếu kỳ. Khách tham quan sẽ đưa một tờ giấy vào chiếc máy và trong nháy mắt, tờ giấy được cắt, gấp và dán thành phong bì, sẵn sàng để nhét thư vào và dán tem lên. Một công ty ở Ipswich đã phát minh ra một máy xúc chạy hơi nước nhằm mục đích xé các ngọn đồi thấp để thông các tuyến đường sắt - một thứ chưa ai từng thấy hay nghĩ đến. Một công ty khác, có trụ sở tại Oldham, Lancashire, mang đến 15 máy kéo sợi bông, mỗi chiếc giống như tất cả các cỗ máy chuyển động khác trong Nhóm 6, đều được đặt gần các nồi hơi. Các nồi hơi này được để ở một buồng riêng biệt bên ngoài Cung Pha Lê và truyền hơi vào trong để chạy máy.

Robert Hunt, một tác giả viết sách khoa học thời Victoria, đã viết một bộ sách gồm hai cuốn, dày tổng cộng 948 trang đầy tâm huyết, với tựa đề *Hunt's Hand-Book to the Official Catalogues* (tạm dịch: cẩm nang của Hunt về các mục chính thức), trong đó ông mô tả và bình luận về mọi hiện vật trưng bày trong Cung Pha Lê. Trong đó, ông đặc biệt ấn tượng với triển lãm của Oldham, ông viết: "Những ngón tay của người kéo sợi... với sự trợ giúp của thiết bị truyền thống là guồng quay tơ," cuối cùng đã bị thay thế hoàn toàn bởi cỗ máy này, với "vài ngàn con suốt... trong một buồng, quay với tốc

độ nhanh không tưởng, không cần bàn tay nào để di chuyển và điều hướng, kéo, xoắn, cuộn tới hàng ngàn sợi với sự chính xác tuyệt đối, với sức mạnh và sự kiên trì không mệt mỏi – một cảnh tượng màu nhiệm với những con mắt chưa quen thuộc, một thành tựu kỳ diệu để gia tăng của cải và dân số.”

ROBERT HUNT CŨNG bày tỏ đôi chút lo ngại, ở cuối một đoạn viết đặc biệt trữ tình về máy dệt đời mới, ông viết: “Thành quả cơ khí quả thực rất tuyệt diệu! Nhưng còn hệ quả đạo đức thì sao?” và nhắc lại lo ngại này ở nhiều phần khác trong tác phẩm. Nhưng không mấy ai trong số các khách tham quan và nhà phê bình chia sẻ nỗi lo này với Hunt hay lo ngại về các hệ lụy xã hội. Người Anh chắc chắn là không. Người Pháp có lẽ nhận thức được rõ nhất mặt tiêu cực đến từ những cỗ máy “chính xác không lay chuyển”: nhà toán học kiêm chính trị gia danh tiếng Charles Dupin cảnh báo: “Khi lao động bị thay thế, dân số sẽ bị sụt giảm và máy móc tràn ngập,” và những chính trị gia của tương lai mới là những người đánh giá được đây có phải là tiến bộ hay không. Dễ thấy vị nam tước tốt bụng cho rằng nó chẳng phải là tiến bộ gì cả. 20 năm sau, một người đồng hương của Dupin, Gustave Doré, cũng có chung quan điểm này và cho ra một tập tranh khắc gỗ về các khu ổ chuột của London. Nhiều người cho rằng tập tranh này là lời kết án Tân Thế giới, lời nhắc nhở xác đáng rằng công nghệ chính xác đã không mang lại tiến bộ xã hội.

Đại đa số khách tham quan cảm thấy thỏa mãn khi được chứng kiến hàng loạt đại diện hoàn hảo của nền cơ khí hơi

nước mới. Với họ, những cỗ máy này là những thứ màu nhiệm - máy dệt, máy in, đầu máy xe lửa, xe điện, động cơ tàu thủy (ấn tượng nhất là chiếc máy do hãng Maudslay, Sons and Field sản xuất cách đây 40 năm trước, nhằm thiết kế và chế tạo chiếc máy tạo cụm ròng rọc cho Hải quân Hoàng gia, nhưng đến nay vẫn hoạt động mạnh mẽ), cũng như phiên bản đầu tiên và những phiên bản mới hơn của động cơ hơi nước Watt. Một số nguồn năng lượng khác cũng được biểu diễn, đặc biệt nhất là cối xay nước và xay gió; và xe ngựa kéo hai tầng đời đầu, với một cái thang xoắn ốc lắp ở đuôi xe, tổ tiên của những chiếc xe buýt hai tầng hiện đại chạy trong London. Nhưng khó quên nhất vẫn là những động cơ chạy bằng hơi nước, với những tia lửa phun ra, tiếng rền vang như sấm, và mùi dầu nóng nồng nặc; đối với những khán giả đang trổ mắt, chúng là hiện thân của sức mạnh. Khách tham quan phải đứng sau hàng rào bảo vệ, bởi đó là những cỗ máy nguy hiểm, với những thanh đòn sắt bóng loáng lén xuống, những bánh răng quay tít nẹng hai tấn, có khả năng đập vỡ sọ, bẻ gãy tay chân, nuốt chửng trẻ em. Đó là những cỗ máy mà người ta vừa yêu chuộng vừa khiếp sợ, vì thế phải giữ khoảng cách.

Ở nhóm 6, khép mình bên cạnh những cảnh tượng huyên náo còn có một góc trầm lặng hơn, trưng bày những cỗ máy Anh bất động, với tác động lâu dài có lẽ còn sâu sắc hơn cả những bánh xe quay hút hồn đám đông kia. Ở nhánh phụ này của gian trưng bày, Quầy số 201, là một hãng sản xuất đến từ Manchester được sáng lập bởi một người mà cả thời đó và thời nay đều coi là nhà cơ khí vĩ đại bậc nhất, người

đàn ông mà chín năm sau đó lo lắng đến nỗi gặm móng tay khi nhìn Nữ hoàng Victoria bắn súng của mình. "Whitworth, J & Co," catalog của triển lãm đế, "máy tiện tự động, máy bào, xọc rãnh, khoan và xoi, vít, cắt và khía, đục và xén. Máy dệt kim đăng ký độc quyền. Bộ ta rô và bàn ren đăng ký độc quyền. Máy đo, cǎn yard, vân vân."

Một mô tả không quá ấn tượng. Và ấn tượng cũng không cải thiện được mấy khi Joseph Whitworth đích thân đi từ Manchester đến thăm triển lãm. Whitworth có vóc người to lớn, bộ râu rậm và đôi mắt xám nhạt - trông khá đáng sợ - cùng gương mặt "không khác gì khỉ đột", theo nhận xét của Jane Carlyle, vợ của nhà bình luận xã hội người Scotland Thomas Carlyle - và bên cạnh ngoại hình dữ dằn, ông còn nổi tiếng là người nóng nảy, thiếu bao dung với những kẻ xuẩn ngốc, cư xử độc đoán, cũng như (trong đời sống riêng tư) ngoại tình liên miên. Nhưng 23 dụng cụ và thiết bị ông trưng bày trong triển lãm kéo dài sáu tháng ở London, tuy không hào nhoáng bắt mắt như những động cơ hơi nước và máy dệt nghìn suốt, lại chỉ ra lộ trình tương lai của kỹ thuật (và đem lại cho cha đẻ của chúng nhiều huân chương hơn tất cả các nhà trưng bày khác của Cung Pha Lê). Joseph Whitworth là nhà vô địch tuyệt đối về sự chuẩn xác, là tín đồ cuồng nhiệt của công nghệ chính xác và là cha đẻ của một thiết bị đột phá, với khả năng đo chính xác đến 1/1.000.000 của 1 inch, mức độ chính xác không ai dám nghĩ tới. Trước Whitworth, công nghệ chính xác chỉ đơn thuần là công nghệ chính xác; sau Whitworth, công nghệ chính xác là công nghệ

đạt chuẩn Whitworth, và Đại Triển Lãm chính là nơi đem lại danh tiếng cho ông.

Đa số kỹ sư đầu ngành tạo ra bước ngoặt của thế kỷ XIX đều quen nhau: người này là thầy hoặc trò của người kia. Whitworth cũng thuộc trường hợp ấy. Ông bắt đầu quan tâm sâu sắc tới sự hoàn hảo trong cơ học khi còn là một cậu thiếu niên - ông sống trong cảnh mồ côi sau khi mẹ ông mất và cha ông rời khỏi nhà để trở thành linh mục - và học việc trong xưởng của Henry Maudslay. Chính trong khoảng thời gian làm việc cùng Maudslay, Whitworth bắt đầu bị cuốn hút vào một ý tưởng đặc biệt về độ phẳng của bàn máp.

Như Henry Maudslay đã chứng minh, độ phẳng tuyệt đối đóng vai trò hết sức quan trọng, là nền tảng của các nguyên lý cơ khí chính xác. Không khó để giải thích tầm quan trọng này. Với một bàn máp, sự hoàn hảo của nó không đến từ bất kỳ yếu tố nào khác ngoài độ phẳng - không cần được đánh giá và đo lường dựa trên một căn mẫu hay tiêu chuẩn bên ngoài. Kích thước của nó không quan trọng. Hình dạng của nó không có ý nghĩa gì. Hoặc là nó phẳng hoàn hảo, hoặc không. Và nếu phẳng hoàn hảo, nó sẽ là tiêu chuẩn dùng để chế tạo những thứ chính xác khác. Một cái thước, một hình vuông, một khối căn mẫu - chỉ cần đặt chúng lên bề mặt phẳng hoàn hảo, chúng ta sẽ biết chúng có phẳng hay không, có chính xác hay không.

Vì thế, với hai con người mà khái niệm phẳng hoàn hảo là tối thượng, không khó hiểu khi có một tranh cãi nhỏ về việc ai là người đầu tiên đưa ra phương thức hiện thực hóa khái

niệm đó. Từng có thời gian cuộc tranh cãi trở nên nóng bỏng. Nhưng cuối cùng, mọi thứ đã được giải đáp. Maudslay được cho là người khởi xướng ý tưởng và khám phá ra các nguyên lý; còn Whitworth phát triển và diễn giải nó, đồng thời tạo ra ấn tượng với công chúng rằng chính những thiết bị và dụng cụ kim loại do Joseph Whitworth chế tạo mới là điểm khởi đầu của cơ khí chính xác, là nền tảng của đo lường chính xác. Sự thật là: Maudslay đã chế tạo ra những thiết bị tuyệt mỹ đầu tiên, sau đó Whitworth chế tạo các thiết bị, dụng cụ, đồng thời đặt ra các phép đo để làm nên những cỗ máy tuyệt mỹ tiếp theo, trong đó, và đặc biệt phải kể đến, là mặt phẳng hoàn hảo.

Hai phát minh sau đó trở thành di sản tiêu biểu của Whitworth: vít chuẩn hóa và máy đo. Chúng được liên kết với nhau về mặt cơ học theo đúng nghĩa đen. Cả hai đều đóng góp vào một ngành khoa học mới được đặt tên - đo lường học - ngành khoa học nghiên cứu về các phép đo lường chính xác, nhận được sự quan tâm rộng rãi không những ở Anh, Mỹ mà còn ở nhiều nước khác trên thế giới. Sau phát minh của Whitworth, người ta đã và đang đổ không biết bao nhiêu tiền của để đầu tư vào ngành khoa học mới này, với mục tiêu đo lường mọi thứ xung quanh chúng ta một cách chính xác và tuân theo một tiêu chuẩn được số đông chấp nhận.

Thiết bị đo lường của Whitworth là một hiện tượng của thời ấy, một vật nhỏ nhắn nhưng vô cùng duyên dáng, thể hiện sự hoàn mỹ về cơ khí khiến một người không chuyên cũng thèm muốn sở hữu, ngắm nghía, cầm nắm. Thiết bị

này cũng xuất hiện trong bức chân dung của cha đẻ nó treo ở Phòng Triển lãm Nghệ thuật Whitworth ở Manchester. Nhân vật chính ăn vận trang trọng với vẻ mặt vừa nghiêm nghị, kiêu hãnh, lại vừa có chút sững sốt. Các ngón tay trái của ông lướt qua bánh xe điều chỉnh bằng đồng, như thể đang trưng diện nó một cách tế nhị. Bên dưới, họa sĩ đã bắt được ánh lấp lánh phản chiếu từ đế sắt nhẵn bóng như đá thủy tinh của thiết bị đo lường này, cũng như ánh vàng của những bánh xe đồng dưới đèn khí gas.

Nguyên lý cơ bản của thiết bị này đơn giản đến kinh ngạc. Hầu hết các thiết bị đo lường trước đó dùng các thang vạch, ví dụ như trên cạnh của một cái thước - người ta đo độ dài của một vật bằng cách so nó với thước kẻ và xác định điểm đầu, điểm cuối. Nhưng cách làm này đòi hỏi phải đánh giá bằng thị giác và dấy lên nhiều câu hỏi. Điểm cuối của vật đo nằm lệch về bên trái hoặc bên phải của vạch bao nhiêu? Thang vạch dày như thế nào? Cần kính lúp cỡ nào để trả lời hai câu hỏi trước? Và nếu dùng thước véc-ni-ê để giải quyết vấn đề - Pierre Vernier đã chế tạo ra loại thước này vào thế kỷ XVII để chia thang phụ giữa hai vạch của thang chính, nhằm tăng độ chính xác của phép đo - kết quả vẫn mang tính chủ quan, phụ thuộc vào thị lực và trình độ người đo.



Vít chuẩn hóa với các dạng và bước ren khác nhau, dùng để ghép nối, đo lường, và di chuyển tiến/lùi đầu dao cắt của các máy công cụ (bản quyền hình ảnh thuộc Christoph Roser tại AllAboutLean.com)

Whitworth cho rằng phép đo thang vạch có quá nhiều bất cập, vừa bất tiện vừa dễ sai sót. Thay vào đó, ông ưa chuộng một phương pháp khác gọi là thước đo song phẳng. Phương pháp này không dựa vào thị giác, mà dựa vào việc áp thiết bị đo vào hai mặt phẳng ở đầu và cuối vật cần đo. Về cơ bản, thiết bị đo mà ông chế tạo sử dụng hai tấm thép phẳng có thể điều chỉnh tới lui gần hoặc xa nhau bằng cách quay một đinh vít dài bằng đồng. Đặt chi tiết đo vào giữa hai bề mặt này và điều chỉnh sao cho hai mặt kẹp chặt vật cần đo. Sau đó, chậm rãi nới lỏng hai mặt cho đến khi - khoảnh khắc quyết định! - chi tiết đo được nới lỏng đủ để rơi xuống dưới tác dụng của trọng lực. Khoảng cách giữa hai bề mặt tại thời điểm này chính là chiều dài của chi tiết đo.

Để tính toán khoảng cách này, người đo sẽ dựa vào đinh vít, bánh xe quay vít và một số công thức số học đơn giản. Chẳng hạn, một đinh vít có 30 ren/1 inch và được truyền động bằng một bánh xe có 500 khoảng chia đều. Quay bánh xe trọn một vòng, đinh vít cũng như đĩa phẳng gắn với nó sẽ tịnh tiến  $1/20$  inch. Quay bánh xe theo một khoảng chia, đinh vít sẽ tịnh tiến  $1/500$  của  $1/20$  – tức là  $1/10.000$  của 1 inch.

Nguyên lý là như vậy. Whitworth, với tài nghệ cơ khí xuất chúng, đã chế tạo một trắc vi kế tuân theo nguyên lý này nhưng cho phép đinh vít tịnh tiến ứng với mỗi vòng quay trọn vẹn của bánh xe không phải  $1/20$  inch, mà là  $1/4.000$  inch, một con số vô cùng nhỏ, vào năm 1859. Sau đó, Whitworth đã vạch 250 khoảng trên bánh xe quay, như vậy là khi quay bánh xe một khoảng thì có thể tiến hoặc lùi đinh vít và đĩa phẳng gắn kèm với nó  $1/250$  của  $1/4.000$  inch. Nói cách khác là  $1/1.000.000$  inch. Nếu hai đầu của chi tiết đo cũng phẳng như hai đầu đo của trắc vi kế, chỉ cần nới hai đầu đo  $1/1.000.000$  inch là đủ để chi tiết cần đo *từ trạng thái bị đầu đo giữ chặt chuyển sang rơi dưới tác dụng của trọng lực*. Đây là cách Whitworth mô tả phương pháp trên một bài báo đăng vài năm sau đó với tựa đề đơn giản “Sắt”, xuất bản tại New York và nhận sự quan tâm lớn của các độc giả chuyên ngành.

Bài báo và thiết bị nhỏ nhặt tinh xảo của Whitworth đã khiến giới kỹ sư sững sốt. Chưa đầy 80 năm trước đó, John Wilkinson mới khởi xưởng khái niệm công nghệ chính xác bằng một cỗ máy có khả năng khoan lỗ với dung sai  $1/10$

inch. Giờ đây, người ta có thể làm ra và đo lường các chi tiết kim loại với dung sai  $1/1.000.000$  inch. Tốc độ phát triển đến mức chóng mặt, và phát minh mới này mở ra vô số khả năng mới, tuy người ta chưa thể hình dung cụ thể những khả năng đó là gì.

Tất cả những công trình này đều được thực hiện ở Anh, phần lớn ở Manchester. Một khi các nhà chế tác máy công cụ của Mỹ tiếp thu được các ý tưởng, nguyên lý và tiêu chuẩn của Whitworth, khả năng cao là các kỹ sư Mỹ sớm muộn sẽ lên tới đỉnh cao và đưa nước nhà lên vị trí đứng đầu thế giới. Chính Whitworth cũng từng thực hiện một cuộc khảo sát ở New York vào năm 1853 và hoàn toàn nhận thức được điều này. “Các tầng lớp lao động [ở Mỹ] còn tương đối ít ỏi,” Whitworth báo cáo sau chuyến khảo sát, “nhưng bù lại họ nhận được, thậm chí họ chính là nhân tố thúc đẩy, sự đón nhận nồng nhiệt đối với máy móc cơ khí ở gần như mọi lĩnh vực công nghiệp, ở đâu có thể dùng máy móc thay thế lao động thủ công, ở đó máy móc được sử dụng một cách hào hứng... Chính đặc điểm này của thị trường lao động, và thái độ sẵn lòng áp dụng máy móc ở bất cứ nơi nào khả dĩ, dưới sự dẫn dắt của một nền giáo dục và tri thức vượt bậc, là nguồn cơn cho sự thịnh vượng của nước Mỹ.”

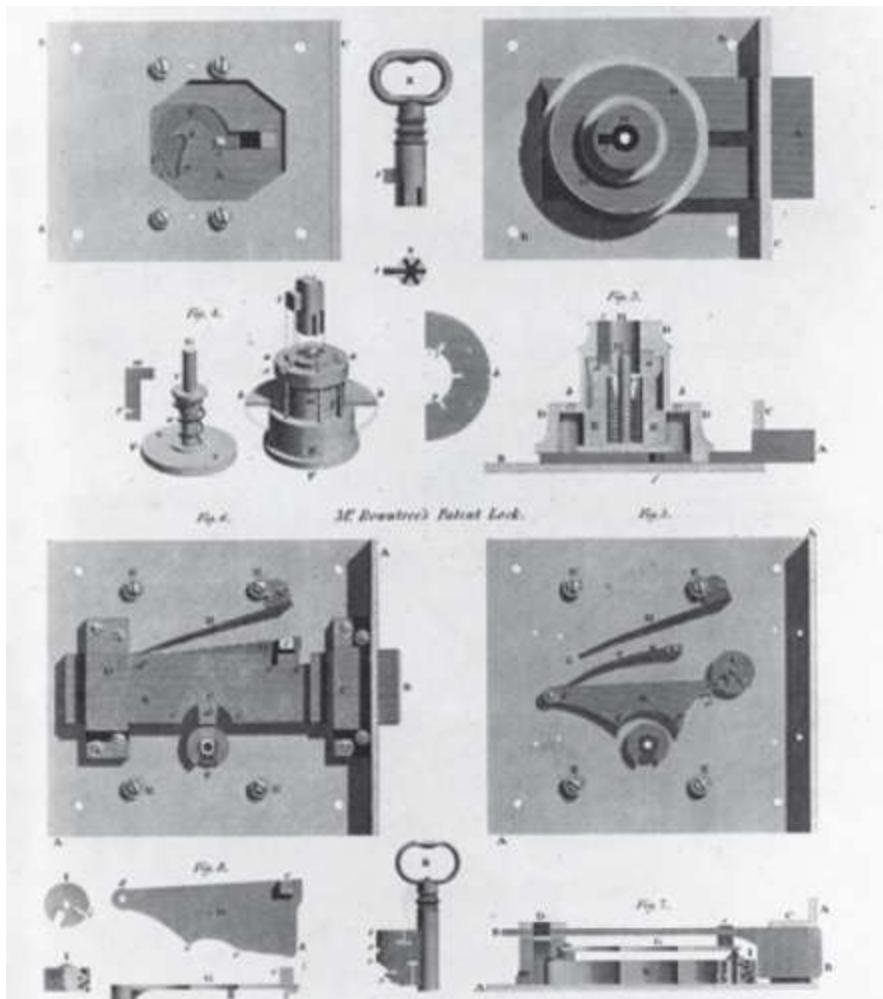
Tiếp đến là đinh vít - không chỉ là những chiếc đinh vít tiến hoặc lùi trong các thiết bị đo lường, kính hiển vi hay kính viễn vọng, hay những chiếc đinh vít dùng để nâng đại bác hải quân, mà còn là những chiếc đinh vít kết nối các cấu phần của những sản phẩm sau này.

Trước Whitworth, mỗi chiếc đinh vít, bu lông, đai ốc được chế tạo không theo bất kỳ chuẩn nào, và nếu chọn ngẫu nhiên một cái đinh vít một phần mươi inch để bắt với một đai ốc một phần mươi inch, khả năng chúng ăn khớp với nhau gần như bằng 0. Whitworth đã kiên định theo đuổi ý tưởng chuẩn hóa mọi loại đinh vít: đồng nhất về góc ren (55 độ), đồng nhất về tỷ lệ cố định giữa bước ren với bán kính của vít và độ sâu của ren. Phải mất một khoảng thời gian tương đối để các nhà sản xuất vít nhất trí, nhưng đến giữa thế kỷ thì tiêu chuẩn mới đã được áp dụng trên toàn Đế chế Anh, và tiêu chuẩn đo đinh vít BSW (viết tắt của “British Standard Whitworth” để tưởng nhớ cha đẻ của nó) hiện vẫn là một tiêu chuẩn cốt yếu trong các xưởng kỹ thuật từ Carlisle tới Calcutta.

Trong những năm sau đó, Whitworth chuyển hướng chú ý ra khỏi thế giới tinh xảo của cơ khí chính xác sang thế giới bạo lực của sản xuất vũ khí, tuy ông vẫn rất bức chuyện quân đội Anh không chấp nhận sử dụng khẩu súng trường Whitworth nòng lục giác mà Nữ hoàng Victoria đã bắn vào cái ngày mùa hè ấy ở Wimbledon; cỡ nòng .45 của nó được cho là quá nhỏ. Song ông cũng thỏa mãn phần nào khi nghe tin khẩu súng, với nhãn hiệu Whitworth Sharpshooter ở Mỹ, rất được quân đội Liên minh miền Nam ưa chuộng trong Nội chiến Mỹ. (Quân đội Liên bang miền Bắc cũng đánh giá cao những khẩu súng tốc độ cao này nhưng cho rằng chúng quá đắt đỏ.) Súng của ông trở nên nổi tiếng trong Trận Spotsylvania năm 1864. Tướng Liên bang miền Bắc John Sedgwick thấp thoáng thấy bóng quân phản loạn từ xa, thúc

ngựa lên trước quân mình và hùng hổ tuyên bố “ở khoảng cách này thì một con voi chúng cũng không bắn được.” Một phát súng Whitworth duy nhất vang lên và một viên đạn lao đến găm trúng đầu vị tướng, khiến ông ta chết ngay tại chỗ.

Whitworth có thể không thích để bản thân liên đới tới chiến tranh, nhưng lợi nhuận mà chiến tranh đem lại thì không thể bàn cãi. Ông thiết kế khiên bọc thép, đạn pháo nổ mạnh, cũng như tạo ra một hợp kim thép dẻo mà theo ông rất phù hợp để làm súng – và thế là thép Whitworth trở nên phổ biến trong các xưởng đúc vũ khí ở Mỹ. Những năm cuối đời, với nhiều ngôi nhà đẹp đẽ thuộc quyền sở hữu của mình, với các quỹ tài trợ, quỹ học bổng đảm bảo cho cái tên Whitworth cùng di sản của ông vẫn còn được biết đến rộng rãi tới tận ngày nay, ông đã thiết kế một bàn bi-da cho biệt thự của mình bên ngoài Manchester. Chiếc bàn được làm bằng sắt đặc, và tuy lịch sử không ghi chép chi tiết về trình độ chơi bi-da của Whitworth, chiếc bàn nổi tiếng vì có bề mặt phẳng hoàn hảo độc đáo. Ngày nay, khi nghe ai đó than vãn vì không có một “sân chơi bằng phẳng”, chúng ta nên nhớ Joseph Whitworth hoàn toàn có khả năng là kỹ sư đầu tiên cho chúng ta một sân chơi phẳng hoàn hảo.



"Khóa thách đố" của Joseph Bramah được trưng bày lần đầu tiên trong một ô cửa sổ ở Piccadilly, London, và phải sau 61 năm mới được cạy thành công. Một người Mỹ tên là Alfred Hobbs cuối cùng đã phá giải được thử thách sau 51 giờ miệt mài. Điều này là cái cớ để công ty khóa Bramah tuyên bố phát minh của họ miễn nhiễm với trộm cắp

**TRONG NHỮNG TUẦN CUỐI CÙNG** của Đại Triển Lãm ở Cung Pha Lê, quan khách được chiêm ngưỡng một vật trưng bày mới ở hội trường riêng của các nhà sản xuất Mỹ: trên đáy hộp kính bảo vệ là một tấm vải nhung màu đen, trên đó có 200 đồng xu 1 guinea mới tinh đúc bằng vàng khối được xếp thành các hàng ngay ngắn. Sự hiện diện bất ngờ của chúng sẽ kể cho chúng ta câu chuyện cuối cùng về công

nghệ chính xác giữa thế kỷ XIX, liên quan tới việc phá giải một thách thức đã tồn tại gần 60 năm trước đó.

Có một người đàn ông đã bẻ được ổ khóa của Joseph Bramah, ổ khóa đã kiên nhẫn chờ đợi ở cửa sổ phòng trưng bày của hãng tại số 124 Piccadilly từ năm 1790. Người này cũng tham gia trưng bày tại Đại Triển Lãm, vốn là một thợ khóa, đối thủ cạnh tranh của Bramah và mang quốc tịch Mỹ. Ông đã vượt Đại Tây Dương với chủ ý bẻ tất cả các ổ khóa “không thể cạy” mà các kỹ sư Anh có thể trưng ra trước ông.

Ông là Alfred C. Hobbs, sinh ra tại Boston vào năm 1812, là con của một cặp vợ chồng người Anh. Điều đó có liên quan đến khát khao cháy bỏng của ông trong việc chứng minh ổ khóa của Mỹ ưu việt hơn hẳn ổ khóa của Anh.

Khi tới Đại Triển Lãm, ông nhận Quầy Số 398, ở cuối dãy phía Đông sảnh chính, với tư cách là đại diện hãng Day & Newell từ New York, chuyên sản xuất một loại khóa gọi là khóa hoán vị parautoptic. Hobbs tin vĩnh viễn không ai có thể cạy được ổ khóa này.

Nhưng với khóa Bramah thì ông không có niềm tin như vậy. Sau khi dựng quầy ở Cung Pha lê, Hobbs đã viết một lá thư trang trọng gửi tới công ty Bramah, đề nghị một cuộc hẹn ở Piccadilly “liên quan tới lời đề nghị viết trên tấm biển treo ở cửa sổ về việc cạy khóa của quý vị”. Joseph Bramah đã qua đời 40 năm trước, có lẽ cho đến lúc lâm chung, vẫn tự tin sẽ không ai vượt qua được thách thức của mình. Quản lý công ty hiện tại là các con trai của Bramah, và họ là người

tiếp nhận lá thư của Hobbs - với chút ít lo lắng trước lá thư định mệnh, vì họ đã nghe đến danh tiếng của Hobbs. Họ không có lựa chọn nào khác ngoài việc ưng thuận, và một hội đồng chuyên gia được lập ra để kiểm định ổ khóa - huyền thoại cơ khí chính xác của nước Anh thế kỷ XVIII - thực sự bị cạy chứ không bị phá.

Và Hobbs đã thành công, ông mất tổng cộng 51 giờ, trong suốt 16 ngày để nân yểm khóa và tuyên bố nó đã mở, tức là ông đã cạy được nó. Ông sử dụng một loạt dụng cụ tí hon, thiết kế dành riêng cho mục đích cạy khóa - trong đó có một cái vít pan-me tí hon gắn vào đế gỗ mà Joseph Bramah quá cố đặt ổ khóa. (Nếu ổ khóa đặt trên một đế sắt không thể xuyên qua, dụng cụ này sẽ vô dụng. Nó được vít vào đế gỗ, cho phép Hobbs rảnh tay mà mò bên trong ruột khóa dài 5 cm trong khi thiết bị của ông giữ cho 18 lẫy tí hon bên trong khóa ở trạng thái nhấn xuống.) Ông cũng dùng một hệ kính lúp, trong đó các tia sáng cực nhỏ được phản chiếu bên trong ruột khóa bằng những chiếc gương đặc biệt. Ông còn dùng một thước đo bằng đồng cực nhỏ để xác định mỗi lẫy được nhấn sâu đến đâu, và dùng những móc nhỏ để kéo các lẫy đã bị đè xuống quá sâu. Bên cạnh ông là một khay dụng cụ giống như khay dụng cụ của bác sĩ phẫu thuật, trừ dao mổ, nhằm một mục đích duy nhất: cạy khóa Bramah, qua đó khẳng định sự vượt trội của công nghệ chính xác Mỹ.

Nhà Bramah đã trả tiền thưởng như cam kết, nhưng họ phàn nàn hành động của người Mỹ, với hàng tá dụng cụ và 51 tiếng mà mò, *không đúng với tinh thần bất thành văn*

của thử thách. Chẳng có tên trộm nào lại bỏ ra nhiều thời gian và công sức đến vậy cho một cái khóa cả.

Các trọng tài đồng tình. Họ chỉ ra cách tiếp cận của Hobbs là không công bằng, và - dù biết rõ 200 đồng guinea đã được trao - dũng dạc kết luận “Hobbs, dù tỉ mỉ đến chân tơ kẽ tóc, đã không làm xấu đi danh tiếng của khóa Bramah; mà ngược lại, sự nỗ lực của ông càng khẳng định, về thực tiễn, ổ khóa này là bất khả xâm phạm.”

200 đồng guinea sau đó nằm lung linh đầy kiêu hãnh trong Cung Pha lê nhiều tuần. Alfred Hobbs đắm mình trong chiến thắng, quả quyết những đồng vàng ấy là lời chứng cho thành tựu của ông. Nhưng đó là một chiến thắng ngắn ngủi, và như các trọng tài đã nêu, việc khóa Bramah bị cạy không hề tác động tiêu cực tới tình hình kinh doanh của hãng: người ta chen nhau xếp hàng để mua ổ khóa mà một chuyên gia phải mất tới 16 ngày mới cạy được. Hãng Bramah hiện vẫn hoạt động ở London và bán khóa ra toàn thế giới, tất cả đều dựa trên nguyên mẫu năm 1797 của Joseph Bramah.

Trong khi đó, hãng Day & Newell của New York đã ngừng hoạt động không lâu sau Đại Triển Lãm. Ổ khóa hoán vị parautoptic của hãng sau đó cũng sớm bị cạy, mà còn bị cạy dễ dàng chỉ với một cái que gỗ. Người cạy thành công ổ khóa đó là người thừa kế một hãng khóa chính xác mới, cũng là người sáng lập một công ty hiện thuộc về nhà sản xuất khóa lớn nhất thế giới ngày nay, Linus Yale.

## Chương 5 - Sự quyến rũ khó cưỡng của cao lộ

Dung sai: 0,000 000 000 1

*Model T Ford đã tác động sâu sắc tới nước Mỹ, tạo ra những thay đổi về chất cho quốc gia này... về nghệ thuật, âm nhạc, cấu trúc xã hội... từ sự giàu mạnh tới tính cô lập ngạo mạn của nó... đến mức Henry Ford, người khởi xướng tất cả, phải được coi là nhà cách mạng có tầm ảnh hưởng nhất...*

- L. J. K. Setright, Drive On! (tạm dịch: Hãy tiếp tục lăn bánh!) (2003)

Một ngày giữa đông đầu năm 1998, khi đang đóng cốp chiếc Rolls-Royce Silver-Seraph đi mượn thì tôi thấy nhói lên ở ngón trỏ tay phải. Tôi nhìn xuống: một giọt máu úa ra từ một vết đứt nhỏ - chuyện vặt, thậm chí không cần dán băng y tế. Nhưng chuyện một chiếc xe Rolls-Royce mới cứng làm tôi bị đứt tay thì đáng chú ý, nhất là khi chiếc Silver-Seraph được thiết kế nhằm củng cố, thậm chí để khôi phục, quan niệm được đưa ra vào năm 1998 rằng Rolls-Royce Motors, chấp hết mọi đối thủ, vẫn sản xuất những chiếc ô tô tốt nhất thế giới.

Tôi và bạn đồng hành đã tiến hành kiểm tra, rà nhẹ bàn tay trên bề mặt bóng như gương ở phía sau xe. Vẻ đẹp của chiếc xe không có gì phải bàn cãi: sơn màu xanh thẫm; thảm len dày lót dưới sàn cốp; móc treo ô, những phần crôm dày dặn, chắc chắn và bóng sáng; đèn chiếu sáng lớn và

kiên cố; cả khung biển số xe cũng rất vững chãi, chống chịu mưa gió, cứ như dành cho một tàu chiến vậy.

Ngoại trừ một vấn đề: khi rà tay dọc phần dưới khung biển số, tôi phát hiện hai đinh vít tí hon, trong đó cái đinh vít bên phải có vẻ hơi nghiêng và cạnh thép sắc như lưỡi dao của nó hơi trồi lên trên bề mặt crôm nhẵn bóng như gương, có lẽ chỉ một phần mẩy của 1 mm. Tôi rà ngón cái trên chiếc đinh vít đó. Không còn nghi ngờ gì nữa, thủ phạm là đây: một chiếc đinh vít đơn giản được một thợ học việc nào đó đóng vào một cái lỗ, và cái lỗ này bị khoan có phần thiếu chính xác, lệch đi một góc rất nhỏ.

Với một sản phẩm được quảng bá là ví dụ đỉnh cao của công nghệ chính xác trong ngành sản xuất ô tô thế giới, bán ở mức giá cao đến hoa mắt đối với đại đa số người mua xe, đây là một khiếm khuyết khó tin, một lỗi lầm không thể tha thứ, một vết nhơ khó bỏ qua. Sự khó chịu của tôi được công nhận vài tuần sau đó khi một nhà phê bình ô tô cho một tờ báo ở London viết anh đã chạy thử chiếc Seraph và, sau khi đậu xe, phát hiện không những anh không thể nhả phanh tay mà tay phanh còn long ra, cáp nối của nó đã đứt phứt đâu đó trong ruột chiếc xe. Rõ ràng, ai đó trong nhà máy đã không giữ được sự tập trung.

Thế nên tôi chẳng lấy làm ngạc nhiên, tuy hầu hết người Anh đều sốc, khi vài tháng sau, một sự kiện khá trùng hợp đã xảy ra: hãng Rolls- Royce Motors lẫy lùng một thời ngưng hoạt động và bị bán lại cho hãng Volkswagen của Đức.

CÔNG TY MÀ CẢ THẾ GIỚI đều biết đến qua cái tên có dấu gạch nối của nó, Rolls-Royce (dù các cuộc khủng hoảng tài chính và những lộn xộn kinh doanh khác đã dẫn đến vô số biến thể trong tên đầy đủ của hãng) được ra mắt một cách linh đình ở Manchester vào tháng 5 năm 1904. Một năm trước đó, vào tháng 6 năm 1903, trong một buổi lễ ít được nhớ tới hơn, tại Detroit, Michigan, Ford Motors chính thức ra đời. Nhà sáng lập của hai công ty đều là những kỹ sư tận tụy, nhiệt thành, tay lấm dầu; cả hai đều mang tên Henry, và đều sinh năm 1863 trong gia cảnh khiêm nhường.

Khi tham vọng của họ đã thành hình, hai Henry đặt ra hai mục tiêu rất khác biệt. Henry Royce quyết tâm sản xuất chiếc xe hảo hạng số một thế giới, dành riêng cho số ít khách hàng “sành xe”, bất chấp mọi khó khăn và không màng tới chi phí. Trong khi đó, Henry Ford, nhắm đến việc đưa vận tải ô tô cá nhân tới đại chúng nhiều nhất có thể, với chi phí sản xuất càng thấp càng tốt. Để đạt được mục tiêu của mình, Henry Royce sẽ tập hợp một đội ngũ thợ thủ công để chế tạo xe bằng tay, còn Henry Ford sẽ sản xuất một số lượng xe khổng lồ thông qua máy móc.

Tuy nhiên, yếu tố then chốt trong cả hai tham vọng này vẫn là cơ khí chính xác, và chính xác ở mức độ cao nhất - dù thực hiện với sự dịu dàng tinh tế của một kỹ sư mang tâm hồn nghệ sĩ, hay với sự quyết liệt của một kỹ sư tin mình là nhà cách mạng. Câu chuyện của hai công ty cho thấy công nghệ chính xác, vào những năm đầu thế kỷ XX đã là một bộ phận không thể tách rời của xã hội văn minh, được áp dụng

theo hai hướng riêng với những hệ quả hoàn toàn khác nhau.

ĐIỀU KIỆN TÀI CHÍNH không cho phép tôi sở hữu một chiếc Rolls-Royce vào lúc này. Nhưng từ lâu tôi đã hâm mộ chiếc xe. Quay lại thời sinh viên, tôi từng tham gia một nhóm nhỏ sở hữu một chiếc xe dòng 1933, chiếc 20/25 kinh điển, mà trước đó bị người ta hấp tấp biến thành một chiếc xe tang không mấy lôi cuốn. Đó là một chiếc xe dễ lái và nhìn chung là chạy tốt, tuy mức hao nhiên liệu không được đề rõ, khó dự đoán, và nó vượt xa túi tiền của sinh viên. Hiếm hoi lắm chúng tôi mới lấy nó ra lái dạo. Một người bạn treo chiếc đòn hạc của mình lên sau xe và chơi đòn khi những người còn lại lái xe, mua vui cho người đi đường. Một lần, khi chạy tới Cotswolds, chiếc xe gặp sự cố (hay như cách nói của Rolls-Royce thời đó là “không tiếp tục được nữa”), các kỹ sư tới sửa xe mang theo những tấm phủ bằng nỉ màu đen để cố che giấu danh tính chiếc xe và tránh tiếng xấu cho công ty. Việc họ làm là vô nghĩa và không che mắt được ai: chỉ cần nhìn tấm nỉ trên nắp trực bánh xe “RR”, tấm phủ bộ trà che đi biểu tượng Spirit of Ecstasy trang trí trên mui xe, và lưới tản nhiệt mô phỏng đèn cổ Hy Lạp ở phía trước xe, người ta ngay lập tức biết ngay xe này của hãng nào.

Niềm yêu thích của tôi đối với ô tô được nâng tầm vài năm sau đó, khi tôi được một tờ báo ở London đặt viết bài về châu Âu Lục địa vào đầu năm 1984. Một biên tập viên mỉa mai đây là chủ đề mà người Anh nói chung có vốn hiểu biết rất ít và thậm chí còn chẳng mấy quan tâm. Mỗi bài là

một ký sự về một chuyến đi do tôi tự chọn, tới một số thành phố và trên những phương tiện khác nhau. Tôi chọn đi thuyền từ Stockholm tới Helsinki; cuốc bộ từ Cadiz tới Gibraltar; bắt tàu hỏa từ ga Victoria ở London tới khách sạn Victoria ở Brig, nằm trên biên giới Thụy Sĩ-Ý; và lái xe - đây sẽ là bài viết trọng tâm của chuỗi bài - từ cực Tây tới cực Đông của châu Âu, từ mũi đất Galicia của Đại Tây Dương tới thành phố Astrakhan thuộc Xô Viết, nơi con sông Volga đổ ra biển Gaspi.

Tôi để dành chuyến đi bằng ô tô hoành tráng này tới cuối cùng, sau khi đã hoàn thành những chuyến đi thuyền, tàu hỏa và bộ hành. Ban đầu, tôi định dùng chiếc xe Volvo cũ của gia đình cho hành trình nhiều ngàn dặm này, nhưng sau khi dùng xong bữa trưa có phần hơi căng bụng ở trung tâm London, tôi buột miệng nói với Patrick, nhiếp ảnh gia sẽ đồng hành cùng tôi: “Tại sao chúng ta không dùng một chiếc Rolls-Royce nhỉ? Một chiếc xe như vậy biết đâu sẽ gây xôn xao dư luận ở Liên Xô.”

Mọi thứ diễn ra hết sức suôn sẻ. Một cuộc điện thoại chóng vánh tới phòng PR của hãng xe và mọi chuyện đã được thu xếp trong chưa đầy nửa tiếng sau: một chiếc Silver Spirit màu xanh dương sẽ xuất xưởng vào sáng hôm sau, nhưng đơn đặt hàng nó đã bị hủy, và nếu tôi chịu khó đi tàu tới nhà máy ở Crewe, chiếc xe sẽ là của tôi trong hai tháng tới. “Tất cả những gì chúng tôi yêu cầu là chiếc xe được trả về nguyên vẹn,” người của phòng PR nói khi đưa chìa khóa xe cho tôi. Chúng tôi bắt tay, và tôi cùng nhiếp ảnh gia Patrick lên đường.

Những cuộc phiêu lưu của chúng tôi trên hành trình kỳ diệu ấy không phải là chủ đề của cuốn sách này. Tuy nhiên, cơ chế vận hành chính xác bên trong chiếc xe và sự chuẩn bị kỹ lưỡng cho chuyến đi cho phép chúng tôi lái nó hàng vạn dặm mà không gặp sự cố nào, trong điều kiện hết sức thoải mái, êm ru và hoàn hảo, với vận tốc cao khi cần thiết – có khi lên đến 220 km/giờ ở Bavaria, một tốc độ không nhỏ đối với một chiếc xe nặng ba tấn – và ngay cả một trực trặc cơ khí nhỏ nhặt nhất cũng không hề xảy ra. Lần duy nhất tôi mang xe đi sửa là tại một đại lý ở Vienna (thời ấy là cửa hàng ở mạn cực Đông trong mạng lưới của Rolls-Royce) để điều chỉnh góc đánh lửa cho phù hợp với nhiên liệu chất lượng thấp mà khả năng cao chúng tôi sẽ phải dùng phía kia Bức Màn Sắt<sup>[\*]</sup>. “Nhưng phải nói thật,” người bán xe nói, vỗ vào đầu xi lanh còn ấm, “động cơ này có thể vui vẻ chạy bằng bơ lạc, nó dễ tính đến mức ấy đấy.”

Các bài báo lần lượt được đăng đúng như dự tính, trong đó bài viết về chuyến đi với Rolls-Royce được chọn lên trang bìa, chủ yếu là nhờ tấm ảnh đầy tính biểu tượng đi kèm. Bức ảnh đó chụp bên ngoài thành phố Kiev, tôi ngồi trên mui chiếc xe xanh dương hoành tráng, vừa mới được đánh bóng, lung linh như ở trong cửa hàng giới thiệu sản phẩm. Ấn bản bán rất chạy ở London. Và với thành công thoáng chốc bất ngờ của bài báo, tôi nhận được sự trân trọng và hào phóng từ các phòng PR của Rolls-Royce trên toàn cầu trong mười năm sau đó.

Nhiệm vụ tiếp theo tôi được tờ báo giao là viết một bài luận về các băng đảng tội phạm ở Đông Los Angeles, trong

lúc Thế vận hội 1984 sắp sửa khai mạc và nhà chức trách địa phương được cho là rất lo lắng. Nhận nhiệm vụ, tôi bay tới California cùng một nhiếp ảnh gia khác. Sau khi làm thủ tục nhận phòng ở khách sạn Ambassador trên Đại lộ Wilshire, tôi hết sức ngạc nhiên khi được trao cho một phong thư nhỏ màu nâu từ Rolls-Royce chi nhánh Beverly Hills và một chùm chìa khóa. “Chúc ông có một chuyến đi tốt đẹp,” lá thư viết. “Chúng tôi hân hạnh được tài trợ.”

Thứ tôi được tài trợ là một chiếc xe đồ sộ mới tinh, một chiếc Rolls-Royce Camargue đen-trắng, dòng xe đắt đỏ nhất thế giới tại thời điểm ấy, nhưng cũng thuộc hàng kém hấp dẫn nhất. Nó là cỗ máy quái vật có hai cửa, được thiết kế bởi một người Ý mà hẳn nhiên đã có một ngày không vui. Con quái vật đó vừa chậm chạp, vừa cồng kềnh, lại nặng nề, là điển hình của một thứ cưa sừng làm nghé, vì thế nó thu hút khá nhiều sự chú ý không mong muốn. Vào một chiều nóng nực, trong khi tôi đang chờ đèn đỏ thì có hai phụ nữ trẻ lái một chiếc mui trần dừng bên cạnh. Cô gái ngồi trước vô lăng hỏi: “Rolls-Royce đó hả?” “Phải,” tôi đáp. Cô ta cười: “Chiếc xe xấu xí nhất mà tôi từng thấy.”

Câu chuyện về chiếc Camargue đã minh họa hùng hồn cho sự khác biệt giữa độ chính xác và độ chuẩn xác. Bởi trong khi các kỹ sư đã kỳ công làm ra một mẫu xe mới có độ chính xác tuyệt vời trong mọi phương diện sản xuất, thì những người đã ủy thác, thiết kế, tiếp thị và bán nó không hề đưa ra những quyết định chuẩn xác. Kết quả là chiếc Camargue trở thành một thất bại ê chề về thương mại, bị coi là chiếc Edsel vùng Crewe<sup>[\*]</sup>: chỉ có trên 500 chiếc

Camargue được bán ra trong hơn một thập kỷ. Chỉ ngay sau đó, hãng Rolls-Royce bắt đầu một thập kỷ tụt dốc ì ạch, mà kết thúc là khung biển số làm đứt tay, cáp phanh bị đứt và bị bán tháo cho các ông chủ người Đức. Năm 1985, thời điểm sau khi tôi được cho mượn chiếc Camargue trong hai tuần (sau này tôi mới biết đó là một mẫu xe ê ẩm và không thể bán được, được giữ ở khoảnh đất đằng sau chi nhánh Beverly Hills của Rolls-Royce), hãng đã vĩnh viễn chấm dứt cuộc đời đau khổ của dòng xe này.

NẾU THẾ GIỚI CÔNG BẰNG hơn thì có lẽ hãng ô tô sẽ có tên là Royce-Rolls, vì Henry Royce mới là người chế tạo xe, còn Charles Rolls chỉ bán chúng (nhưng biết cách gây ôn ào). Nhưng với thương hiệu nổi tiếng bậc nhất này trong bao năm qua - chỉ Coca-Cola mới vượt được nó - một thay đổi nhỏ nhất cũng bị coi là báng bổ. Đến dấu nối cũng là thứ thiêng liêng.

Tôi nghe nói người ta coi cách gọi tắt “Rolls” để chỉ tên xe cũng vô cùng dung tục. Những người trong nhà máy, nếu buộc phải dùng tên thân mật để chỉ tạo tác của mình, sẽ gọi chúng là “Royce”.

Một may mắn tình cờ là Henry Royce sinh ra gần Peterborough<sup>[\*]</sup>. Không lâu sau khi ông chào đời vào năm 1863, Đường sắt Great Northern đã xây một xưởng sửa chữa và bảo dưỡng đầu máy ở đây. Tuy tuổi thơ bần hàn (thời niên thiếu ông phải kiếm tiền bằng cách làm nhiều công việc khác nhau như: đuổi chim, bán báo, chuyển điện tín) và khắc nghiệt (cha ông qua đời trong nhà tế bần khi ông mới

chín tuổi), nhưng ông có một người cô có tầm nhìn xa trông rộng, với niềm tin cháu mình có thể an cư lập nghiệp với nghề chế tạo động cơ. Bà đóng phí học việc ba năm cho cậu bé Henry trong xưởng của Đường sắt Great Northern, một nơi sẽ sớm thực hiện việc chế tạo và sửa chữa những đầu máy hơi nước nhanh nhất và tốt nhất từ trước đến nay của nước Anh. Đúng như kỳ vọng, quyết định của bà đã mở ra cho cậu bé một sự nghiệp trọn đời trong lĩnh vực sản xuất động cơ. Tất nhiên, những động cơ ô tô nổi danh sau này của Henry Royce đòi hỏi sự tinh xảo về cơ khí vượt xa những cỗ máy bọc sắt ăn than mà cậu học làm và góp phần cho ra lò trong xưởng Peterborough.

Trên thực tế, phải đến hơn 20 năm sau, Henry Royce mới tự chế tạo được những động cơ ô tô đầu tiên, cũng như những chiếc ô tô để lắp chúng vào. Dự án khởi nghiệp của ông liên quan đến điện, tại một xưởng trên Phố Cooke ở Manchester chuyên sản xuất và bán những thiết bị mới lạ như công tắc đèn, cầu chì, chuông cửa, máy phát điện. Ông sớm trở nên khá giả, kết hôn, mua một căn nhà rộng rãi ở ngoại ô, và dành hết thời gian rảnh cho việc làm vườn, trồng hoa hồng và cây ăn quả, thú vui mà ông theo đuổi đến cuối đời.

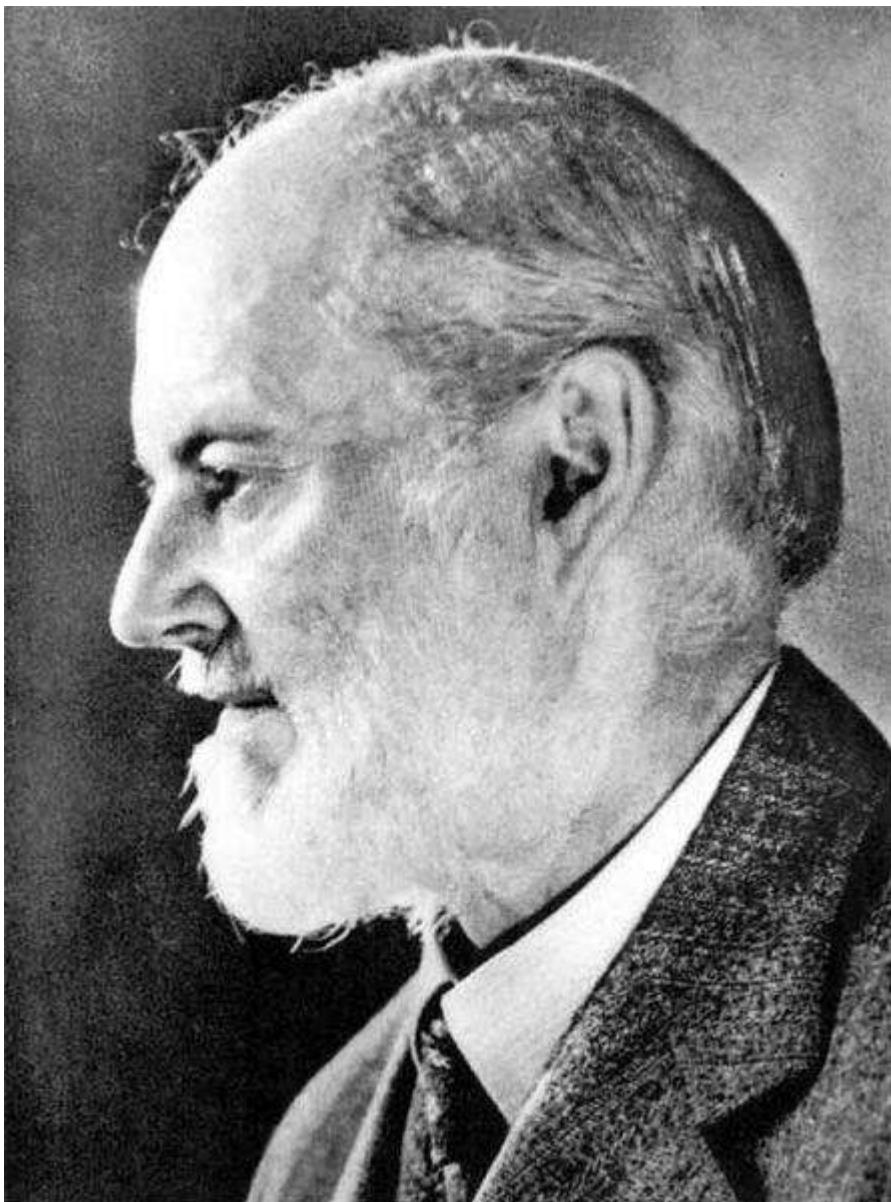
Song kỹ thuật cơ khí, chứ không phải điện, mới là đam mê thực sự của ông. Trong vòng một thập kỷ, ông từng bước kết hợp hai lĩnh vực này thông qua việc thành lập Royce Limited, công ty chuyên sản xuất cần cẩu điện công nghiệp cỡ lớn. Công ty sớm giành được uy tín và sở hữu một nhóm khách hàng trung thành: cần cẩu của hãng nổi tiếng có chất

lượng và các tính năng an toàn độc quyền do Royce thiết kế nhằm giảm thiểu số vụ tai nạn lao động ám ảnh ngành xây dựng cao ốc thời Victoria. Trong nhiều năm, Royce Limited trở nên thịnh vượng, thậm chí bán cần cẩu điện cho Hải quân Đế quốc Nhật Bản, và bị các kỹ sư Nhật tráng trọn sao chép đến cả cái biển tên.

Khi thế kỷ XIX gần kết thúc, hàng loạt công ty Mỹ và Đức đột nhiên bước chân vào thị trường cần cẩu, bán với giá thành thấp hơn, và suýt chút nữa giết chết công ty. Royce, kiên định chí hướng làm ra những cỗ máy tốt nhất bất chấp áp lực bên ngoài, quả quyết sẽ không cắt giảm chi phí hay hạ tiêu chuẩn - và dần dà công ty non trẻ sống sót, bình ổn và tạo dựng được uy tín về chất lượng, về những sản phẩm chế tạo chính xác không màng giá cả.

Lúc này, Henry Royce đã có gia đình ổn định và điều kiện tài chính dư dả. Mối quan tâm của ông chuyển hướng sang ô tô. Ông có thể tự thưởng cho bản thân một chiếc De Dion bốn bánh năm 1902, về bản chất là một động cơ đốt trong nhỏ được kẹp giữa hai chiếc xe đẹp. Thời đó, Pháp gần như độc chiếm ngành sản xuất ô tô non trẻ, với những công ty như De Dion-Bouton, Delahaye, Decauville, Hotchkiss et Gie, Panhard và Lorraine-Dietrich sản xuất một lượng xe hạn chế cho những người hâm mộ ngày càng đông đảo. Từ vựng về xe cộ ngày nay đã phản ánh nguồn gốc Pháp của nó, như *ga-ra* (garage), *sốp phơ* (chauffeur - tài xế), xe *sedan*, xe *coupe* và cả ô tô (automobile).

Thoạt đầu, Henry Royce cho rằng xe của Pháp vừa đẹp mã vừa tốt, lại còn được chế tạo thủ công, chỉn chu hơn nhiều những chiếc xe Mỹ thô thiển cũng bắt đầu xuất hiện trên các con phố ở châu Âu hồi ấy. Ông sớm bắt đầu nghiêm túc tìm hiểu và đầu năm 1903 mua chiếc ô tô đích thực đầu tiên, một chiếc Decauville cũ hai xi lanh 10 mã lực, chuyển tới Manchester bằng tàu hỏa và các công nhân của Royce phải đẩy nó từ ga tàu hỏa về xưởng của ông ở Phố Cooke.



### **Henry Royce**

Nếu cuộc đời công bằng, chiếc xe mà Henry Royce tạo ra vào năm 1904 sẽ có tên là Royce-Rolls, vì Charles Rolls chỉ đóng vai trò quảng bá và bán xe. Trong xưởng, các kỹ sư vẫn gọi xe của họ một cách phản kháng là “Royce”

Chiếc xe “Tiêu chuẩn 10 mã lực” là chiếc xe tân tiến nhất vào năm 1903. Một hãng bán xe ở London nhiệt tình quảng cáo thành tích của nó như sau: “Đi từ Edinburgh tới London

mà không ngơi nghỉ! Tốc độ trung bình 210 dặm một giờ trên cả quãng đường với tải trọng tối đa!” “51 dặm một giờ ở Welbeck!” “75 dặm một giờ ở Deauville!” Người bán xe tuyên bố chiếc xe có thể chạy 35 dặm một giờ ở điều kiện thông thường và thoải mái chở bốn người - với mui kéo ra được để che mưa cho hành khách ghế sau, tuy không có mui cho tài xế và cũng không có kính chắn gió - và xăng bán với giá chỉ 1 shilling cho 1 gallon, “luôn có” ở mọi chi nhánh của hãng bán xe.

Chỉ vài tuần sau khi mua xe, Royce đã đưa ra một quyết định lớn. Ông thích chiếc xe này và lái nó gần như hằng ngày, tuy có thiết kế thời thượng, cơ chế bên trong xe theo ông là còn rất nhiều thiếu sót. Nó ồn ào, khả năng tăng tốc kém, dễ bị quá nhiệt và hoàn toàn thiếu ổn định.

Ông tuyên bố với nhóm cộng sự của mình rằng ông sẽ lột sạch chiếc xe, giữ lại những cấu phần cơ bản nhất, thiết kế lại từ dưới lên, tạo ra một kiểu xe hoàn toàn mới, hoàn hảo về cơ khí và tuyệt đối ổn định. Ông sẽ dành thời gian cá nhân để thực hiện việc này, và nếu tạo ra được những bản nháp khả dĩ, ông sẽ để Royce Ltd. sản xuất những chiếc xe hoàn toàn mới này - vốn dựa trên bản thiết kế lại chiếc xe Pháp của ông - và đặt tên chúng là Royce. Royce 10 mã lực. Royce Ten.

Dưới bàn tay khéo léo, chăm chỉ và con mắt vững vàng của Royce, chiếc xe dần thành hình. Như chiếc Decauville, nó có hai xi lanh, mỗi xi lanh có đường kính lòng 95 mm và hành trình 127 mm. Xu-páp nạp sẽ nằm ở đầu xi lanh và xu-

páp xả nằm ở hông. Phía trước động cơ có một vỏ làm mát bằng nước, đảm bảo động cơ không bao giờ bị quá nhiệt. Royce thiết kế và tự tay chế tạo một bộ chế hòa khí mới; ông đã làm ra một cuộn dây rung mới bằng vỏ gỗ, với các điểm platin nguyên chất không bao giờ phải điều chỉnh hoặc lau chùi, có tác dụng tạo ra các tia lửa điện thế cao để đốt cháy nhiên liệu. Thường thì cuộn dây rung là bộ phận hay gặp vấn đề nhất trong một chiếc xe năm 1904; ít nhất ở khía cạnh này, xe của Henry Royce không mắc phải lỗi đó. Hơn nữa, Royce còn tạo ra một bộ phân phối chính xác cao, đảm bảo xi lanh được đốt cháy ngay tại thời điểm chúng được bơm hỗn hợp xăng-kí để duy trì hoạt động của động cơ đốt trong.

Ông dùng một trục truyền động để thay cho xích; đảm bảo tất cả các bánh răng khớp với nhau và được bôi trơn đầy đủ. Ông hoàn thiện hệ thống phanh, vì luôn ý thức được rằng mọi người sẽ lái chiếc xe này nên nó phải vừa thuận tiện vừa an toàn. Ông chế vòng đệm đầu xi lanh từ tấm tạp dề da của mình; thiết kế bu lông vát thay cho đinh tán trong thiết kế của người Pháp; chế tạo một bộ giảm thanh cực lớn có nhiều vách cản âm cho hệ thống ống xả, quyết biến tiếng gầm rú của động cơ thành tiếng thì thầm. Hộp số của ông có ba cấp vận tốc, và bộ ly hợp được bọc da. Ông thay thế bánh vít trên hệ thống lái và má phanh trong hệ thống phanh - và sau hàng loạt thử nghiệm, hàng loạt phân tích sự cố, ông chắc chắn chiếc Royce Ten sẽ là sản phẩm có độ tin cậy vượt trội hơn hẳn chiếc Decauville, giờ chỉ còn là một cái xác, dù chi phí đi kèm cũng vượt trội. Theo lời Ngài Stanley

Hooker, một kỹ sư danh tiếng thuộc thế hệ sau trong đội ngũ của ông: “Ông ấy không để lọt bất kỳ dấu hiệu hư hao hay trục trặc nào ra khỏi tầm mắt của mình và gắng sức khắc phục chúng.”

Chiếc Royce Ten đầu tiên được xuất xưởng ở Phố Cooke vào ngày 31 tháng 3 năm 1904. Không lâu sau, hai chiếc xe nữa, chiếc sau tốt hơn và tinh xảo hơn chiếc trước, cũng được lăn bánh trên phố. Sau đó, một thành viên mới trong ban giám đốc của công ty Royce, Henry Edmunds, chụp ảnh một trong những chiếc xe mới công và gửi cho một người bạn ở London - người bạn này là quý ngài Charles Rolls, một quý tộc nhàn nhã, táo bạo, giỏi thu hút sự chú ý của công chúng và cực kỳ đam mê xe hơi (ông là thành viên của Hiệp hội Phương tiện Giao thông Tự chạy), khi ấy đang cố gắng bán những chiếc xe hiệu Peugeot và Panhard cho những khách hàng giàu có trên những con phố sang trọng như Mayfair, Knightsbridge và Belgravia.

Khi nhận được tấm ảnh đen trắng, Charles Rolls ngay lập tức mê đắm chiếc xe. Từ mô tả của Henry Edmunds và tấm ảnh duy nhất này, ông nhận thấy cuối cùng nước Anh cũng có một chiếc xe tương đương hoặc vượt trội hơn xe của các nhà sản xuất châu Âu Lục địa. Ông viết thư cho Royce, thoạt đầu mòi, sau đó yêu cầu, cuối cùng là nài nỉ, người kỹ sư cơ khí xuất chúng bậc nhất tới London để gặp mình, ông viết hết thư này đến thư khác, nhưng đều bị khước từ.

Tôi thường hình dung khung cảnh ở Phố Cooke một ngày cuối tháng Tư năm ấy như sau. Lại một lá thư nữa nằm trên

bàn làm việc của Henry Royce, và tiếp tục là lá thư mà người kỹ sư không có thời gian trả lời. Lá thư đến từ London; giờ nó đã ở Manchester, và Henry Royce biết tác giả là một nhân vật tai to mặt lớn ở thành thị, cựu sinh viên trường Cambridge và Eton, người liên tục nài nỉ Henry Royce hạ cố xuống London để gặp ông.

Nhưng Royce không có ý định nhận lời. Ông quá bận rộn, công việc ông làm trong xưởng cơ khí chật hẹp của mình đã choán hết toàn bộ thời gian của ông.

Tôi đoán ông đã dành trọn tuần vừa rồi, một tuần đầu xuân, để thực hiện một nhiệm vụ gần như bất khả thi mà ông tự giao cho chính mình: gia công một trục khuỷu bằng thép rèn sao cho nó cân bằng hoàn hảo đến độ một khi được xoay thì sẽ không bao giờ dừng lại, vì không có bên nào nặng hơn bên nào, do đó không thể làm ảnh hưởng tới tốc độ quay. Thư của Rolls đến đúng lúc Royce đang lọ mọ với trắc vi kế, tìm cách đo dung sai của cái trục có hình thù kỳ lạ này, đánh bóng và giữa các khuỷu cho đến khi thước đo của ông cho thấy chúng lệch nhau không quá 1/100.000 của 1 inch, nói cách khác là đồng nhất và cân bằng ở mức tối đa mà công nghệ cho phép.

Toàn bộ tâm trí của Henry Royce bị cuốn vào việc chế tạo ô tô. Ông nói với các công nhân của mình rằng mỗi chiếc xe, sau khi trải qua các thử nghiệm, kiểm tra, bài tập sức bền và tiếp tục hoàn thiện, sẽ là những chiếc xe có một không hai trên đời. Mỗi cấu phần của từng chiếc xe sẽ được đẽo gọt thật tỉ mỉ, gia công thật chính xác, sao cho chiếc xe

thành phẩm có thể vĩnh viễn vận hành, tiếng máy chạy êm ru nhưng vẫn đầy mạnh mẽ - một tạo tác cơ khí hoàn mỹ trong mắt ít nhất là các kỹ sư nếu không phải là toàn bộ công chúng.

Giờ đây, khi trực khuỷu được chế tác và thử nghiệm (và quả thực, nó được chế tác hoàn hảo đến nỗi khi được xoay, nó dường như không bao giờ có ý định ngừng lại), phiên bản thứ ba và cũng là phiên bản mới nhất của chiếc xe chở khách Royce Ten, một phương tiện giao thông hoàn toàn của người Anh và cơ giới hóa trăm phần trăm, đã sẵn sàng để lái thử nghiệm. Động cơ hoàn thiện được gắn vào khung. Bộ truyền động - cũng được lắp ráp thủ công, có các cấu phần được đánh bóng bằng da cừu cho đến khi chúng lắp lánh dưới ánh nắng chiều - được lắp vào xe. Bánh xe lắp lốp bơm hơi được đóng vào bộ vi sai. Nhiên liệu được cẩn thận đổ vào bình.

Sau đó, Royce gài tay quay bằng thép-kẽn vào khe bên dưới bộ tản nhiệt làm mát. Lưới tản nhiệt được lắp phía trước xe, trông giống một đền thờ Hy Lạp cổ đại, tạo nên dáng vẻ quý tộc đặc trưng cho chiếc xe. Ông quay trực một lần, hai lần, ba lần.

Thoạt đầu, không có gì xảy ra. Royce điều chỉnh một tay cầm, vặn một núm đồng khía, mở xu-páp ra một chút. Và rồi, chiếc xe rền lên, nhả ra một bụm khói đen khiến các công nhân hoảng hốt lui lại, động cơ bắt đầu nổ và các bánh xe bắt đầu quay.

Động cơ của chiếc xe chạy êm ru. Âm thanh nó tạo ra không hỗn loạn và ầm ĩ như chiếc Decauville. Không, nó hoàn toàn khác, ống xả nhả khí êm ả. Con đội xu-páp chuyển động gần như yên lặng. Trục cam nâng và hạ các xu-páp với âm thanh êm mượt đặc trưng của kim loại được tra dầu. Khi nắp ca-pô (một thuật ngữ mới, bắt đầu được dùng để chỉ mui xe chỉ trước đó một năm) được đóng lại và bảo vệ động cơ đang rung rền, chiếc xe thực sự rơi vào im lặng, và chỉ có sức nóng cũng như cảm giác rung khi chạm tay vào vỏ xe mới cho những kỹ sư đang kinh ngạc biết là xe đang chạy “hết công suất”, một cụm từ xuất hiện không lâu sau đó.

Người lái thử nghiệm chui vào xe, điều chỉnh bướm gió, hệ thống đánh lửa ma-nhê-tô và nóc xe, rồi đeo kính bảo hộ. Một người mở hai cánh cửa gỗ của xưởng và ngó nhìn hai đầu Phố Cooke để đảm bảo không có người và ngựa trên đường. Người lái vào số một, nhả phanh, nắm chặt vô lăng, nhả côn - và chiếc xe được chế tạo thủ công thứ ba của Henry Royce phóng ra phố mà gần như không gây ra tiếng động, lướt về phía những ngọn đồi xa xa nơi chân trời, bắt đầu chuyến thám hiểm thế giới thực đầu tiên của riêng mình.

Chỉ khi ấy Henry Royce mới mở thư.

Lá thư này quả thực là do Charles Rolls gửi, nhưng lần này, người viết không nài nỉ Royce xuống London nữa. Trái lại, nếu tiện, Rolls sẽ trực tiếp tới Phố Cooke để nhìn tận mắt và xác định liệu họ có cơ hội sản xuất và bán ra những chiếc

xe tốt nhất thế giới hay không. Không rõ ngài Royce có ưng thuận? Lá thư nêu rõ cả hai người đều có chung lý tưởng: chế tạo một loại phương tiện cơ giới vận chuyển hành khách siêu việt, dựa trên các nguyên lý chính xác tuyệt đối, bất chấp chi phí sản xuất. Hy vọng ngài Royce sẽ xem xét việc hợp tác kinh doanh với người viết, và có lẽ đặt tên cho công ty mới của họ bằng cách ghép tên hai người theo cách nào đó?

Sau hai tiếng lái thử nghiệm, chiếc xe nhỏ màu đen quay trở về Phố Cooke, động cơ im lặng như bóng ma của nó giờ phủ đầy dầu nóng, người lái xe vừa sảng sốt vừa vui sướng trước màn trình diễn của nó. Chiếc xe đã có một hành trình tuyệt hảo, vượt mọi kỳ vọng. Và thế là, tối hôm ấy, được tiếp thêm dũng khí với thành công ban đầu này, Henry Royce đã hồi âm cho Charles Rolls. Ông viết: “Hy vọng ngài có thể tới Manchester, và chúng ta có thể gặp nhau vào ngày 4 tháng 5, hai tuần kể từ hôm nay. Có lẽ, biết đâu chúng ta có thể hợp tác với nhau.”

MỘT TẤM BẢNG bằng đồng được treo ngoài cổng Khách sạn Midland trên Phố Peter, Manchester, để khắc ghi cuộc gặp gỡ đầu tiên giữa Charles Rolls và Henry Royce, như đúng hẹn vào ngày 4 tháng 5 năm 1904. Tất cả những gì Royce kỳ vọng về cuộc gặp là có thêm vốn để tiếp tục chế tạo những chiếc xe chính xác hơn nữa. Còn điều Rolls muốn, như ông đã chia sẻ với Henry Edmunds trên chuyến tàu khởi hành từ London sáng hôm ấy, là tên mình sẽ được gắn với một sản phẩm lừng danh và trở thành một cái tên nhà nhà

đều biết tới, “tương tự như ‘Broadwood’ hay ‘Steinway’ với đàn piano,” Edmunds viết, “hay ‘Chubbs’ với két an toàn.”

Hai bên nhanh chóng đồng ý hợp tác sau khi Rolls nhìn thấy chiếc Royce Ten mới tinh và vẻ tự hào trầm lặng nhưng hiện ra mặt của Henry Royce về tạo tác của mình, cũng như được đi thử một chuyến êm ru qua các con phố của Manchester, trên một chiếc xe không làm lũ ngựa hoảng sợ (không như những chiếc ô tô với tiếng động kinh hoàng khác). Đêm đó, Rolls quay về London bằng tàu, và có vẻ đã uống không ít rượu, vì sau khi bước xuống tàu, ông lớn tiếng tuyên bố với tất cả những ai đang đi trên phố Belgravia vào giữa đêm hôm khuya khoắt: “Tôi đã tìm thấy vị kỹ sư xuất chúng nhất quả đất! Kỹ sư xuất chúng nhất quả đất.”

Luật sư hai bên bắt tay làm việc ngay hôm sau và thỏa thuận chính thức được chốt hai ngày trước Giáng sinh, thế là một công ty mới ra đời. Thứ tự trước sau của tên từng người không phải là vấn đề đáng tranh cãi. Henry Royce vui vẻ chấp nhận đứng sau, miễn là ông có thể tiếp tục làm ra những cỗ máy tuyệt hảo nhất. Hai người nhanh chóng thống nhất “Rolls” sẽ đứng đầu và “Royce” đi sau, ở giữa là một dấu nối: Rolls-Royce. Rolls-Royce Limited.

Trong một bữa tối năm 1905, sau khi một chiếc Royce về nhất một cuộc đua tổ chức tại Đảo Man - đúng thế, ngay sau khi công ty được thành lập, người ta nhanh chóng khởi động việc sản xuất xe nhằm kịp tham gia các cuộc đua, một cách quảng bá tên tuổi rất hiệu quả - Charles Rolls đã kể về cuộc gặp đầu tiên với Royce. Khi đó, ông đang tìm cách bán

những chiếc ô tô của Pháp cho giới thương lưu London, nhưng rồi:

*Tôi có thể nhận thấy rõ thị hiếu của khách hàng càng ngày càng nghiêng về ô tô do Anh sản xuất; nhưng tôi không muốn tự mình mở nhà máy và sản xuất ô tô, trước hết là vì tôi thiếu chuyên môn và kinh nghiệm về lĩnh vực đó, thứ hai là vì rủi ro quá lớn, đồng thời tôi cũng không tìm thấy chiếc xe gốc Anh nào mà mình thực sự ưng ý... cuối cùng, tôi may mắn được làm quen với ngài Royce, và ông ấy chính là người tôi tìm kiếm bấy lâu nay.*

Những chiếc xe đầu tiên xuất xưởng ở Phố Cooke trở nên nổi tiếng không phải vì kiểu dáng, tốc độ, đẳng cấp hay phong cách, mà bởi sự yên lặng và tính ổn định của chúng. Một thập kỷ sau khi những chiếc Ten thủ công đầu tiên xuất hiện, người ta bắt đầu khao nhau các câu chuyện về độ bền của chúng. Đơn cử, một nông dân ở Đông Scotland đã lái chiếc Ten của mình đi hơn 160.000km trên cao nguyên mà không gặp bất cứ sự cố nào, trong khi chiếc xe cũng không phải là đắt đỏ: với mức giá 395 bảng, nó rẻ hơn nhiều so với một chiếc Mercedes 60 mã lực giá 2.500 bảng, hay một chiếc Napier sáu xi lanh có giá hơn 1.000 bảng (tương đương 100.000 bảng Anh thời nay và 128.000 đô-la Mỹ theo tỷ giá năm 2017).

Tuy vậy, mọi việc không hoàn toàn là màu hồng. Đầu đó vẫn có những sự cố. Charles Rolls lái một chiếc xe dọc Đảo

Man và có một quyết định liều lĩnh: cho nó xuống dốc với số tự do. Sau đó, còn liều lĩnh hơn, ông lên số, nhưng quên không vào số phù hợp với tốc độ của chiếc xe đang lao dốc và kết quả là hộp số bị xé toạc, các bánh răng long ra. Henry Royce tất nhiên không vui, nhưng cắn răng chịu đựng: dù sao thì quý ngài Charles Rolls cũng được coi là người đứng đầu công ty.

Người ta rất dễ cho rằng những chiếc xe hiện đại hơn - dòng xe Phantom chuyên chở hoàng tộc; tất cả các dòng xe có tên bắt đầu bằng Silver: Dawn, Wraith, Cloud, Shadow, Spirit, Spur, Seraph; và thậm chí cả các dòng không có từ "Silver" trong tên như Corniche và Camargue - là những sản phẩm ưu việt hơn của Rolls-Royce. Mọi người cũng thường nghĩ hàng loạt tinh chỉnh, công nghệ mới, những trang trí nội thất xa xỉ phản ánh giấc mơ về sự hoàn hảo và vĩnh cửu của Henry Royce. Nhưng chúng thực chất là những thêm thắt vô nghĩa, như việc dùng những tấm da thuộc không tì vết để bảo vệ chiếc xe tránh khỏi hàng rào thép gai, một hệ thống treo tự động điều chỉnh theo khối lượng nhiên liệu còn lại trong bình, các thảm lót Axminster dày đến mức nuốt chửng một chiếc bông tai rơi, bảng điều khiển trang trí hoa văn chẳng khác gì những phòng khách sang trọng nhất, hay tấm ốp cửa cắt từ những cây cổ thụ và tuyển lựa sao cho khớp với nhau như soi gương - phản chiếu chính xác giấc mơ của Henry Royce về sự vĩnh cửu và thuần khiết.

Nhưng cũng không hẳn là vậy. Các kỹ sư nói chung không phải là những người ưa xa xỉ dung tục, và họ không mấy quan tâm đến tấm thảm dày tới mắt cá chân hay da thuộc

trơn mềm như bơ. Với họ, điều quan trọng hơn cả là đẩy lùi các giới hạn về cơ khí. Và trong sản xuất xe hơi thì điều đó có nghĩa là sử dụng vật liệu tốt hơn, giảm khối lượng, tăng hiệu suất, thu hẹp dung sai, sao cho chiếc xe vận hành trơn tru hơn, êm ái hơn, ăn khớp hơn.

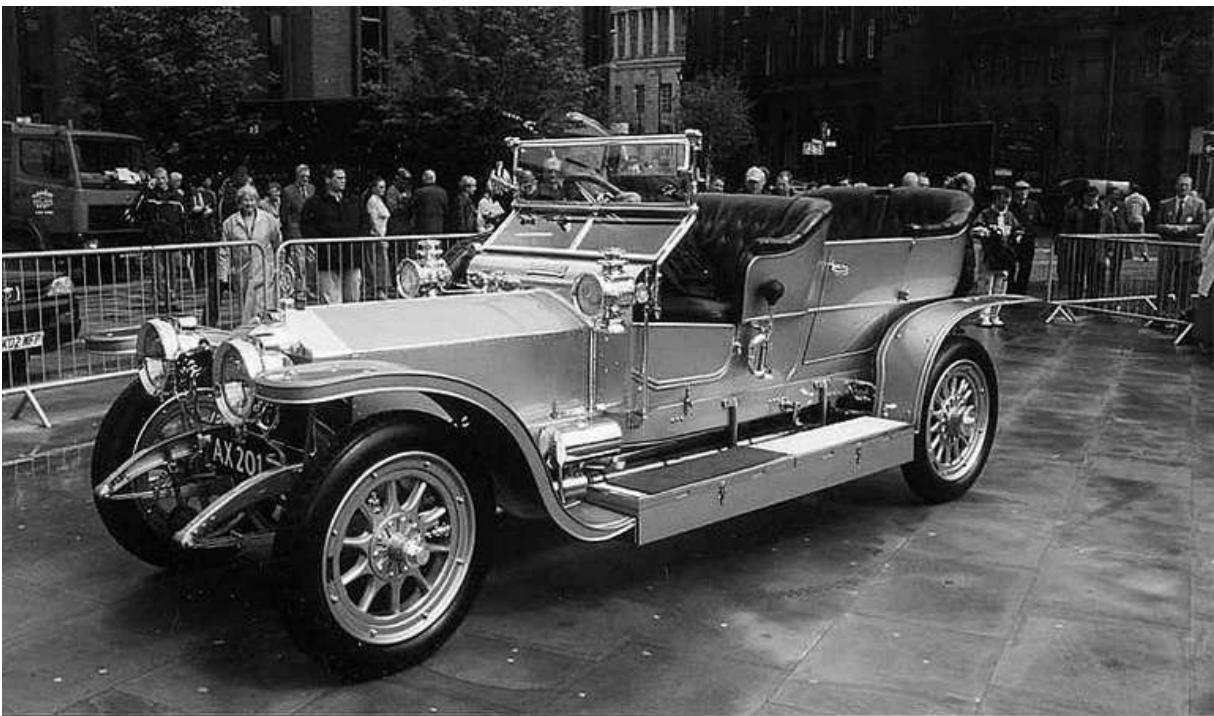
Cho đến năm 1906 - vẫn là những ngày đầu trong lịch sử của công ty, nhưng Rolls-Royce đang có những bước tiến thần tốc trông thấy - tất cả xe của công ty đều được sản xuất dựa trên nguyên mẫu chiếc Decauville 10 mã lực của Pháp. Henry Royce đã tạo ra rất nhiều phiên bản của chiếc xe này - chiếc Ten, chiếc Twenty, chiếc Heavy Twenty, chiếc Thirty sáu xi lanh. Tuy được báo chí và khách hàng đón nhận tích cực, nhưng về mặt kỹ thuật, chúng lại đi vào ngõ cụt.

Thứ mà công ty cần lúc này là một chiếc xe hoàn toàn mới, bước ra từ óc tưởng tượng của Henry Royce và cắt đứt quan hệ với chiếc xe lỗi thời của Pháp. Thế là đội ngũ ít ỏi các nghệ nhân của công ty - trong bộ áo liền quần nâu nhạt lấm lem dầu mỡ, cầm giẻ bông bằng những ngón tay dính dầu, với đôi mắt nheo và đôi mày nhíu; với những chiếc kính lúp chằng dây, thước lô-ga, trắc vi kế, thước kẹp, thước véc-nê, áp kế; với tẩu thuốc cắn chặt giữa hai hàm răng ám vàng thuốc lá, làm việc đến khuya, nghiền ngẫm các bản vẽ và bảng lô-ga-rít, nghiên cứu danh sách các hợp kim và các biểu đồ thể hiện mật độ và chỉ số dẻo của các khung thân bì khả dĩ, soi xét ren vít và khoảng hở của con đọi xu-páp cùng đường kính xi lanh...

Sản phẩm của những nỗ lực này là chiếc Rolls-Royce Silver Ghost đời đầu, sản xuất lần đầu tiên vào năm 1906, và tiếp tục được xuất xưởng tới năm 1925. Gần 8.000 chiếc được bán ra và phần lớn vẫn hoạt động đến ngày nay. Đó là một cỗ máy đồ sộ chạy bằng sáu xi lanh xu-páp hông, dung tích hơn bảy lít (bảy lít rưỡi với dòng 1910). Tất cả những gì người ta biết về chiếc xe này là nó rất to, nặng, *chắc chắn*. Gác xi lanh được đặt trong hai khối gang, mỗi khối có ba xi lanh, phần đầu tròn, phần đuôi làm bằng đồng. Động cơ có một trục cam duy nhất và các con đọi xu-páp hở; nhiên liệu được dẫn qua các đường ống đồng, với một bộ chế hòa khí hai kim xăng và một van tiết lưu có thể điều khiển từ vô lăng; cùng các ống đồng khổng lồ dẫn khí thải đến ống pô. Trục khuỷu được làm bằng thép đánh bóng và bảy vòng bi. Ngày nay nhìn lại, động cơ của chiếc Ghost trông vừa thanh nhã vừa đồ sộ, như thể một tua-bin tàu thủy được gắn vào một khung xe, cho chiếc xe sức mạnh và sức bền vượt xa cần thiết.

Ngày nay, chiếc xe vẫn được coi là cỗ máy vô song, đại diện tiêu biểu của công nghệ ở mức chính xác nghiêm ngặt nhất và tuân theo những tiêu chuẩn cao nhất. Tính ưu việt của nó không nằm ở những xa xỉ quá đà mà nằm ở sức bền, tính ổn định, tốc độ và sự yên lặng. Một trong những cách ngôn nổi tiếng của Royce là “Sự hoàn hảo nằm ở những điều nhỏ bé.” Nhưng bản thân sự hoàn hảo không phải là chuyện nhỏ. Từ bộ tản nhiệt đến lốp xe, từ bộ chế hòa khí đến phanh, chiếc Silver Ghost là hiện thân xuất sắc của sự hoàn hảo.

Chiếc xe ban đầu được gọi là Rolls-Royce 40/50. Cái tên kém phần bay bổng này ra đời để đối phó với quy định của nhà nước, đặc biệt với kẻ thù không đội trời chung của những người yêu xe: thuế xe. Những năm đầu thế kỷ XX, xe bị đánh thuế theo mã lực, và các quan chức Cục Thuế vụ London đặt ra công thức tính mã lực như sau: “2/5 của bình phương đường kính xi lanh động cơ tính theo đơn vị inch, nhân với số xi lanh”. Chiếc xe này có sáu xi lanh, mỗi xi lanh có đường kính khoảng 4 inch. Bốn bình phương bằng mươi sáu, sáu nhân mươi sáu bằng chín mươi sáu, hai phần năm của chín mươi sáu gần bằng bốn mươi, tức là chiếc xe sẽ được đánh thuế bốn mươi mã lực.



Rolls-Royce Silver Ghost vẫn là chiếc xe tiêu biểu nhất của nhãn hiệu này, và là dòng xe duy nhất của Rolls-Royce được sản xuất tại Mỹ (ở Springfield, Massachusetts). Gần 8.000 chiếc được chế tạo thủ công từ năm 1906 đến năm 1925 (bản quyền hình ảnh thuộc Malcolm Asquith)

Đó là nguồn gốc của con số đầu tiên. Con số thứ hai (50) là mã lực thực tế mà các nhà sản xuất xe (đôi khi cường điệu hóa nhưng thường thì trung thực) tuyên bố công suất tối đa thực của xe. Thế là người ta ghép hai con số này với nhau, mã lực đóng thuế với mã lực *thực tế*, để đặt tên cho chiếc xe đặc biệt này vào năm 1906. Với một chiếc xe hàng đầu như Ghost, khó có thể nghĩ ra một cái tên nhảm chán hơn thế.

Sau đó, Rolls-Royce có một sáng kiến marketing xuất thần. Sau khi chế tạo khung gầm thứ 11 cho dòng xe mới, giám đốc điều hành Claude “CJ” Johnson<sup>[\*]</sup> của xưởng Phố Cooke, một người “hướng ngoại, ưa tiệc tùng, có bờ vai rộng”, quyết định cho chiếc xe thứ 12 (số hiệu 60551) được sơn bạc toàn thân và các chi tiết kim loại bằng bạc nguyên khối, với ý định dùng nó để biểu diễn. Tiếp đó, Johnson đặt tên cho chiếc xe này là Silver Ghost (Bóng ma bạc) dựa trên vẻ ngoài mà như ông nói là “kín đáo phi thường”. Cái tên được khắc chìm vào một tấm biển gắn ở lỗ thông của đuôi xe.

Mọi chuyện đáng lẽ đã dừng lại ở đó, với duy nhất một chiếc xe mang tên Silver Ghost, nếu Autocar, một tờ báo có tầm ảnh hưởng trong ngành ô tô, không nêu quan điểm rằng toàn bộ dòng xe nên sử dụng cái tên này. Thế là, nhà máy - sau một năm, xưởng Phố Cooke bị thay thế bởi một nhà máy xây mới hoàn toàn ở Derby - vẫn tiếp tục cho ra lò những chiếc 40/50, còn công chúng, cả người mua xe lẫn người yêu xe, gọi chúng là Ghost và ghi dấu cái tên vào lịch sử ô tô.

Chiếc xe biểu diễn đã làm được nhiều điều kỳ diệu. Nó được cho ra từ dây chuyền sản xuất ngày 13 tháng 4 năm 1907, được người kiểm nghiệm chính của công ty lái 128km, và sau khi được chứng nhận là hoàn hảo, được chuyển tới London bằng đường bộ do Claude Johnson phụ trách. Sau đó, ông tổ chức một chuỗi thử nghiệm đầy thử thách, trong đó, các thành viên Câu lạc bộ Ô tô Hoàng gia đóng vai trò quan sát viên, luôn để mắt tới mọi dấu hiệu trực trặc. Về cơ bản, không có trực trặc nào xảy ra - trừ việc cứ đi được vài chục dặm thì xe lại thủng lốp, một điều nhỏ nhặt trong mắt người lái xe thời đó, còn đỡ bất tiện hơn so với việc dừng xe để nạp nhiên liệu.

Trên hành trình dài 800 km từ London đến Glasgow, chiếc xe luôn được giữ ở số ba hoặc số bốn, vì hai lý do. Đầu tiên là để thử sức mạnh của động cơ khi leo lên những ngọn đồi lớn, đặc biệt là những dốc đá granite hồng khổng lồ của Đỉnh Sharp, ở Westmorland, vào cái thời A6 vẫn là cao lộ chính tới Scotland, quả thật là một con đường hẹp tới miền bắc hẻo lánh. Chiếc Ghost leo dốc dễ dàng và lao xuống dốc bên kia như một chiếc xe đua. Lý do thứ hai là để minh họa cho các khách hàng thời Edward thấy chiếc xe rất dễ lái - không ít người mua xe không biết sang số và rất sợ phải làm việc đó. (Cho đến gần đây, hướng dẫn sử dụng Rolls-Royce vẫn giả định người mua xe có tài xế riêng. "Khi xịt lốp, yêu cầu người của bạn tấp vào lề đường." Gần như chắc chắn "người của bạn" sẽ biết sang số và thay lốp.)

Nhưng chuyến đi thực sự gây ấn tượng với công chúng của Silver Ghost, cũng là chuyến đi mang cái tên Rolls-

Royce tới khắp mọi miền đất nước, là một thử thách sức bền nhằm xác định chiếc xe có thể lái liên tục được bao nhiêu kilô-mét. Hành trình bắt đầu vào tháng 6 năm 1907, gần như liền ngay sau chuyến đi ở Cao nguyên Scotland, do Claude Johnson cầm lái đi cùng một quan sát viên của Câu lạc bộ Ô tô Hoàng gia và hai hành khách khác, lao xuyên qua những màn mưa dày trên gần 1280km qua những miền thiên nhiên hoang vu diễm lệ. Có một trục trặc nhỏ ở đây: ngày đầu tiên, trên đường từ Glasgow tới Perth, chiếc xe đã vượt qua con đèo Rest & Be Thankful khét tiếng, nhưng khi cố gắng vượt đèo Devil's Elbow vào ngày thứ hai, chiếc vòi xăng đồng tí hon bị hỏng và làm cạn nhiên liệu trong động cơ ngay tức thì, khiến chiếc xe chết máy giữa đường. Một phút bối rối, sau đó vòi được vặn và mọi thứ ổn thỏa trở lại – một tai nạn đáng xấu hổ nhưng không đáng lo.

Còn lại thì ổn cả, và sau năm ngày ở Scotland, chiếc xe thu về một “cơn mưa” giải thưởng và huy chương – sau đó Johnson, nhằm tạo tiếng vang trên mặt báo, thuyết phục vị đại biểu không may của Câu lạc bộ Ô tô Hoàng gia tiếp tục ở trên xe, rồi lái xuống phía Nam về Glasgow, một lần nữa hướng về London. Họ đi qua Edinburgh, Newcastle, Darlington, Leeds, Manchester và Coventry, tới Nhà sinh hoạt của Câu lạc bộ Ô tô Hoàng gia ở Piccadilly. Sau đó, họ vòng lại về hướng Bắc, cứ như vậy 27 vòng. Chiếc xe chỉ đơn giản là không chịu đầu hàng và có vẻ thích thú với điều đó. Vị giám khảo thuộc Câu lạc bộ Ô tô Hoàng gia và nhiều đại diện báo chí chuyên ngành ghé qua để nhìn chiếc xe đi qua

đi lại giữa Anh và Scotland như một con thoi trong khung cùi.

Các pha biểu diễn bắt đầu được thực hiện lần đầu tiên: một đồng xu được dựng đứng cân bằng trên cạnh của bộ tản nhiệt, động cơ được tăng tốc tối đa, và tất cả khán giả đều kinh ngạc khi thấy đồng xu vẫn đứng đó, không suy suyển. Tương tự, một ly rượu đầy và một ly martini mới pha sóng sánh đến mép, được đặt trên mặt trang trí của bộ tản nhiệt. Tài xế nhận lệnh nhấn ga hết cỡ và cho động cơ sáu xi lanh xổ lồng. Rượu trong ly: không mảy may sóng sánh, không một giọt tràn ra ngoài. Ly martini không bị ảnh hưởng chút nào bởi sự hung hãn của động cơ và nghe nói uống khá ổn.

Động cơ chiếc 40/50 êm mượt tới mức, tờ *Autocar* viết, dễ tưởng bên dưới nắp máy là một cái máy khâu. Tuy trông giống động cơ tàu thủy khổng lồ, tiếng xì xì của cỗ máy gợi liên tưởng đến việc luồn chỉ qua một lớp lụa mỏng, chắc chắn không phải là âm thanh của một cỗ động cơ quái vật, nâng đỡ một hệ thống nặng gần ba tấn, đưa bốn người đàn ông cao lớn lên dốc, xuyên màn mưa xối xả, với tốc độ 130 km/giờ.

Claude Johnson chỉ ngừng chuyến đi thử nghiệm vào ngày 8 tháng 8, sau 40 ngày chạy xe không ngừng nghỉ, vượt qua 23.128 km - chỉ dừng vì vụ vòi xăng bị hỏng ở Scotland và để thay những chiếc lốp liên tục xì hơi. Việc bảo dưỡng xe diễn ra vào ban đêm, khi lái xe ngủ. Công đoạn lớn duy nhất, thực hiện trước khi nhóm thử nghiệm khởi hành, là mài xu-páp - một việc kéo dài tám tiếng rưỡi, và cũng như phần

lớn các công đoạn khác trong quy trình sản xuất xe Rolls-Royce, được thực hiện bằng tay, chậm rãi, tỉ mỉ, hoàn hảo.

Bài kiểm tra ma-ra-tông đã kết thúc. Lúc này, khi chiếc xe đang hạ nhiệt và nghỉ ngơi ở London, Johnson yêu cầu tháo rời từng bộ phận, chỉ giữ lại những phần cần thiết, sau đó lắp ráp lại như một chiếc xe mới. Thế là tất cả các bảng điều khiển và trang trí bị tháo ra, các thành viên Câu lạc bộ Ô tô Hoàng gia cũng gỡ cỗ động cơ khổng lồ khỏi khung xe, tháo bộ truyền động khỏi bánh xe và hộp số, dỡ hệ thống phanh và ngắt thiết bị điện. Sau đó, một nhóm thợ cầm trắc vi kế bước ra. Đầu kẹp của mỗi thước được điều chỉnh tương ứng với các số đo chính xác của chiếc Ghost khi nó vừa được hoàn chỉnh vào 13 tháng 4, 117 ngày trước đó.

Không may có dấu hiệu hư hao nhỏ nhất nào trong động cơ, hộp số và hệ thống phanh. Đo đạc cho thấy không có thay đổi nào trong động cơ vào tháng 8 so với tháng 4; không có sự khác biệt nào trong các cấu phần thiết yếu của xe, dù chúng đã phải làm việc hết công suất. Để đưa chiếc xe về điều kiện ban đầu, chỉ cần “thay thế hai trực quay bánh trước, một trực rô-tuyn lái, đầu của cần lái, khớp truyền động ma-nhê-tô, một đai quạt và một bộ lọc xăng, vỏ rô-tuyn lái được lắp lại và các xu-páp được mài lại.”

Báo cáo của Câu lạc bộ Ô tô Hoàng gia quả quyết nếu chiếc xe này thuộc sở hữu của một cá nhân thông thường, tất cả những việc trên sẽ là không cần thiết. Tuy nhiên, nó lại thuộc sở hữu của Câu lạc bộ, tổng chi phí cho phụ tùng thay thế và nhân công chỉ là 28 bảng và 5 shilling sau gần

24.000 km di chuyển quăng quật. Báo chí giật tít rằng một chiếc Rolls-Royce bền đến mức được cho là một lựa chọn tiết kiệm của người mua xe, có thể coi là một khoản đầu tư. Chiếc xe khiến các tạp chí tốn bao giấy mực, dường như đâu đâu cũng thấy ảnh chụp và các bài phỏng vấn.

Ban đầu, chỉ riêng giá khung gầm (khung, bánh và máy móc) của một chiếc Ghost đã là 980 bảng. Sau 20 năm sản xuất, mức giá này tăng lên đến 1.850 bảng vào năm 1923. Tổng cộng có 7.876 khung gầm Silver Ghost được sản xuất. Chiếc xe được khách Mỹ ưa chuộng đến nỗi Rolls-Royce đã mở một nhà máy ở Springfield, Massachusetts - nếu độc giả còn nhớ phần trước của câu chuyện thì đây chính là nơi khởi nguồn của sản xuất hàng loạt, tuy sản phẩm được sản xuất hàng loạt ban đầu là súng chứ không phải ô tô - và cả hai nhà máy, ở Derby và Springfield, đều sử dụng cùng một phương pháp sản xuất xe, một phương pháp quen thuộc đã được thời gian kiểm chứng và khác xa so với phương pháp sản xuất xe cùng thời của Ford.

Sơ đồ xe ban đầu được vẽ phấn trên sàn nhà máy; sau đó, các bộ phận bằng sắt và gỗ tần bì của khung xe được hàn và đóng theo mẫu, tất cả các chi tiết đều được dựng và dựa vào thanh chống cho đến khi bộ vi sai được hạ xuống và bánh xe được lắp vào, thế là khung xe có thể tự đứng bằng bốn bánh trên sàn và được cố định bằng các nêm gỗ.

Động cơ gần như hoàn thiện, lắp ráp bằng tay ở một nơi khác trong nhà máy, sau đó được chuyển tới bằng cần cẩu di động. Cỗ động cơ là một thứ nặng nề, khó điều khiển,

nhưng cuối cùng cũng được cẩn thận đặt vào vị trí, ngay sau bánh trước. Sau đó, bộ truyền động, hộp số, khớp nối chữ thập, trục các-đăng, và thanh nối tới bộ vi sai phía sau được lắp sau động cơ. Cơ cấu lái và các đường nối sẽ được lắp ráp thủ công và đóng vào vị trí giữa hai bánh trước, rồi nối bằng bánh vít tới vô lăng. Vô lăng sẽ được đặt sau động cơ và bên cạnh hộp số, cùng cần số xe và ba (sau đó là bốn) cấp vận tốc. Tiếp đó đến hệ thống phanh và cơ cấu tay quay-thanh lắc được đưa vào đúng vị trí; các đường ống thủy lực mảnh sẽ được kết nối, bịt kín và đổ đầy chất lỏng. Ác quy sẽ được kết nối; các cuộn dây điện lớn sẽ được quấn xung quanh động cơ và nối tới các đèn, còi và các tín hiệu khác.

Lưới tản nhiệt, gợi nhớ đến các cột trong kiến trúc Hy Lạp và cho đến ngày nay vẫn là bộ phận dễ nhận diện nhất của chiếc xe, được lắp ở trước mui xe, sẽ được hàn, vảy hàn cứng và đánh bóng bởi một người chuyên làm công đoạn đó suốt sự nghiệp của ông ta ở Rolls-Royce. Sau đó, nó sẽ được nâng niu, thậm chí là kính cẩn, mang ra trước cỗ xe và đóng vào vị trí, được đánh bóng thêm một lần nữa, nối với hệ thống làm mát và một chiếc quạt cánh bạc có tác dụng ngăn nước trong động cơ đạt đến điểm sôi. Dầu bôi trơn các loại có độ nhớt khác nhau sẽ được bơm, đổ và phun vào nhiều điểm trong mớ máy móc phức tạp này. Cuối cùng, xăng sẽ được đổ vào bình; tay quay sẽ được quay; và cỗ động cơ mới sẽ giật, rên và lắc, sau đó chỉ rì rầm rất khẽ. Những ngày đầu, tất cả công nhân trong nhà máy sẽ dừng lại để nghe tiếng vo vo của động cơ, nghĩ về chiếc xe như

một đứa trẻ mới chào đời, còn họ là những đấng sinh thành vui sướng và kiêu hãnh.

Sau đó, đại diện từ các công ty đóng thân xe (thường là Park Ward, H. J. Mulliner, J. Gurney Nutting, Barker và Freestone and Webb) sẽ đến lấy khung xe và tỉ mỉ lắp thêm vỏ xe được chạm khắc, gỗ ốp, thảm, gương, và những bộ phận khác mà các kỹ sư không mấy quan tâm, nhưng lại thu hút sự chú ý của khách hàng hơn các cấu phần cho phép cỗ xe hoạt động.

Sau tất cả, chỉ còn lại những nét phấn trên sàn nhà máy, chờ đợi một lần nữa những thanh giằng và vi sai; một lần nữa khung xe sẽ đứng trên bốn bánh, một lần nữa các bộ phận được lắp ráp và một chiếc xe mới lại tiếp tục ra đời - và cả quá trình, chậm rãi, tỉ mỉ, cung kính, như thể đang đóng một con tàu, sẽ lặp đi lặp lại như thế, trong 4.000 ngày làm việc của 18 năm cho ra 8.000 khung gầm Silver Ghost, với tốc độ trung bình hai xe một ngày. Chỉ hai xe một ngày.

Một năm sau khi hàng loạt cuộc kiểm nghiệm được thực hiện thành công và những xôn xao về thành tích của chiếc xe lắng xuống, Charles Rolls đã đưa ra lời giải thích về thành công của Rolls-Royce khi được hỏi “Tại sao nhà máy của ông, kỷ luật và được trang bị đầy đủ như vậy, lại không thể sản xuất trên quy mô hàng ngàn chiếc? Tại sao chỉ là hai chiếc xe khi họ có thể sản xuất 200 hay 2.000 chiếc?”

*Trước hết, những người có thể thực hiện các công việc cơ khí thông thường chưa chắc đã phù hợp với tiêu*

*chuẩn tay nghề của chúng tôi và được chúng tôi chấp nhận... Để sản xuất những chiếc xe hoàn hảo nhất, bạn cần những nghệ nhân tinh hoa nhất, và khi có được những nhân lực như vậy rồi, chúng tôi sẽ phải đào tạo họ, sao cho mỗi người có thể thực hiện công đoạn của mình tốt hơn bất kỳ ai khác trên thế giới... Chúng tôi luôn tin mâu chốt của việc sản xuất một chiếc xe vừa mạnh và kiên cố, vừa nhẹ hơn những chiếc xe tương tự, phần nhiều nằm ở kim loại. Chúng tôi cho rằng thành công của xe Rolls-Royce, với sức bền vượt trội và chi phí bảo hành thấp, chúng thực qua 15.000 dặm thách thức của năm ngoái, đến từ thiết kế khoa học, các nghiên cứu về kim loại do ngài Royce và các cộng sự thực hiện tại Phòng Thí nghiệm Vật lý của công ty. Chúng tôi coi đây là đơn vị quan trọng nhất trong hoạt động của công ty.*

Dù chỉ sản xuất chưa đến 8.000 chiếc Ghost, Rolls-Royce vẫn khẳng định được tên tuổi của họ và có một chỗ đứng vững chắc trên thị trường. Danh tiếng của công ty nhanh chóng lan xa, trở thành một phần trong ngôn ngữ đại chúng. Công ty được coi là đỉnh cao, chuẩn mực của ngành công nghiệp xe hơi, là biểu tượng hoàn mỹ, tấm gương mẫu mực để các công ty khác tôn sùng. Từ điển Tiếng Anh Oxford đã ghi lại diễn tiến của cái tên Rolls-Royce trong từ vựng tiếng Anh. Năm 1916, một chiếc máy bay được mô tả là “Rolls-Royce của bầu trời”. Năm 1923, báo chí nhắc đến một chiếc xe đẩy em bé như “Rolls-Royce của thế giới xe đẩy”. Tương

tự đối với những tấm thảm từ Isfahan năm 1974, piano của Steinway năm 1977; và vào năm 2006, một vật dụng nhà bếp có bốn ngăn, vách ngăn mát mẻ, có khay đỡ vụn bánh của hãng De'Longhi được ví như "Rolls-Royce của lò nướng bánh mì điện". Hơn một thế kỷ qua, cái tên mà Ngài Charles và Ngài Henry chọn đặt cho công ty của mình đã trở thành danh từ chung chỉ chất lượng tuyệt hảo, với vị trí thống lĩnh khó lay đổ, tiếng tăm không thể lu mờ - tất cả đến từ danh tiếng về chất lượng cơ khí chính xác và toàn thiện tới những chi tiết nhỏ nhất, những dung sai hà khắc nhất.

CÙNG KHOẢNG THỜI GIAN chiếc Ghost ra đời nhưng cách đó 6.500 km, tại một nhà máy ở Detroit, Michigan, một chiếc xe mới cũng ra đời, nhưng nằm ở một thái cực khác hoàn toàn so với tuyệt tác thủ công của Phố Cooke và Derby. Đó là chiếc Ford Model T, xuất hiện lần đầu trên giao lộ Mỹ vào tháng 10 năm 1908, không lâu sau khi chiếc Silver Ghost đầu tiên bắt đầu chu du qua các miền đất ở Anh và Scotland.

Henry Royce đã đem cơ khí chính xác đến với một nhóm nhỏ. Henry Ford thì muốn đưa nó tới càng nhiều người càng tốt. "Tôi sẽ tạo ra chiếc xe hơi cho đại chúng," ông tuyên bố vào năm 1907. "Nó sẽ đủ lớn để chở một gia đình, nhưng cũng đủ nhỏ để cho một cá nhân có thể lái và săn sóc. Nó sẽ được làm từ những vật liệu tốt nhất, bằng những nhân công tốt nhất, theo những thiết kế đơn giản nhất mà công nghệ hiện đại cho phép. Nhưng nó sẽ đủ rẻ để một người với mức lương tầm trung cũng có thể sở hữu - và tận hưởng những

giờ phút vui thú ngoài trời với gia đình ở những nơi đẹp đẽ mà Chúa ban cho chúng ta."

Nếu nói những động cơ ban đầu của Henry Ford là hoàn toàn mang tính nhân văn, thì không thỏa đáng, ông vốn xuất thân từ một gia đình nông dân ở Michigan, và sớm có hứng thú với ngành kỹ thuật - ở góc độ này, tuổi trẻ của ông khá giống với Henry Royce. Ông đam mê tất cả các loại máy móc. Hồi niên thiếu, ông đặc biệt thành thạo về cơ khí, chuyên sửa những chiếc đồng hồ quả quýt cho hàng xóm. Thừa thắng xông lên từ những thành công ban đầu này, ông đăng ký và giành được một suất học việc - không phải ở xưởng xe lửa lớn như nơi Henry Royce từng học việc gần như cùng thời điểm, mà ở một hang gần nhà, chuyên sản xuất những thiết bị khiêm nhường hơn như van nước, còi hơi, vòi cứu hỏa, chuông đĩa, với sự trợ giúp của hàng loạt máy tiện và khoan.

Ông mê mẩn ngắm nhìn những chiếc máy đập lúa chạy bằng hơi nước đầy ấn tượng của Westinghouse mà cha ông và hàng xóm dùng vào mùa gặt, đặc biệt là những chiếc máy có thể tự di chuyển - với đai truyền động của động cơ được tháo ra để quay bánh xe. Phần trung tâm trong câu chuyện về quá trình trưởng thành của Henry Ford như sau: cậu bé Henry trở nên đặc biệt khéo léo trong việc điều khiển và sửa chữa một động cơ hơi nước Westinghouse di động của hàng xóm và vào mùa hè năm 1882, cậu nhận mức lương 3 đô-la/ngày để lái cỗ máy "nhỏ nhưng có võ" này qua các nông trại để đập ngô và cỏ ba lá, cưa gỗ, nghiền thức ăn gia súc. Cậu cấp nhiên liệu cho động cơ bằng các thanh rào

cũ, vỏ ngô, và (đôi khi) là các cục than. Tuy công việc hết sức nặng nhọc, Ford nói thời gian hạnh phúc nhất của ông là lúc di chuyển cùng chiếc Westinghouse trên những con đường đất bụi nhỏ ở Michigan, dùng sức mạnh động cơ đơn giản để đỡ đần những người nông dân và tích lũy cho mình một cuộn đô-la<sup>[\*]</sup>.





Hơn 16 triệu chiếc Model T Ford “Tin Lizzies” theo cách gọi dân dã được bán ra trong giai đoạn 1908-1927, với mức giá từ 850 đô-la ban đầu xuống còn 260 đô-la nhờ các cải tiến chưa từng có trong kỹ thuật giúp tăng năng suất sản xuất



Henry Ford, cũng giống như Henry Royce, xuất thân với gia cảnh khiêm tốn, sinh năm 1863, là người phổ biến ô tô đến với rộng rãi người dân cũng như xây dựng dây chuyền lắp ráp ô tô đầu tiên ở Detroit

Ít lâu sau, ông trở thành thợ sửa chữa cho nhà phân phối động cơ hơi nước Westinghouse trong vùng. Nhưng ông sớm nhận ra hạn chế của những cỗ máy đập thân thương - chúng không dùng điện! - vì thế ông rời bỏ thế giới hơi nước

để đến làm kỹ sư cơ khí tại Công ty Chiếu sáng Edison, một nơi có dư dả điện. Quyết định đột ngột này đưa cuộc đời Henry Ford đến gần hơn với cuộc đời Henry Royce, tuy họ không biết điều này, bởi bên kia Đại Tây Dương ở Manchester, Henry Royce cũng đang học những thứ mà Ford đang học ở Detroit - thế giới của kỹ thuật cơ khí và kỹ thuật điện đã được sáp nhập với nhau kể từ những năm 1870, trong thứ được gọi là động cơ đốt trong, nhằm tạo ra chuyển động liên tục và hiệu suất cao.

Sự trùng hợp kỳ lạ không dừng lại ở đó: trong khi Royce mua và mày mò chiếc xe đầu tiên của ông - chiếc De Dion bốn bánh chạy bằng động cơ, Henry Ford, với vốn kiến thức sâu rộng tích lũy được từ Westinghouse và Edison, cũng chế tạo một chiếc xe bốn bánh trong thời gian rảnh, và trang bị cho nó một động cơ xăng hai xi lanh. Chiếc xe lăn bánh lần đầu vào ngày 4 tháng 6 năm 1896 - người ta phải dỡ cánh cửa của khu xưởng để đưa chiếc xe ra ngoài, vì Ford quên mất ông đã làm khung xe rộng đến mức nào - và sớm gấp phải sự cố. Tuy các vấn đề về cơ khí nhanh chóng được khắc phục và cuộc chạy thử nghiệm diễn ra vào nửa đêm, nhưng chiếc xe vẫn thu hút một đám đông hiếu kỳ theo dõi.

Quá trình phát triển của hai người cũng giống nhau: Henry Royce khởi đầu từ chiếc De Dion, kế đến là chiếc Decauville, rồi tự chế tạo xe, còn Henry Ford cũng nhanh chóng đi từ chiếc xe bốn bánh đến việc tự sản xuất. Trải qua các cuộc thử nghiệm theo nhiều kiểu khác nhau; qua các phiên bản xe đua lắp ráp thô thiển, những động cơ hai, ba, bốn xi lanh; qua bao thành công lẫn thất bại, đạt được

những bước tiến nhỏ rồi sảy chân thụt lùi, những lần tranh cãi, bối rối và khó khăn tài chính - hai hãng Ford đầu tiên phá sản trong chưa đầy hai năm, mỗi hãng chỉ sản xuất 20 chiếc xe. Nhưng đến năm 1903, công việc của Henry Ford bắt đầu đi vào ổn định, ông chống chịu qua nhiều khủng hoảng mà vẫn đứng vững; học được vô số điều cần tránh trong sản xuất ô tô; giờ đây, ông đã có đủ tự tin về năng lực, đủ tiềm lực về tài chính, đủ bạn hữu cũng như người ngưỡng mộ để thành lập (bởi ông vẫn cứu vãn được cái tên "Ford" từ những thảm họa trước đó) Ford Motors, và bắt tay vào công cuộc đưa công nghệ chính xác đến với công chúng trên quy mô lớn.

Ấy thế mà, trong khi Henry Royce ở Manchester đang say sưa với sự hoàn hảo, Henry Ford ở Dearborn lại ám ảnh về sản xuất. Hai công ty non trẻ, tuy có nhiều điểm tương đồng, tuy có chung lý tưởng tạo ra cỗ máy tốt nhất và phù hợp nhất trong khả năng, nhưng đã bắt đầu rẽ sang hai hướng khác nhau cả về mục đích và cách thức ngay từ khi thành lập.

Khi Henry Royce khởi đầu với chiếc Royce Ten, Henry Ford bắt đầu với chiếc Model A. Giống như tất cả những chiếc xe đời đầu của Ford, Model A (chỉ có duy nhất màu đỏ) được quảng cáo là cỗ máy "cấu thành từ một số ít bộ phận, nhưng bộ phận nào cũng có chức năng". Không có những trang trí xa xỉ cầu kỳ. Khách hàng có thể trả thêm tiền để có thêm những thứ như cửa sau, tấm cao su dán trên nóc ô tô, đèn, còi, viền đồng thau; nhưng chỉ với 750 đô-la chưa tính thuế, khách hàng sẽ có một chiếc xe nhỏ hai chỗ ngồi, giản

đơn đến cục mịch - trục trước và trục sau cách nhau chưa đầy 2m, được trang bị một động cơ hai xi lanh tám mã lực kèm một bộ truyền động bán tự động với hai số tiến và một số lùi, cùng hệ thống phanh duy nhất ở bánh sau. Chiếc xe nhỏ màu đỏ này có thể ì ạch chạy bịch bịch với vận tốc dưới 50 km/giờ và không ổn định chút nào. Người mua xe được cảnh báo nghiêm túc rằng chiếc xe đang vướng vào một vụ kiện vi phạm bản quyền, và điều này có thể khiến họ không được tự do sử dụng cỗ máy nữa. Nhưng vụ kiện đó không bao giờ diễn ra, liên quan tới một người đàn ông tên là Selden, đã được dàn xếp bên ngoài tòa án. Một nha sĩ ở Chicago mua chiếc Model A đầu tiên, tiếp đến là khoảng 1.700 khách hàng: vốn lưu động của Ford chỉ còn 223 đô-la tại thời điểm chiếc xe đầu tiên được bán ra, nhưng thành công tương đối về thương mại của chiếc xe trong tháng sản xuất đã giúp công ty sống sót, đồng thời cho công ty một khuôn mẫu để sản xuất những đời xe tiếp theo. Cuối cùng, Ford cũng đạt được thành công thực sự đầu tiên, một sản phẩm phi thường làm biến đổi xã hội: Model T.

Do T là chữ cái thứ 20 trong bảng chữ cái, nên chúng ta dễ nhầm tưởng rằng có 18 dòng xe sau Model A, nhưng thực tế chỉ có năm: Model B (mạnh mẽ, thời thượng, đắt đỏ, động cơ đặt phía trước); C (phiên bản sang trọng hơn của A và có động cơ bên dưới ghế ngồi giống A); F (phiên bản xa xỉ của A, chỉ có ở màu xanh lục); K (phiên bản xa xỉ của B, nhưng có động cơ sáu xi lanh, cũng đặt dưới nắp ca-pô); và cuối cùng là N (rẻ, nhẹ, lần đầu tiên dùng thép có thêm vanadi - một hợp kim mà Henry Ford phát hiện trong xác một chiếc

xe đua bị tai nạn của Pháp, sau đó quyết định sử dụng tối đa trong những chiếc xe của mình do nó giúp khung máy có được độ bền kéo cao và trọng lượng nhẹ hơn đáng kể). Ford Model N có giá 500 đô-la với động cơ bốn xi lanh; bán được 7.000 chiếc và chỉ có màu hạt dẻ. Đó gần như là một chiếc xe hoàn hảo, Henry Ford nghĩ – gần như, chứ không phải hoàn toàn.

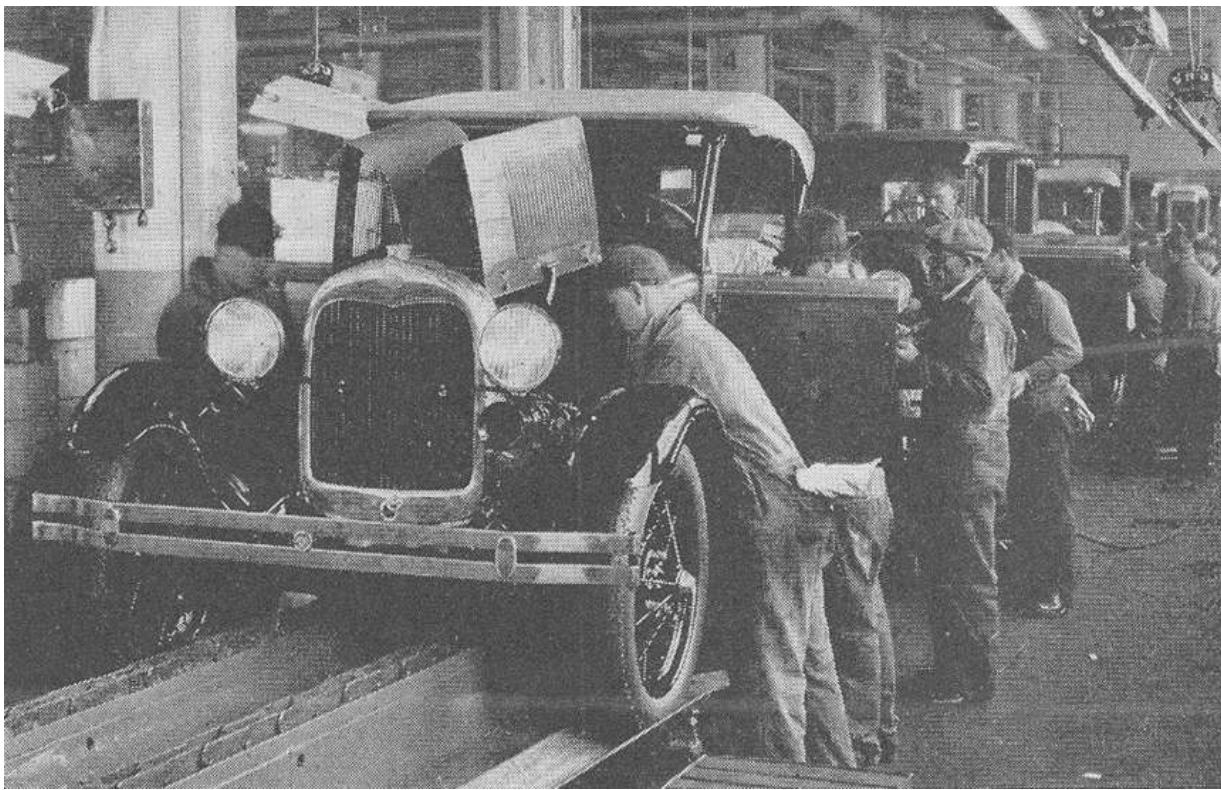
Vẫn còn nhiều chỗ cần cải tiến, và cải tiến đã được thực hiện. Và Model T chính là thành quả. Nhờ nó, sau này Model T được mọi người trìu mến gọi là “Tin Lizzie”<sup>[\*]</sup> (Lizzie thiếc), mà Ford đã trúng quả. Chiếc xe chính thức ra đời vào ngày 1 tháng 10 năm 1908 và được sản xuất với số lượng lớn – 16.500.000 chiếc được bán ra trong suốt gần 19 năm. Đó là mẫu xe thành công gây sững sốt nhất. Chiếc Model T cuối cùng bước ra khỏi dây chuyền sản xuất là vào tháng 5 năm 1927.

“Dây chuyền sản xuất” là cụm từ then chốt ở đây. Tất cả các đời xe Ford trước đó, cũng như chiếc Royce Ten và Rolls-Royce Silver Ghost bên kia Đại Tây Dương (và sau này ở Massachusetts trong một khoảng thời ngắn), đều được sản xuất theo cùng một cách: các chi tiết, cấu phần, bộ phận của ô tô được tập trung về một nơi trong nhà máy, và một nhóm công nhân sẽ hàn, đóng, nén, chốt, ghép, bẩy, vặn và *giữa*, chúng luôn phải được *giữa* để ăn khớp với nhau, cho đến khi xong xuôi và chiếc xe mới như một chú bé sơ sinh, chập chững và run rẩy, bước ra ngoài thế giới.

Và rồi, với Model T, Henry Ford đã thay đổi tất cả. Ngay từ đầu, ông đã quyết loại trừ công đoạn giữa trong nhà máy sản xuất ô tô của mình, bởi tất cả mọi bộ phận, cấu phần và chi tiết ông sử dụng cho cỗ máy phải được hoàn thiện chính xác trước đó, với những dung sai chặt chẽ nhất, tuân theo những tiêu chuẩn khắt khe nhất, sao cho phần này khớp chính xác với phần kia mà không phải điều chỉnh gì, kể cả ở mức vi tế nhất. Khi đã thiết lập vững chắc khía cạnh này trong hệ thống sản xuất, ông tạo ra một phương thức lắp ráp hoàn toàn mới. Ông đòi hỏi một tiêu chuẩn chính xác chưa từng có cho các chi tiết, và sẽ kết hợp tiêu chuẩn này với một hệ thống sản xuất chưa có tiền lệ. Nhờ vậy, ông đã làm biến đổi ngành của mình và nhiều ngành khác, sau đó là tạo ra biến chuyển cho cả thế giới, tạo ra những thay đổi vĩnh viễn ở mọi ngóc ngách của đời sống. Tuy có những đóng góp khác khiêm tốn hơn<sup>\*</sup>, có thể nói Henry Ford, thông qua Model T, đã góp phần xây dựng dây chuyền sản xuất công nghiệp quy mô lớn ngày nay.

Model T có gần 100 bộ phận khác nhau (xe hơi hiện đại có trên 30.000 bộ phận). Làm thế nào để lắp ráp những bộ phận ấy, phức tạp ngang ngửa một cái máy giặt hiện đại, thành một chiếc ô tô chạy được là bài toán lớn mà Henry Ford phải giải quyết trong hai thập kỷ đầu tiên của thế kỷ XX. Với các dòng xe trước, ông đã thử nghiệm nhiều kỹ thuật sản xuất. Chẳng hạn, ông cho các nhóm khoảng 15 công nhân cùng xắn tay chế tạo một chiếc xe. Trong mỗi nhóm, ông yêu cầu một người đảm nhận vai trò chế tạo chính, còn những công nhân khác mang các dụng cụ và chi

tiết tới chỗ anh ta khi cần, giống như các y tá hỗ trợ bác sĩ phẫu thuật, để người công nhân chính không phải di chuyển khỏi vị trí. Nếu có 15 tổ lắp ráp một-người như vậy trong nhà máy; và nếu tất cả các bộ phận - được chế tạo chính xác, mang tới đúng thời điểm, cùng với các dụng cụ cần thiết để lắp ráp - được khớp đúng với nhau, thì 15 chiếc ô tô sẽ được sản xuất đồng thời trong một ngày.



Một dây chuyền lắp ráp, giống như ở trên hình tại nhà máy chính của Ford ở Dearborn, Michigan, đòi hỏi sự chính xác tuyệt đối trong mọi cấu phần, với số lượng cấu phần không vượt quá 100, khiêm tốn hơn nhiều so với con số 30.000 cấu phần trong một chiếc xe hơi hiện đại.

Nếu có một cấu phần duy nhất không khớp, toàn bộ dây chuyền có nguy cơ phải ngưng lại trong khi ở Rolls-Royce, các thợ thủ công sẽ đảm bảo mọi cấu phần ăn khớp với nhau bằng giũa

Tiếp đến, trong một thử nghiệm khác, mỗi công nhân được giao thực hiện một tác vụ duy nhất trong quá trình sản

xuất, và sau khi thực hiện tác vụ đó (chẳng hạn như bắt bu-lông mui xe hay lắp bộ giảm xóc sau), họ sẽ lần lượt đi tới chỗ chiếc xe tiếp theo và lắp lại chính xác tác vụ đó. Các bộ phận (mui, giảm xóc, khối xi lanh, đèn) cũng được chế tạo theo cách thức tương tự ở tầng hai của nhà máy, sau đó được lưu kho ở tầng ba (nhà máy có ba tầng), rồi được đưa tới các máng trượt để xuống tầng lắp ráp, như vậy các bộ phận vừa không chất thành núi gây cản trở việc di chuyển của các công nhân, vừa luôn có sẵn khi cần.

Mỗi hệ thống nêu trên đều có ưu điểm riêng, chắt lọc từ các kiến thức và kinh nghiệm sản xuất đương thời - cho đến năm 1913 thì khoảnh khắc *A ha!* cuối cùng cũng xuất hiện: người ta nhận thấy *chi tiết gia công có thể được di chuyển tới vị trí của các công nhân để họ thực hiện duy nhất một tác vụ đơn giản và dễ dàng trên nó*. Mỗi công nhân sẽ thực hiện lắp đi lắp lại tác vụ đó với các chi tiết tiếp theo, cho đến khi một bộ phận, một tổ hợp bộ phận, và một chiếc xe mới thành hình, kết quả tích lũy của hàng trăm hay hàng ngàn tác vụ thực hiện đồng thời trên toàn bộ chuỗi hành trình sản xuất.

Henry Ford cho biết ông lần đầu nảy ra ý tưởng về dây chuyền lắp ráp khi xem quy trình giết mổ heo hết sức tẻ mì và quy cách trong một lò mổ địa phương: người ta chỉ đơn giản đảo ngược quá trình lạng thịt, lọc xương, lấy tiết, rồi xếp lại các miếng thịt. Áp dụng vào ngành ô tô, Ford sẽ thay thế các công đoạn đó bằng hàn, đóng, lắp, sơn (chỉ dùng sơn đen khô nhanh). Mặt khác, nếu trong lò mổ có sườn, bắp, ruột và mỡ, trong nhà máy Ford mới này, bạn sẽ dùng

các bộ phận làm bằng kim loại, thủy tinh, cao su để chế tạo một chiếc ô tô hoàn toàn mới, bán với giá 800 đô-la lẻ mấy đồng.

Và tốc độ của phương pháp mới! Những nhảy vọt về năng suất! Thiết bị đầu tiên được sản xuất bằng dây chuyền lắp ráp như vậy là ma-nhê-tô của chiếc Model T, một thiết bị đơn giản gồm nam châm và hai cuộn dây có chức năng tạo tia lửa điện để đốt cháy nhiên liệu trong động cơ. Trong nhà máy, Ford đã tạo ra một băng chuyền dài và thẳng, cao ngang eo; trên đó thoát đầu chỉ có một chiếc bánh xe bằng thép đơn giản, được quay bằng cần quay tay điều khiển của ô tô. Người đầu tiên trong dây chuyền, ngồi đối diện băng chuyền, sẽ chờ bánh xe đi tới vị trí của mình và gắn nó vào một cuộn dây điện nhỏ đã quấn sẵn khoảng 200 vòng dây đồng. Người tiếp theo trong dây chuyền sẽ gắn một bánh xe nhỏ hơn, nhưng lần này với một cuộn dây quấn 2.000 vòng dây đồng mảnh hơn nhiều. Người thứ ba sẽ gắn một hộp chứa một nam châm hình chữ U vào bánh xe, và người cuối cùng sẽ bắt bu lông gắn các hộp với nhau và chuyển chiếc ma-nhê-tô hoàn thiện tới người giám sát.

Một người kiểm tra sẽ quay các cuộn dây trong từ trường: một dòng điện yếu sẽ được sinh ra trong cuộn dây 200 vòng, sau đó một điện áp lớn hơn rất nhiều sẽ được tạo ra trong cuộn dây 2.000 vòng, và nếu tất cả đều hoạt động và các bộ phận đều được chế tạo chính xác như thiết kế và ăn khớp với nhau, một tia lửa lớn sẽ lóe lên giữa hai đầu làm việc của chiếc ma-nhê-tô - và nếu nó được gắn vào một động cơ, chứ không phải ở trên một dây chuyền lắp ráp thử

nghiệm, tia lửa điện này sẽ lóe lên ở đầu xi lanh đúng lúc xi lanh được bơm đầy một hỗn hợp cực kỳ dễ cháy gồm hơi xăng và không khí, tạo ra một cú nổ, đẩy pít-tông đi xuống, khiến động cơ nhỏ nhưng đầy mạnh mẽ của Ford khởi động và chạy.

Trước khi dây chuyền lắp ráp ra đời, một công nhân sẽ mất 20 phút để lắp ráp một chiếc ma-nhê-tô. Sau khi dây chuyền lắp ráp xuất hiện và đội ngũ công nhân thực hiện duy nhất một tác vụ nhảm chán, họ chỉ cần 5 phút để làm ra một chiếc ma-nhê-tô hoàn thiện - và giống hệt nhau, không bị ảnh hưởng bởi cơn bốc đồng hoặc sự lười biếng của con người, tất cả đều được khớp vào bên trong động cơ của một xe Ford mà không may mắn kháng cự.

Vi sai là bộ phận tiếp theo được lắp ráp theo dây chuyền, bắt đầu vào năm 1915. Trước đây, để lắp ráp một bộ vi sai cần 2,5 giờ; còn trên dây chuyền mới thì chỉ cần 26 phút. Một dây chuyền sản xuất khác đã cắt giảm chính xác một nửa thời gian cần thiết để lắp ráp bộ truyền động, với ba số tiến và một số lùi xếp trong một hệ thống đai và bánh trượt trông tựa như mặt trời. Nếu trước đây, các công nhân mất đến mười tiếng để lắp ráp hoàn chỉnh một động cơ, giờ đây họ chỉ mất bốn tiếng - nhờ một thiết kế hoàn toàn mới cho cụm xi lanh: mài ngắn đầu và đáy để lấy chỗ cho các xu-páp và bu-gi bên trên, trực khuỷu và bình hứng dầu bên dưới, và bắn thân các xi lanh được khoan lòng với độ sâu và đường kính đặc biệt chính xác. Dần dà, ở Dearborn, cứ 40 giây lại có một chiếc Model T mới xuất xưởng.

Làm việc trên dây chuyền lắp ráp gần như không đòi hỏi kỹ năng nào đặc biệt; trong khi đó, để đo đạc dung sai, giữa khớp, thử nghiệm và tái thử nghiệm, và dùng các dưỡng kiểm đạt/không đạt thì lại đòi hỏi một kỹ sư lành nghề, được đào tạo, hưởng mức lương hậu hĩnh. Henry Ford nhận thấy mình đã giải quyết được vô số vấn đề cùng lúc. Bằng cách tạo ra dây chuyền sản xuất, ông có thể sản xuất nhiều xe hơn, tiết kiệm chi phí, bán xe với giá thành ngày càng thấp và phù hợp với túi tiền của nhiều người, để sản phẩm trở nên ngày càng phổ biến và được ưa chuộng, đồng thời sử dụng ít nhân công hơn với trình độ tay nghề thấp hơn; xóa bỏ nhu cầu dùng thợ thủ công lành nghề trong nhà máy, nhường họ lại cho Rolls-Royce.

Kết quả về mặt cá nhân là: trong khi Henry Royce trở nên tương đối dư giả nhờ thành quả thu được từ những nỗ lực của mình, Henry Ford trở thành một trong những người giàu nhất hành tinh cũng như trong lịch sử nhân loại - đồng thời để lại không chỉ một hãng xe hơi mà đến ngày nay vẫn là hãng xe lớn bậc nhất thế giới, mà còn thành lập một quỹ tài trợ để tạo cơ hội các nhân tài trong và ngoài nước Mỹ.

Vai trò của công nghệ chính xác khác nhau như thế nào ở hai công ty? Đối với Rolls-Royce, có vẻ công nghệ chính xác đóng vai trò trung tâm trong việc tạo ra những cỗ xe vừa tiện nghi, phong cách, vừa mạnh mẽ, đáng nhớ. Trên thực tế, công nghệ chính xác còn có vai trò quan trọng mang tính sống còn trong việc chế tạo những chiếc xe rẻ tiền hơn, ít phức tạp hơn, ít gây ấn tượng hơn của Ford. Lý do rất đơn giản: các dây chuyền sản xuất đòi hỏi một nguồn cung vô

hạn các bộ phận có khả năng đổi lẩn hoàn toàn cho nhau. Nếu có một bộ phận chỉ sai lệch đôi chút, khiến công nhân dây chuyền phải vật lộn với nó khi lắp ráp, cảnh tượng diễn ra sẽ không khác mấy so với trong bộ phim *Modern Times* của Charlie Chaplin hoặc, ít gây cười hơn, phim *Metropolis* của Fritz Lang: toàn bộ dây chuyền đình lại, công việc bị gián đoạn, chi tiết lắp ráp dồn đống, chuỗi cung ứng tắc nghẽn và toàn bộ hoạt động sản xuất sẽ “chết”.

Nói cách khác, công nghệ chính xác là tối quan trọng với sản xuất liên tục theo dây chuyền. Còn đối với một chiếc xe thủ công, chế tạo chính xác ngay từ đầu thật ra không phải là thiết yếu, bởi mọi vấn đề đều có thể khắc phục trong quá trình lắp ráp bằng tay. Do đó, quá trình sản xuất của Rolls-Royce không lệ thuộc (ít nhất là ở thời của Silver Ghost) vào việc mọi cấu phần phải được chế tạo chính xác trước khi quá trình lắp ráp bắt đầu. Một tình huống trớ trêu: xe Rolls-Royce đắt đỏ, hiếm có, từ xưa đã nổi danh về chất lượng và năng lực siêu việt, nhưng lại không đòi hỏi sự chính xác tuyệt đối trong mọi công đoạn sản xuất. Trong khi đó, một chiếc Model T Ford (và mọi chiếc xe hơi của thời hiện đại, giờ được chế tạo bằng robot, những công nhân làm việc đến hoa mắt trong một dây chuyền vô tận như trong bộ phim của Chaplin) lại đòi hỏi sự chính xác tuyệt đối và toàn diện mới có thể ra đời.

**CÂU CHUYỆN VẪN CHƯA HẾT:** Henry Ford còn có một phát minh giúp chi phí của chiếc Model T gần như giảm liên tục dần theo các năm trong vòng 18 năm sản xuất, từ giá thành

ban đầu 850 đô-la năm 1908 xuống 345 đô-la năm 1916, đến mức giá gây sốt là 260 đô-la năm 1925.

Chiếc xe không thay đổi, vật liệu không thay đổi, nhưng hiệu suất của phương tiện sản xuất tăng đáng kể. Henry Ford đạt được điều này nhờ sử dụng một cấu phần (sau đó mua lại hãng sản xuất nó), do một người Thụy Điển khiêm tốn nhưng đã để lại dấu ấn sâu sắc trong lịch sử công nghệ chính xác phát minh.

Đó là Carl Edvard Johansson, niềm tự hào của Thụy Điển và ngày nay được biết đến rộng rãi với danh hiệu Bậc thầy Đo lường của thế giới. Ông là cha đẻ của những mẫu thép cứng phẳng hoàn hảo, hay cǎn mẫu, khối Jo hay mẫu Johansson để vinh danh nhà phát minh - chính là những khối thép và thanh kim loại tí hon bóng loáng mà cha tôi mang về nhà cho tôi xem hồi giữa thập niên 1950 nhằm minh họa về công nghệ chính xác.

Carl Edvard Johansson nảy ra ý tưởng về cǎn mẫu khi đang đi tàu hỏa. Khi ấy, năm 1896, ông là kiểm soát viên kiêm sĩ quan phụ trách vũ khí tại một nhà máy sản xuất vũ khí của chính phủ ở thành phố Eskilstuna, được coi là công xưởng thép của Thụy Điển tương tự như Pittsburg hay Sheffield của Anh, và ngày nay vẫn còn hình công nhân thép trên huy hiệu. Nhà máy của ông khi ấy đang sản xuất súng trường Remington theo cấp phép và đang bước đầu chuyển dần sang sản xuất một phiên bản súng các-bin Mauser của Đức, đồng thời chuyển sang một hệ thống đo lường hoàn toàn mới. Johansson, vốn luôn đề cao khả năng đo lường

siêu chính xác, đã đến nhà máy của Mauser trong Rừng Đen, Đức, để tìm hiểu phương pháp đo lường của công ty này, và nhận thấy phương pháp đó còn thiếu sót. Tương truyền, trên chuyến tàu dài đằng đẵng và tẻ nhạt về nhà, ông đã ngẫm nghĩ về việc cải tiến vận hành cho nhà máy.

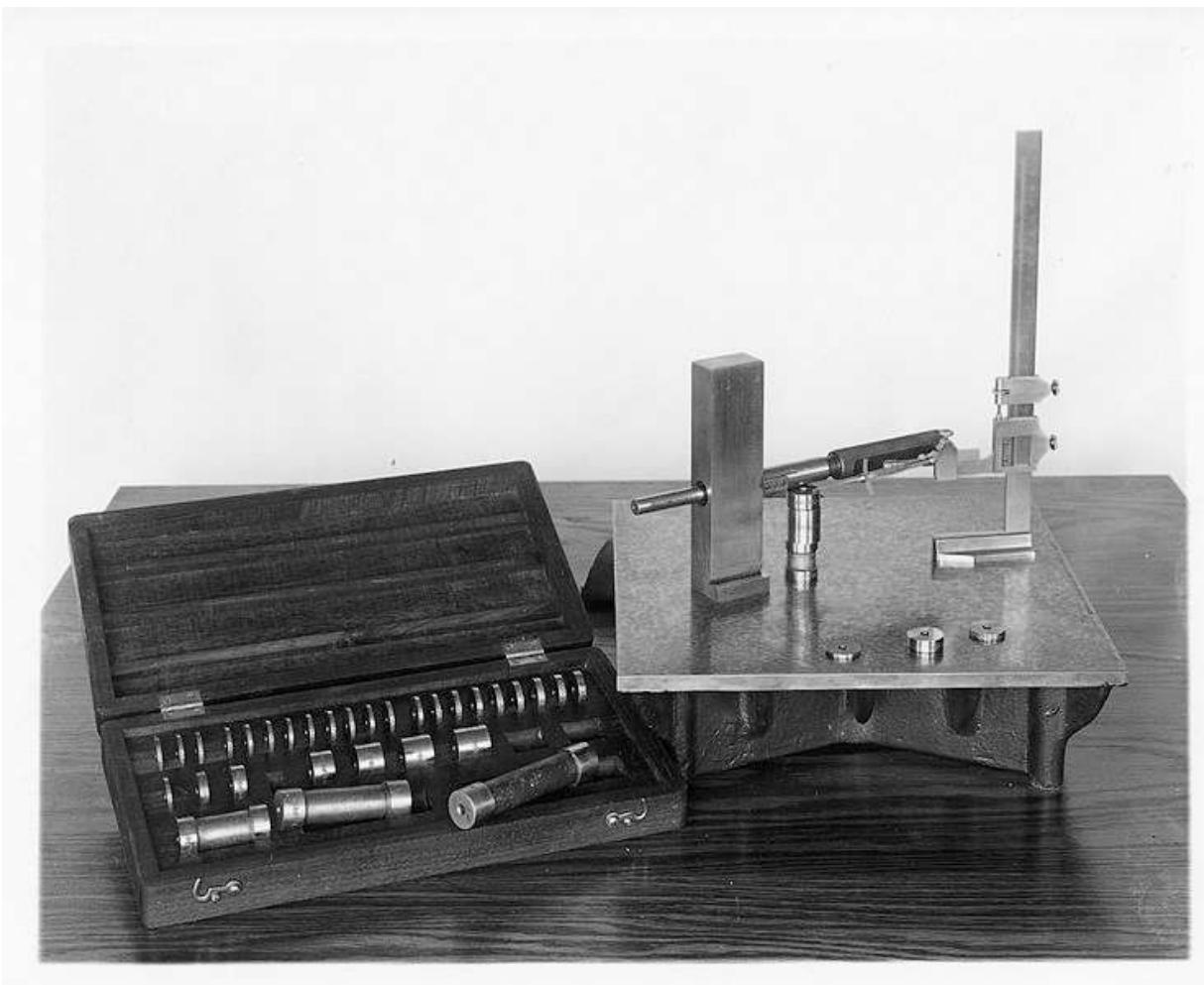
Ý tưởng của ông là tạo ra một bộ căn mẫu mà khi ghép vào nhau sẽ cho phép đo đặc bất kỳ kích thước nào, ít nhất là về lý thuyết, ông băn khoăn về số lượng căn mẫu tối thiểu cần có và kích cỡ của những khối căn mẫu. Đến lúc bước xuống con tàu hơi nước lách cách ở ga Eskilstuna, ông đã giải quyết được bài toán: chỉ 103 khối với các kích thước định trước, xếp thành ba hàng, sẽ giúp chúng ta đo được khoảng 30.000 kích thước, mỗi kích thước hơn kém nhau 1/1.000 mm, bằng cách xếp hai hay nhiều khối cạnh nhau.

Johansson mất một thời gian khá dài để làm bộ nguyên mẫu đầu tiên - ông dùng máy khâu của vợ, lắp thêm một bánh mài, để mài nhẵn các khối đến đúng kích thước đã định. Đó là công việc phù hợp với tính cách của ông, theo như một nhà viết tiểu sử sau này ghi chép lại. Johansson là một người khiêm nhường, kín đáo, nhã nhặn, trang trọng, nhẵn nại, có ria mép, hút tẩu, dáng người lom khom, ông là con trai của một nhà nông chất phác, sinh trưởng trong một nông trại lúa mạch ở miền trung Thụy Điển nhưng đã góp phần thay đổi cả thế giới. Tổ hợp 103 căn mẫu ông tạo ra, theo như nhà viết tiểu sử, đã “trực tiếp và gián tiếp dạy các kỹ sư, quản đốc, thợ cơ khí biết cách chăm chút dụng cụ của

mình, và đồng thời giúp họ làm quen với [các kích thước] hàng phần ngàn và phần vạn milimét."

Căn mẫu lần đầu tiên tới Mỹ vào năm 1908. Bộ căn mẫu được đưa qua hải quan bởi Henry Leland, một thợ máy và một người cuồng chính xác, được biết tới với danh hiệu Nhà phát minh của chiếc Cadillac<sup>[\*]</sup>. Tương tự như trường hợp cụm ròng rọc gỗ cho Hải quân Hoàng gia hồi thế kỷ XIX, doanh số của khối Jo tăng vọt khi ngày càng có nhiều ngành công nghiệp mới ra đời và ngành nào cũng đòi hỏi một phương pháp đo lường đơn giản và hiệu quả. Cuối cùng, chính Johansson cũng quyết định mở xưởng ở Mỹ, trước hết ở New York, sau đó tại một nhà máy piano cũ ba tầng ở Poughkeepsie, cách Sông Hudson 160km về phía Bắc. Báo chí chào đón Johansson bằng các tiêu đề như "Người chính xác nhất thế giới" và "Edison của Thụy Điển."

Cùng thời gian này, Henry Ford lại không sử dụng căn mẫu trong các nhà máy, dù toàn bộ hệ thống sản xuất hàng loạt của ông phụ thuộc hoàn toàn vào sự chính xác cao độ, mà không ai rõ nguyên nhân vì sao. Nhưng cuối cùng, Henry Ford cũng không thể khước từ căn mẫu khi nghe được cuộc tranh cãi nảy lửa giữa các quản lý nhà máy của mình với hãng sản xuất vòng bi SKF của Thụy Điển.



### Hộp cǎn mǎu

Henry Ford mua lại công ty sản xuất cǎn mǎu tại Mỹ từ cha đẻ của chúng, Carl Edvard Johansson, một người Thụy Điển mà ngày nay vẫn được mệnh danh là “Bậc thầy đo lường”. Cǎn mǎu, hay khối Jo, cho phép nhanh chóng đạt được các dung sai cực nhỏ, góp phần nâng cao hiệu suất và sự ổn định của sản phẩm

SKF được thành lập vào năm 1907 và đến nay vẫn hoạt động - tên của nó là các chữ cái đầu của cụm từ Svenska Kullagerfabriken AB - đã nhận hàng loạt “phàn nàn vô căn cứ” về kích thước vòng bi từ Ford vào những năm 1920. Các công nhân của Ford ở các dây chuyền sản xuất Detroit khẳng định vòng bi SKF sai kích thước đáng kể, gây trì hoãn

và đình trệ hoạt động nhà máy. Các quản lý SKF kiên quyết phủ nhận điều này và khẳng định vòng bi của họ có hình cầu hoàn hảo, đã được cẩn mĩ kiểm chứng.

Và quả thật các cẩn mĩ chứng nhận điều đó. Nếu có phàn nàn, các quản lý của SKF nói, đó là phàn nàn của họ về máy móc và dây chuyền sử dụng vòng bi - và Henry Ford đã kinh hoàng nhận ra họ nói đúng. Ông triệu tập các cộng sự trong một cuộc họp khẩn và nói có thể các xe hơi của Ford chỉ chính xác trong *nội bộ*, các cấu phần đổi lẫn được trong *nội bộ*, nhưng khi một cấu phần khác, được sản xuất hoàn hảo và kiểm chứng bằng cẩn mĩ, được đưa từ bên ngoài vào (ví dụ như vòng bi SKF), sự hoàn hảo của cấu phần ấy xếp trên sự hoàn hảo của Ford, và Ford có lẽ mới là không chính xác.

Vì thế, Ford, giàu có, quyền uy và vô cùng tham vọng, đã làm một điều mà những người khác có lẽ không dám làm. Ông liên hệ với Johansson và thuyết phục ông chuyển toàn bộ hoạt động sản xuất cẩn mĩ từ Poughkeepsie cách đó 1.100 km về Detroit, để mở xưởng trong nhà máy khổng lồ của Ford. Johansson đồng ý và sau một thời gian, trước nỗ lực thuyết phục kiên nhẫn và khéo léo của Ford, đã biến công ty của mình - một công ty nhỏ, lâu đời, nhưng cực kỳ quan trọng - thành một nhánh của Ford Motors - nói cách khác là bị nuốt chửng - và đến năm 1936 thì rời bỏ Ford và lặng lẽ quay về quê nhà Thụy Điển, gặt hái hàng loạt huy chương vàng, bằng danh dự, vị trí trong các tổ chức học thuật và danh hiệu hoàng gia cao quý.

Johansson bị điếc khi về già và phải dùng một ống nghe mà ông gọi là ống bình an. Ông từng gặp Edison, cũng bị điếc, và thường ôn lại kỷ niệm về chuyện hai nhà phát minh vĩ đại chụm đầu vào nhau, theo đúng nghĩa đen, để bàn luận về các căn mẫu mà vào khi ấy, sau Thế chiến thứ I đã đạt độ chính xác lên tới  $1/1.000.000$  của 1 inch. “Nhưng ông có thể làm hơn thế không?” Edison hỏi. “Có thể,” Johansson đáp, “có thể đạt dung sai  $1/10.000.000$  inch, nhưng tôi sẽ không tiết lộ lúc này đâu.” “Phải rồi,” Edison, nổi tiếng hay gắt gỏng và hép hòi, đằng hắng. “Chuyện phát minh thì tốt nhất là cứ giữ bí mật.”

Carl Edvard Johansson qua đời năm 1943, được cả đất nước Thụy Điển yêu mến và kính trọng, nhưng bị lãng quên ở những quốc gia khác. Hệ thống sản xuất công nghiệp hàng loạt mà phát minh của ông vô tình góp phần cải tiến và mở rộng, lệ thuộc vào độ chính xác cao nhất có thể đạt được, vẫn tồn tại đến ngày nay – trên mặt đất cũng như trên không trung, nơi một sai lệch nhỏ cũng có thể gây ra thảm họa.

## Chương 6 - Chính xác và hiểm họa ở độ cao 10km

Dung sai: 0,000 000 000 001

*Chuyện đó hệt như một mối tình sét đánh vậy: [Frank] Whittle có trong tay mọi lá bài chiến thắng: óc tưởng tượng, năng lực, lòng nhiệt tình, ý chí kiên định, thái độ tôn trọng khoa học và kinh nghiệm thực tiễn – tất cả nhằm phục vụ một ý tưởng đơn giản đến sững sờ: 2.000 mã lực với một bộ phận chuyển động duy nhất.*

- Lancelot Law Whyte, “Whittle và cuộc phiêu lưu phản lực,” Tạp chí Harper (01/1954)

Đối với những thiết bị có cơ chế hoạt động ổn định và êm máy như xe ba bánh, máy khâu, đồng hồ đeo tay, hay máy bơm nước, sự hoàn hảo về cơ khí đương nhiên là một điều tốt – còn sự an toàn của người dùng có lẽ không hẳn là điều tối quan trọng. Tuy nhiên, đối với xe thể thao công suất cao, thang máy hay phòng phẫu thuật sử dụng robot, sự chính xác là điều bắt buộc mang tính sống còn: sự cống kỹ thuật ở vận tốc 200 km/giờ hoặc ở tầng 60 của một tòa nhà chọc trời hay trong một cuộc phẫu thuật tim do sự thiếu chính xác gây ra có thể còn đáng sợ và chết chóc hơn nhiều.

Hơn nữa, nếu rơi vào trường hợp di chuyển với vận tốc lớn và ở trên độ cao đáng kể, khi khách hàng bất ngờ bị lơ lửng giữa không trung cách mặt đất nhiều cây số, trong một môi trường hoàn toàn không dành cho sự sống con người, sự chính xác của chiếc máy bay đang chở họ phải hoàn hảo.

Bất kỳ sai lệch nào dù nhỏ nhất cũng có thể đem lại những hậu quả tồi tệ - như chuyện xảy ra vào lúc 10 giờ hơn tại Singapore, một sáng thứ Năm đầy nắng, ngày 4 tháng 11 năm 2010.

Chuyến bay Qantas Flight 32, trên chiếc A380, một máy bay phản lực hai tầng “siêu cơ” mà Airbus mới sản xuất được hai năm, là máy bay thương mại lớn nhất thế giới lúc bấy giờ, vừa cất cánh bắt đầu một hành trình kéo dài bảy tiếng đồng hồ tới Sydney. Trên chuyến bay có 440 hành khách, 24 thành viên phi hành đoàn, và một tổ bay đông đảo hơn thường lệ: cơ trưởng, cơ phó, cơ phó thứ hai, cơ trưởng giám sát (có nhiệm vụ giám sát phi hành đoàn) và cơ trưởng giám sát cấp cao (có nhiệm vụ giám sát cơ trưởng giám sát). Năm người này đã có tổng cộng 72.000 giờ bay, một bề dày kinh nghiệm hóa ra vô cùng cần thiết vào sáng hôm đó.

Máy bay cất cánh lúc 9 giờ 58 phút tại một đường băng ở hướng Tây Nam của Sân bay Changi, đường bay 20C. Hệ thống càng máy bay nhanh chóng được thu lại, bốn động cơ Rolls-Royce Trent 900-series được đặt chế độ Nâng, và toàn bộ 511 tấn máy bay, hàng hóa, hành khách bắt đầu được nâng lên không trung. Trong thoáng chốc, máy bay đã rời không phận Singapore và đi vào Indonesia. Khi máy bay đang lao giữa bầu trời quang đãng ở độ cao 2,5 km bên trên những cánh rừng ngập mặn và làng chài nhỏ của Đảo Batam thì, trong sự hoảng hốt của tất cả mọi người trên chuyến bay, hai tiếng bùm rất to nổ ra liên tiếp.

Cơ trưởng ngay lập tức tắt chế độ lái tự động, lệnh cho máy bay ngừng nâng và giữ ổn định ở độ cao 2.100 mét, duy trì hướng Nam. Các màn hình buồng lái thoát đầu thông báo một sự cố: quá nhiệt ở một tua-bin trong động cơ số hai, ở cánh trái, động cơ gần với thân máy bay. Nhưng vài giây sau, các phi công phải đổi mặt với tình huống hàng loạt đèn và chuông báo động, các hệ thống trên máy bay đồng loạt trực trặc, ở động cơ số hai, tua-bin quá nhiệt đang cháy rùng rực.

Cơ trưởng truyền qua radio tin nhắn “pan-pan” (tín hiệu báo động vấn đề nghiêm trọng nhưng chưa phải mức khẩn cấp cao nhất) tới kiểm soát không lưu Singapore. Sau đó, ông quyết định đưa máy bay quay về Singapore, lái máy bay vòng vòng để chờ hạ cánh xuống đường băng, tranh thủ nửa tiếng bay ổn định để tìm hiểu chuyện gì đã thực sự xảy ra ở động cơ và làm thế nào để xử lý loạt vấn đề phát sinh. Trong khi đó, nhiên liệu phun ra từ phía sau động cơ và cánh máy bay bị thủng lỗ chỗ do bị bắn phá bởi tàn tích của một cú nổ bí ẩn. Các báo cáo từ dưới mặt đất cho biết các mảnh vỡ động cơ máy bay đã được tìm thấy ở các ngôi làng trên Đảo Batam, tất cả rõ ràng đều thuộc về chiếc máy bay bị hư hại.

Có câu “Cắt cánh là tùy chọn, nhưng hạ cánh là bắt buộc”. Phi hành đoàn mất gần một giờ để xử lý vô số vấn đề nảy sinh trên máy bay và để xác định phương án hạ cánh khi một loạt bộ phận thiết yếu của máy bay bị trực trặc. Ví dụ, hệ thống phanh đường như chỉ hoạt động được một phần, cánh tà lưng bên trái không thể mở lên, hệ thống thổi

ngược ở động cơ gấp sự cố đã hỏng hoàn toàn, và hệ thống càng máy bay không thể hạ xuống để tiếp đất. Do đó, chiếc máy bay buộc phải hạ cánh trong thời gian ngắn, mang theo 90 tấn nhiên liệu và một hệ thống phanh hư tổn nghiêm trọng, có khả năng nó sẽ không dừng lại sau khi đã chạy hết đường băng dài gần 5 km. Sân bay được yêu cầu phải huy động gấp đội xe cấp cứu và chờ đợi chiếc máy bay khổng lồ trở về.

Cuối cùng, chiếc máy bay cũng đã dừng lại được - cơ trưởng đạp gần lút cần phanh - khi chỉ còn lại hơn 120 m đường băng. Nhưng động cơ số một ở phía ngoài cánh trái vẫn không dừng lại. Động cơ số hai đã hư hại nghiêm trọng và không thể chạy nữa; các cáp điều khiển và mạch điện bị đứt và lộ ra ngoài, bởi một vật bí ẩn nào đó va vào cánh máy bay, thế nhưng động cơ số một vẫn tiếp tục quay.

Ngoài ra, nhiên liệu vẫn phun ra như suối từ các khe nứt trên bồn nhiên liệu gần động cơ số hai, và đáng lo nhất là hệ thống phanh ở mạn trái máy bay đang nóng đỏ vì quá nhiệt trong quá trình hạ cánh khẩn, với nhiệt độ lên tới gần 1.000 độ C theo thông báo trên màn hình buồng lái.

Một chi tiết hãi hùng khác: lốp máy bay bị thủng và rách toạc, và máy bay trượt trên đường băng hàng trăm mét trên lõi kim loại của bánh xe. Nếu chỉ một làn hơi xăng rò bị động cơ phản lực số một thổi tới các phanh và bánh xe đang nóng tóe lửa, nhiên liệu sẽ bắt cháy, và một vụ nổ kinh hoàng là không thể tránh khỏi: Những người có mặt chưa kịp thở phào vì hạ cánh an toàn đã phải đối mặt với cảnh tượng

chiếc máy bay bất động bị ngọn lửa thiêu rụi. Đó là một tình cảnh hỗn loạn và khủng khiếp trên mặt đất - còn tệ hơn rất nhiều so với trên không trung trước đó.

Lính cứu hỏa Singapore phải mất ba giờ mới hầm được động cơ đang cháy bằng cách xối thẳng hàng chục ngàn lít nước vào nó. Động cơ máy bay vốn được chế tạo để chống chịu mưa bão, nên việc nó chỉ đầu hàng một cơn mưa bão nhân tạo dữ dội là minh chứng cho chất lượng của động cơ Rolls-Royce Trent. Ngay sau khi động cơ ngưng và phanh được làm nguội nhờ hàng tấn bột và bột khô chữa cháy, hành khách, sau hai tiếng kẹt cứng trong bẫy lửa, được đưa ra ngoài, lật đật leo xuống những nấc thang nối vào các cửa mạn phải máy bay mà bình thường không dùng tới. 440 hành khách đều hoảng hốt nhưng không ai bị thương.

Cuối cùng, phi hành đoàn cũng hiểu được chuyện gì đã xảy ra. Trước mắt họ là cảnh tượng thảm khốc mà ngay cả những thành viên dày dạn kinh nghiệm nhất cũng hiếm khi được chứng kiến. Một phần ba đuôi nắp đầy động cơ số hai đã bị xé toạc và thổi bay, vỏ tua-bin động cơ bị lột ra, động cơ có hai lỗ thủng lớn do nổ trong. Khắp nơi là bồ hóng, dầu, dây rợ cháy đen, đường ống vỡ, và mảnh vụn cánh quạt rô-tor.

Một đĩa rô-tor nặng làm bằng kim loại đã văng ra ngoài; một nửa của nó bị xé vụn và những mảnh vụn sau đó được tìm thấy ở các ngôi làng trên Đảo Batam, và đập vào các tòa nhà nhưng rất may là không trúng ai.

Những gì vừa xảy ra là cơn ác mộng của mọi nhà sản xuất động cơ phản lực trên thế giới. Động cơ Rolls-Royce Trent 900 - cụ thể là phiên bản 972-84, với lực đẩy lên đến 30 tấn và ngốn của Qantas Airways 13 triệu đô-la - đã gặp phải một hiện tượng gọi là sự cố rô-tơ động cơ vỡ vỏ khi đang bay. Đây là một trường hợp đặc biệt hiếm gặp, nhưng nếu xảy ra thì cực kỳ nguy hiểm, khi các cấu phần kim loại nóng đỏ từ động cơ vỡ ra, thay vì ở lại bên trong vỏ kim loại của động cơ, chúng cắt qua vỏ và thoát ra ngoài, trở thành các mảnh đạn bắn phá cánh và thân máy bay.

Các bó dây cáp điện, bồn nhiên liệu, ống dẫn nhiên liệu và dầu, hệ thống thủy lực, hệ thống cơ, khoang điều áp chứa hành khách bên trong - tất cả đều có nguy cơ bị bắn phá và hư hại bởi các mảnh kim loại bay với tốc độ cao. Trong trường hợp của Qantas Flight 32, máy bay đã hứng chịu một trận mưa đạn. May sao, nhờ nỗ lực của một tổ lái giỏi (và đông đảo hơn thường lệ), hư hại và rủi ro đã được kiểm soát thành công.



Động cơ số hai hiệu Rolls-Royce Trent, được chụp sau khi chuyến bay Qantas Flight 32 hạ cánh an toàn xuống Singapore, bị phá hủy hoàn toàn bởi “sự cố rô-tơ vỡ vỏ” xảy ra bên trong động cơ khi máy bay đang ở độ cao gần 2km trên bầu trời Indonesia (bản quyền hình ảnh thuộc Cục An toàn Giao thông Australia)

Nhưng chính xác thì chuyện gì đã xảy ra trong động cơ dẫn đến thảm họa hụt này? Để tìm hiểu cặn kẽ, và để thăm dò bên trong cấu tạo rồi răm đến ác mộng của một động cơ phản lực hiện đại, chúng ta cần tìm tới lịch sử - quay trở về quá khứ chưa xa, khi hàng không vẫn là một thú vui của những tay chơi nghiệp dư, chứ không phải lãnh địa của riêng các hãng hàng không thương mại với những buồng lái số hóa đến chân răng.

Người phát minh ra động cơ phản lực là Frank Whittle, con trai cả của một công nhân nhà máy bông Lancashire mà sau đó chuyển sang làm thợ hàn. Một vài người khác cũng chế tạo động cơ phản lực, dù với kiểu động cơ phổ biến nhất ngày nay - kiểu động cơ đốt trong dùng không khí, sử dụng trong đa số máy bay phản lực hiện đại, chứ không phải kiểu động cơ phản lực tên lửa không dùng không khí - ngoài Frank Whittle chỉ có hai người được coi là nhà phát minh. Đầu tiên là Maxime Guillaume của Pháp, được chính phủ Pháp cấp bằng sáng chế số 534.801 cho động cơ tua-bin phản lực dành cho máy bay vào tháng 4 năm 1922. Thứ hai là Hans von Ohain, ở thành phố Dessau của Saxony, đưa ra một thiết kế dành cho “động cơ không cần cánh quạt” mà ông cho là hoàn toàn khả thi năm 1933, sau đó biến thiết kế của mình thành sản phẩm thực tế.



Frank Whittle nảy ra ý tưởng về động cơ phản lực khi còn là một học viên phi công. Bằng sáng chế của ông không được gia hạn vì ông không có tiền đóng lệ phí. Máy bay phản lực không cánh quạt đầu tiên của ông cất cánh vào tháng 5 năm 1941 (bản quyền hình ảnh thuộc Đại học Cambridge)

Nhưng cả sáng chế của người Pháp và nguyên mẫu của người Đức đều không trở nên phổ biến. Việc sản xuất một động cơ có khả năng hoạt động trong môi trường đặc biệt khắc nghiệt, chống chịu nhiệt độ cao ở tất cả các bộ phận, vượt quá năng lực kỹ thuật của châu Âu. Ngoài ra, cũng phải nói thêm rằng các phòng thí nghiệm của Mỹ vì lý do nào đó hoàn toàn không nhận thức được tiềm năng của động cơ tua-bin trong ngành hàng không và nước Mỹ hầu như không có nghiên cứu nào về chủ đề này cho đến tận những năm 1940.

Chỉ có Frank Whittle là tiếp tục theo đuổi ý tưởng này. Ông chỉ trích nặng nề bản chất lỗi thời của động cơ pít-tông chạy bằng cánh quạt, một chỉ trích vẫn còn vang dội đến ngày nay khiến ông bị đuổi việc. “Động cơ tịnh tiến đã hết tiềm năng,” ông tuyên bố. “Chúng có hàng trăm bộ phận di chuyển lên xuống và chúng ta không thể tăng công suất cho chúng mà không làm chúng trở nên quá phức tạp<sup>[\*]</sup>. Động cơ tương lai phải sản sinh ra 2.000 mã lực chỉ với một bộ phận di chuyển duy nhất: một tua-bin quay và máy nén.”

Các động cơ phản lực hiện đại có thể tạo ra hơn 100.000 mã lực - nhưng về cơ bản, chúng chỉ có một bộ phận chuyển động duy nhất: một trục chính, một rô-tơ dùng để quay và truyền động quay cho hàng loạt các chi tiết kim loại chính xác khác. Động cơ phản lực tuy vô cùng phức tạp nhưng lại đi ra từ một thiết kế tương đối đơn giản. Để đảm bảo vận hành hiệu quả, chúng được sản xuất từ những vật liệu quý hiếm, cấu thành từ các bộ phận chất lượng cao, ăn khớp nhau, và tuân theo những dung sai cực kỳ nghiêm ngặt. Frank Whittle đã dành mười năm để vượt qua những thách thức trên, kể từ thời điểm ông nảy ra ý tưởng vĩ đại của mình vào mùa hè năm 1928. Trong thời gian đó, ông gặp phải vô số chướng ngại và rào cản, nhưng không bao giờ bỏ cuộc.

Frank Whittle, cao 1,5 m, diện mạo có phần giống Charles Chaplin, là người ngắn nắp, kỹ tính, tràn trề năng lượng. Thời trẻ, ông là một phi công trình diễn và tay lái mô tô liều lĩnh, nổi phiền toái cho các thầy huấn luyện, và là một tài năng toán học hiếm có. Ý tưởng về động cơ phản lực của

ông bắt nguồn từ những tháng cuối cùng trong chương trình đào tạo sĩ quan không quân ở Cranwell, học viện Không quân Hoàng gia ở miền trung nước Anh. Thời đó, mỗi học viên phải viết một luận văn khoa học ngắn về chủ đề tự chọn, và luận văn của Whittle đã trở thành huyền thoại của ngành hàng không: với sự ngạo mạn của tuổi trẻ, ông đặt tên cho luận văn là “Tương lai phát triển của thiết kế máy bay”.

Khi ông tốt nghiệp Cranwell, máy bay dùng động cơ mới có tuổi đời khoảng một phần tư thế kỷ. Máy bay sử dụng trong chương trình đào tạo của các học viên như Whittle chủ yếu là các máy bay hai tầng cánh - với khung gỗ, không hề được tối ưu khí động, không có các cải tiến như hệ thống hạ cánh co rút được và ca-bin điều áp, bay ở tầm thấp, dò dẫm trên bầu trời với vận tốc hiếm khi vượt quá 320km/giờ. Các máy bay chiến đấu của Không quân Hoàng gia, có thể coi là tân tiến hàng đầu, có tốc độ trung bình khiêm tốn 240km/giờ và bay ở độ cao vài ngàn mét so với mực nước biển.

Khoa học viễn tưởng rất được hâm mộ vào thời đó, và với một độc giả như Whittle, người đã ngẫu nhiên tất cả các tác phẩm của H. G. Wells, Jules Verne và Hugo Gernsback mà ông tìm được, những cảnh kỳ diệu trong sách (bay tốc độ cao, vận tải hàng loạt, bay lên tầng bình lưu, lên mặt trăng, lên vũ trụ!) không chỉ là viễn cảnh, mà còn là những viễn cảnh *khả thi*. Whittle tin tất cả những gì các tác giả khoa học viễn tưởng viết đều có thể thực hiện được, nhưng không phải - ông quả quyết - bằng động cơ pít-tông tịnh

tiến đương thời. Cần có một kiểu động cơ mới và ưu việt hơn. Ông mô tả ý tưởng của mình trong luận văn tại Cranwell như sau:

*Tôi đi đến kết luận tổng quát rằng nếu muốn có đồng thời vận tốc cao và quãng đường di chuyển lớn, thì máy bay phải bay ở độ cao lớn, do mật độ không khí thấp sẽ giúp giảm lực cản tương đối so với vận tốc. Tôi đang nghĩ tới vận tốc 500 dặm/giờ trên tầng bình lưu, nơi mật độ không khí chưa tới một phần tư giá trị ở mực nước biển.*

*Tôi thấy tổ hợp động cơ pit-tông và cánh quạt thông thường khó có khả năng đáp ứng được nhu cầu về sức mạnh động cơ của một loại máy bay vận tốc lớn/độ cao lớn mà tôi đang hình dung, do đó khi thảo luận về động cơ máy bay, tôi đã mở rộng đáng kể phạm vi tìm kiếm, bàn về các khả năng của động cơ đẩy tên lửa và tua-bin khí điều khiển cánh quạt, nhưng lại chưa nghĩ đến việc sử dụng tua-bin khí cho động cơ phản lực.*

15 tháng sau, vào tháng 10 năm 1929, bức tranh mới trở nên hoàn chỉnh. Whittle khi này đã là một phi công đầy đủ chứng chỉ, đóng ở Cambridgeshire. Trong quá trình giảng dạy và huấn luyện bay, ông không ngừng suy ngẫm, tính toán và mường tượng về một loại động cơ có thể khiến máy bay di chuyển nhanh như chớp. Mọi thiết kế của ông đều liên quan tới một số loại động cơ pít-tông siêu nạp. Đồng

thời, ông nhận ra dù chỉ tăng công suất máy một chút để giúp tăng vận tốc máy bay, ông cần một động cơ lớn hơn và nặng hơn nhiều - có lẽ là quá lớn và quá nặng cho một chiếc máy bay. Ông chuẩn bị bỏ cuộc thì đột nhiên, vào một ngày tháng 10, một ý nghĩ lóe lên trong đầu ông: tại sao không sử dụng tua-bin khí làm động cơ, tại sao không thay thế cánh quạt ở đầu động cơ bằng một tua-bin có khả năng đẩy một luồng khí mạnh ra từ phía sau động cơ? Một ý tưởng làm thay đổi cả thế giới theo cách không thể tin nổi đã đến với Frank Whittle khi ông chỉ mới 22 tuổi.

Những kiến thức còn lưu lại từ trường lớp cũng như kỹ năng toán học sau này đã giúp ông nhận ra thứ động cơ phản lực mà ông đang nghĩ đến sẽ là bằng chứng sống cho Định luật về Chuyển động Thứ Ba của Issac Newton, được đưa ra vào năm 1686. Newton (tình cờ cũng là một người Cambridge) viết “với mỗi lực tác động lên một vật thể, sẽ có một phản lực ngược chiều có cùng độ lớn.” Theo định luật này, một luồng khí mạnh phón ra từ phía sau động cơ máy bay sẽ đẩy máy bay về phía trước bằng một lực tương tự, và tạo ra, ít nhất về lý thuyết, một tốc độ nằm ngoài tưởng tượng.

Hơn nữa, một tua-bin khí, về lý thuyết, có thể cho công suất lớn hơn nhiều một động cơ pít-tông, vì một lý do rất đơn giản. Thành phần tối quan trọng ở mọi động cơ đốt là không khí - không khí được hút vào động cơ, trộn với nhiên liệu, sau đó cháy hoặc nổ, biến nhiệt năng thành động năng và làm di chuyển các bộ phận chuyển động của động cơ. Nhưng lượng không khí hút vào một động cơ pit-tông bị giới

hạn bởi kích thước xi lanh và các yếu tố khác. Đối với tua-bin khí thì giới hạn này không tồn tại. Một quạt lớn ở miệng động cơ có thể hút được một lượng không khí vượt xa sức chứa của động cơ pít-tông – trung bình gấp khoảng 70 lần đối với các động cơ phản lực thời Whittle. 70 lần lượng khí không có nghĩa là 70 lần công suất – điều này còn phụ thuộc các yếu tố khác – nhưng 20 lần công suất là một con số hợp lý và khả dĩ chấp nhận.

Không ngạc nhiên khi các nhà nghiên cứu lịch sử công nghệ coi khoảnh khắc này là một bước đột phá, một khoảnh khắc ơ-rê-ka thực sự, một khoảnh khắc thay đổi tất cả. Và kể từ ngày mùa thu ấy, Frank Whittle đã dồn toàn bộ tâm trí vào việc tạo ra một tua-bin khí cho máy bay. Ông đã mất mười năm để xử lý những vấn đề kỹ thuật và thủ tục tưởng như bất tận, nhưng cuối cùng động cơ đầu tiên cũng được bắt cháy, và chính chiến tranh đã tạo ra những điều kiện quan trọng để thành tựu này ra đời.

Thoạt đâu không mấy người quan tâm: dù Whittle đã xoay sở đăng ký (và được cấp vào năm 1931) một bằng sáng chế cho “Các cải tiến liên quan tới sức đẩy của máy bay và các phương tiện khác,” và dù các đồng nghiệp của ông ở căn cứ không quân đã truyền tin ông đang nắm trong tay một phát minh đột phá, ông liên tục gặp các rào cản. Bộ Không quân đặc biệt tỏ ra thờ ơ, và ba hãng sản xuất động cơ máy bay lớn nhất của Anh đều khước từ. Năm 1935, khi phải gia hạn bằng sáng chế, ông không có đủ tiền để trả mức phí 5 bảng – Bộ Không quân khẳng định chắc nịch rằng họ sẽ không lấy ngân sách nhà nước để trả chi phí này. Whittle khi ấy đã tính

đến chuyện bỏ cuộc và đã có kế hoạch phát triển một thiết bị khác, không dành cho hàng không mà dành cho đường bộ. Ông để bằng sáng chế hết hạn - dù sao, ông chán nản nghĩ, nó cũng chẳng còn giá trị gì. Thế nhưng, khi bằng sáng chế hết hạn và ý tưởng không còn thuộc sở hữu độc quyền của ông, cả thế giới có thể sử dụng nó và điều này dẫn đến những thay đổi lớn.

Vì năm 1985, trong bối cảnh một nước Đức đang nhanh chóng quân sự hóa; Hans von Ohain và Công ty Heinkel bắt đầu có hứng thú với các động cơ phản lực; và Herbert Wagner, người phụ trách sườn máy bay ở nhà máy Junkers, quan tâm tới động cơ đẩy bằng tua-bin; các điều kiện chín muồi để phát triển động cơ tua-bin phản lực đã hội tụ. Không rõ sự quan tâm của Hans von Ohain và Herbert Wagner có đến từ việc hết hạn bằng sáng chế của Whittle không, nhưng thực tế là đến giữa thập niên 1980, chính phủ Đức đã bắt đầu sản xuất động cơ phản lực cho máy bay. Cùng lúc ấy, nước Anh, nơi cha đẻ của phát minh đang sống cùng gia đình chỉ cách thủ đô chưa đến 80 km, hơn nữa lại làm việc trong quân đội, không được cấp tiền bạc hay hỗ trợ gì cho ý tưởng của mình, vẫn cứ hững hờ.

Tất cả mọi thứ sẽ thay đổi khi dự án nhận được tài trợ và Whittle có thể bắt tay vào việc biến thiết kế của mình thành nguyên mẫu và kiểm tra xem ý tưởng có cất cánh được theo đúng nghĩa đen không. Người đặt cược vào Whittle là một hãng đầu tư mạo hiểm tên là O. T. Falk and Partners, vào năm 1985. "Máy bay tầng bình lưu?" một đối tác cao cấp của hãng, Lancelot Law Whyte, đã ghi chú như vậy vào ngày

11 tháng 9 năm đó, và nói ông đã “có cảm tình từ cái nhìn đầu tiên” với người sĩ quan trẻ. Tuy ghi chú của ông có dấu chấm hỏi ở cuối, ông sau đó kể với vợ rằng cảm giác của ông khi gặp Whittle (lúc này đang học tiến sĩ ở Cambridge trong thời gian nghỉ phép ở Không lực Hoàng gia) giống như “một người sùng đạo thời xưa gặp một vị thánh.” Những tưởng một câu chuyện có khởi đầu như vậy sẽ kết thúc trong nước mắt. Nhưng không, nó kết thúc trong thắng lợi, với vị thánh mang đến phép màu như mong đợi. Lancelot Law Whyte hóa ra là một người có tầm nhìn lớn và không đáng bị lãng quên. Ông từng là một nhà vật lý học, và hoàn toàn không phải loại chủ nhà băng tàn nhẫn; một người yêu ý tưởng của Whittle không vì lợi nhuận mà vì vẻ đẹp của nó, vì “trong mọi đột phá, sự phức tạp truyền thống đều được thay thế bằng một sự tinh giản mới mẻ. Đây là một đột phá đích thực trong thế giới khắc nghiệt của công nghệ.”

Hãng đã đề xuất ứng trước 3.000 bảng và thành lập một công ty cho Whittle với tên gọi dự định là Power Jets Limited. Các thành viên của công ty mới hầu như không có kinh nghiệm gì về hàng không – một trong các cổ đông lớn nhất đến từ lĩnh vực sản xuất máy bán thuốc lá – nhưng Frank Whittle được bổ nhiệm làm kỹ sư trưởng và là nhân viên duy nhất của công ty. Bộ Không quân (hiện quản lý Whittle vì lúc này ông vẫn là sĩ quan không quân) chấp thuận miễn cho ông các nhiệm vụ quân sự trong một thời hạn nhất định, tuy vẫn nhắc nhở rằng công việc của ông ở Power Jets chỉ là công việc phụ, và ông chỉ được đầu tư tối đa sáu giờ mỗi tuần cho dự án của mình.

Tuy sự hậu thuẫn của Bộ Không quân không thể coi là nhiệt tình nhưng mang tính chính thức<sup>[\*]</sup>, và nó tạo điều kiện cho Whyte tiến hành các bước tiếp theo, ông lập tức ký hợp đồng với nhà sản xuất tua-bin British Thomson-Houston (BTH)<sup>[\*</sup>] để chế tạo động cơ theo chỉ định kỹ thuật mà Whittle đưa ra. Động cơ này cần một tua-bin quay với tốc độ 17-750 vòng/phút, truyền động cho máy nén và tạo ra 500 mã lực, đảm bảo luồng khí ra có đủ lực để đẩy một máy bay thư tín nhỏ. Động cơ được đặt tên là WU, viết tắt của “Whittle Unit”. Whittle dự tính nó sẽ cho phép máy bay chuyển vài tấn bưu phẩm qua Đại Tây Dương trong thời gian sáu tiếng đồng hồ không dừng nghỉ.

Sau 80 năm nhìn lại, chúng ta khó có thể mường tượng hết tính cách mạng trong ý tưởng của Whittle. Động cơ tua-bin phản lực không phải là phát minh ra đời ngẫu nhiên. Nó đem lại phương thức di chuyển hoàn toàn mới, ra đời sau quá trình tính toán, dự trù, xem xét hết sức kỹ lưỡng. Sự ra đời của nó đánh dấu bước nhảy vọt của công nghệ chính xác từ mặt đất lên không trung. Đó một thiết bị tuyệt diệu, và tuy có ý kiến cho rằng nhân loại đã dùng động cơ phản lực để tàn phá hành tinh, bản thân cỗ động cơ vẫn là tạo vật duyên dáng và toàn vẹn hàng đầu của thời hiện đại.

Nguyên tắc hoạt động cơ bản của động cơ tua-bin đã được làm rõ trước đó, và tua-bin vốn dĩ được sản xuất không chỉ ở các hãng của Anh như British Thomson-Houston mà còn ở nhiều nước khác. Tua-bin khí đã hiện diện trong tàu thủy, nhà máy phát điện, nhà máy công nghiệp. Sự đơn giản trong nguyên tắc hoạt động của nó là thứ khiến tua-bin trở

nên đặc biệt hấp dẫn đối với các ngành công nghiệp. Không khí được hút qua một cửa hút ở mặt trước động cơ và ngay lập tức được nén lại, tăng nhiệt độ, trộn với nhiên liệu và cho bắt cháy.

Đó là một hỗn hợp khí nén rất chặt, ở nhiệt độ rất cao, sẽ “nổ” có kiểm soát, từ đó làm quay cánh quạt tua-bin. Sau đó, tua-bin thực hiện hai chức năng. Thứ nhất, nó sử dụng một phần nhỏ công sinh ra để chạy khói nén khí, chính là bộ phận hút và nén không khí mô tả ở trên. Thứ hai, phần lớn công còn lại sẽ được sử dụng để thực hiện chức năng chính của động cơ, chẳng hạn để quay chân vịt tàu thủy, máy phát điện, bánh xe của đầu máy xe lửa, hoặc để truyền động cho hàng ngàn máy móc trong một nhà máy. Nói cách khác, hóa năng trong hỗn hợp không khí và nhiên liệu chuyển thành cơ năng, là thứ cần có để chạy tàu thủy và máy móc nhà máy. Nếu cơ năng được cấp cho máy phát điện thì năng lượng lại chuyển dạng lần thứ hai từ cơ năng thành điện năng.

Frank Whittle chỉ quan tâm tới việc chuyển hóa năng thành cơ năng. Điện nằm ngoài mối quan tâm của ông. Nhưng ông muốn cơ năng làm được nhiều hơn việc truyền động cho trực quay. Ông muốn nó tạo ra một luồng khí phản lực mạnh mẽ - và hơn nữa, muốn động cơ phải có khối lượng đủ nhẹ để có thể bay trên không trung, hiệu suất đủ cao để đem lại hiệu quả kinh tế. Để thỏa mãn các điều kiện đó, các cấu phần của động cơ phải được chế tạo cực kỳ tỉ mỉ, tuân theo những tiêu chuẩn đặc biệt nghiêm ngặt, và có khả năng vận hành trong những môi trường khắc nghiệt

nhất. Đây là mục tiêu Power Jets và BTH đặt ra, bắt đầu từ năm 1936. Đó là một thử thách kỹ thuật khổng lồ, và cùng lúc đó mối đe dọa từ Hitler bắt đầu hiện rõ.

Nhiệt có lẽ là vấn đề nan giải nhất. Buồng đốt của động cơ tạo ra nhiệt độ cao hơn nhiệt độ trong các lò nung và nồi hơi thời ấy. Ổ bi là một vấn đề khác tiếp theo - chưa ai phát minh ra được một ổ bi có thể hoạt động trong nhiệt độ và áp suất ở mức dự tính trong tâm của động cơ phản lực. BTH tiến hành một loạt thí nghiệm - thí nghiệm đốt ở các nhiệt độ khác nhau, kiểm tra điểm tới hạn của ổ bi, tạo ra các cột khí xả thải cuồn cuộn và các vũng nhiên liệu đầy nguy hiểm, và thật nhiều, thật nhiều các cú nổ - nhưng không ai nắm rõ chuyện gì đang xảy ra vì tất cả được coi là thông tin tối mật.

Đợt chạy thử nghiệm động cơ hoàn chỉnh đầu tiên suýt nữa là một thảm họa. Đợt thử nghiệm diễn ra vào tháng 4 năm 1987, tại một nhà máy nằm ngoài thị trấn Rugby miền trung nước Anh, một nơi được trang bị kỹ lưỡng phòng sự cố vì một mảnh tua-bin bắn ra từ động cơ có thể gây chết người. Trong một sự cố xảy ra vài tuần trước, một tua-bin thông thường đã phát nổ và hàng loạt mảnh kim loại nóng đỏ văng xa đến 3,2 km, khiến một số người gần đó tử vong. Thế nên, lần này động cơ thử nghiệm được đặt trên một xe tải (phải tháo bánh vì chỉ riêng mô-tơ khởi động của nó đã nặng đến hai tấn) và được che chắn bởi ba vách sắt dày vài phân, ống xả phản lực được ròng qua một cửa sổ và điều khiển mô-tơ khởi động đặt cách đó vài mét. Whittle ra hiệu lệnh bằng tay cho những kẻ quả cảm hoặc khờ dại nhận nhiệm vụ vận hành động cơ.

Báo cáo của Whittle không giống với kiểu báo cáo súc tích và khách quan thường thấy ở một phi công lái thử giàu kinh nghiệm:

*Tôi bật bơm nhiên liệu. Sau đó, một trong các nhân viên thử nghiệm kích hoạt khớp nối khởi động (được thiết kế để tắt ngay khi rô-tơ chính của động cơ chạy vượt mô-tơ khởi động) và tôi ra hiệu lệnh cho người trực ở bảng điều khiển khởi động.*

*Mô-tơ khởi động bắt đầu quay. Khi tốc độ đạt khoảng 1.000 vòng/phút, tôi mở van điều khiển để nhiên liệu đi vào bộ đốt mỗi trong buồng đốt, và quay nhanh tay cầm của ma-nhê-tô để bắt cháy hỗn hợp sương nhiên liệu phun ra từ bộ đốt mỗi này. Một người khác, quan sát buồng đốt qua một cửa sổ thạch anh, ra hiệu “ổn” cho tôi, chỉ lửa mỗi đã bắt cháy.*

*Tôi ra hiệu tăng tốc độ quay của mô-tơ khởi động, và khi tốc kế vòng chỉ 2.000 vòng/phút, tôi mở van điều khiển nhiên liệu chính.*

*Trong một đến hai giây, động cơ tăng tốc chậm rãi, sau đó, phát ra một tiếng hú như tiếng còi báo động máy bay địch, tốc độ bắt đầu tăng nhanh chóng, và trên vỏ buồng đốt bắt đầu xuất hiện các khoảng nóng đỏ. Động cơ rõ ràng đã mất kiểm soát. Tất cả nhân sự BTH, nhận ra điều này, lao vào nhà máy từ nhiều hướng. Một số người trú ẩn sau các vỏ xả động cơ hơi nước gần đó - một loại phương tiện che chắn hữu ích. Tôi lập tức vặn đóng van điều khiển nhưng không hiệu*

*quả và tốc độ tiếp tục tăng, nhưng may sao vận tốc dừng tăng khi đạt 8.000 vòng/phút, sau đó giảm dần. Không cần nói cũng biết chuyện này làm thán kinh của tôi tổn hao đáng kể. Tôi hiếm khi sợ hãi như thế.*

Sự cố tái diễn vào ngày hôm sau, các luồng lửa phun ra từ ống xả phản lực và hơi rò từ các khớp nối tiếp xúc với kim loại nóng đỏ trong buồng đốt và bắt cháy. Lửa nhảy múa trong không trung và nhân viên của BTH biến mất “còn nhanh hơn cả hôm trước”.

Nhưng, như Whittle nói, sau khi bình tâm lại nhờ vài ly vang đỏ ở một khách sạn địa phương, các sự cố này không khó lý giải và ông tin vấn đề sẽ được giải quyết. Nhưng ông đã quá lạc quan, và sau hết cuộc thử nghiệm thất bại này đến cuộc thử nghiệm thất bại khác suốt mùa hè năm 1937, ông đi đến kết luận động cơ phải được thiết kế lại từ đầu. Nhưng tiền đã cạn. Bản thân Whittle gần như hoảng loạn và cả dự án sắp sửa phải đóng lại. Ngoài ra, việc thử nghiệm đã trở nên quá nguy hiểm, đến độ BTH yêu cầu các thử nghiệm sau đó phải diễn ra ở một nơi cách nhà máy của họ hơn chục cây số, tại một xưởng đúc bỏ hoang gần thị trấn Lutterworth.

Và đó chính là thời điểm tình thế xoay chuyển. Bộ Không quân đã quyết định đầu tư vào dự án một khoản khiêm tốn, chủ yếu nhờ lời ca tụng của Henry Tizard về tài năng của Whittle và danh tiếng của Tizard đủ lớn để tới tai những quan chức cao cấp nhất của chính phủ. BTH cũng góp vốn và một đợt thử nghiệm mới cho động cơ tái thiết kế được

bắt đầu vào tháng 4 năm 1938. Cuộc thử nghiệm đầu tiên kết thúc khi một chiếc giẻ lau bị hút vào động cơ qua quạt nén. Vào tháng 5, động cơ đạt tốc độ 13.000 vòng/phút, tuy nhiên nó bị dừng đột ngột vì chín cánh quạt tua-bin bị vỡ, long khỏi vòng đệm, bắn xuyên qua động cơ. Lại mất thêm bốn tháng để chế tạo lại động cơ và lần này các kỹ sư trang bị cho động cơ mười buồng đốt thay vì một buồng. Các buồng đốt bao quanh rô-tơ như các gối cách nhiệt và tạo cho động cơ một vẻ ngoài cân xứng và kỳ vĩ, và trớ trêu thay, có nét tương đồng với các động cơ pít-tông hướng tâm mà nó tìm cách thay thế.

Cuối cùng thì động cơ ở phiên bản này đã vận hành như thiết kế. Ngày 30 tháng 6 năm 1939, chưa đến mười tuần trước khi Thế chiến thứ II nổ ra, một quan chức Bộ Không quân tới Lutterworth để kiểm tra động cơ, chứng kiến nó chạy trong 28 phút ở vận tốc ổn định 16.000 vòng/phút, và ra một quyết định hệ trọng. Thiết kế của Whittle sẽ được dùng cho một máy bay thực; và không lâu sau, Công ty Máy bay Gloster<sup>[\*]</sup> được đặt sản xuất một máy bay thử nghiệm chạy bằng động cơ mới. Động cơ được đặt tên W1X còn máy bay được đặt tên Gloster E28/39.

Giám đốc kỹ thuật của Gloster, một kỹ sư hay ngậm tẩu, diện mạo nghiêm nghị, tên là George Carter, nhận trách nhiệm thiết kế máy bay mới. Do Bộ Không quân muốn có một máy bay thử nghiệm kiêm một máy bay chiến đấu, nó sẽ phải được trang bị bốn súng và phải mang được đạn dược. Nhưng Carter tranh luận máy bay thử nghiệm phải nhỏ và nhẹ, chỉ nặng trên một tấn, và cuối cùng đã thuyết

phục được chính phủ không trang bị vũ khí cho hai nguyên mẫu đầu tiên. Quá trình sản xuất bắt đầu từ năm 1940, lúc này thế chiến đã vào giai đoạn nóng bỏng và Luftwaffe (Không quân Đức) đang dội bom xuống các thành phố của Anh. Gloster, với một nhà máy quá dễ phát hiện và một sân bay ngay gần trụ sở, quyết định chuyển địa điểm dự án tối mật này tới một phòng trưng bày ô tô bỏ hoang, tên là Recent Garage, gần thành phố Cheltenham. Một sĩ quan cảnh sát vũ trang đứng gác bên ngoài và bên trong là một đội thợ làm việc để hoàn thiện cỗ máy. Người Đức không bao giờ phát hiện được địa điểm này.

Trong khi chiếc máy bay phản lực đầu tiên của Anh còn đang được thai nghén thì máy bay động cơ tua-bin phản lực đầu tiên của Đức đã được đem ra thử nghiệm vào ngày 27 tháng 8 năm 1939, một tuần trước khi chiến tranh nổ ra. Đó là chiếc Heinkel He 178 với động cơ được chế tạo dựa trên thiết kế của Hans von Ohain từ năm 1933, như đề cập ở trên. Tuy nhiên, Chính phủ Đức không mấy ấn tượng với chiếc máy bay này, chê nó chậm chạp và chỉ có thể giao tranh trong vài phút. Berlin cuối cùng cũng ngả theo ý kiến động cơ phản lực quá hao nhiên liệu (một lời khuyên dành cho Hitler từ nhà thiết kế máy bay vĩ đại người Đức Willy Messerschmitt). Và thế là dự án Heinkel, do tư nhân đầu tư và phát triển, tuy có thể coi là máy bay phản lực đầu tiên, vĩnh viễn thất bại.

Ở Anh, bức màn được vén lên vào đầu mùa xuân năm 1941, hé lộ một chiếc máy bay nhỏ nhắn, nhẵn bóng, tròn trịa tựa một máy bay đồ chơi, trên mũi là một lỗ hút gió

đường kính 0,3 m - và không thấy cánh quạt nào hết! - cùng một ống phản lực ở đuôi, hai cánh, buồng lái cửa trượt, và hầu như không có gì khác. Bộ càng hạ cánh thấp và có thể thu lại được - máy bay không cần có khoảng cách lớn so với đường băng vì không có cánh quạt nào để va chạm vào mặt đường. Tóm lại, chiếc Gloster E28/39 - đơn hàng chính phủ số 28; năm sản xuất 1939 - là hiện thân của sự đơn giản, cả trong diện mạo, thiết kế và chi phí.

Máy bay được hoàn thiện trước động cơ vài tháng, khi ấy động cơ của Whittle vẫn còn vô số vấn đề đòi hỏi tinh chỉnh. Có lúc, toàn bộ động cơ được lắp vào cụm đuôi một máy bay ném bom Wellington cỡ lớn (tháp pháo được thay thế bằng đường ống dẫn khí) để kiểm tra khả năng vận hành ở độ cao lớn. Động cơ hoạt động tốt. Sau đó, nó được tháo khỏi máy bay ném bom và chở bằng xe tải tới một sân bay thử nghiệm của Gloster gần làng Cotswold, Brockworth, ngày nay nổi tiếng với cuộc thi đuổi phô mai tổ chức mỗi mùa hè, trong đó những người dân địa phương say xỉn cố đuổi theo một chiếc bánh phô mai khổng lồ lăn dọc sườn đồi. Ở đó, động cơ cuối cùng cũng được lắp vào máy bay của George Carter: đặt sau lưng phi công, ngăn cách bởi một bồn nhiên liệu.

Không như phô mai, chiếc máy bay chỉ được di chuyển trên mặt đất trong những lần thử nghiệm đầu tiên, chủ yếu để kiểm tra khả năng chạy trên đường băng khi cất và hạ cánh. Nhưng phi công lái thử nghiệm, Gerry Sayer, vì phấn khích với van tiết lưu quá mượt mà của máy bay và gia tốc cực lớn mà không bị rung của động cơ, đã cho máy bay

nhảy cóc cả trăm mét trên đường băng. Ai nấy đều sững sốt và một kỹ sư người Mỹ đứng trên cánh của máy bay ném bom Stirling suýt nữa đã ngã xuống đất vì ngạc nhiên khi thấy một máy bay không cánh quạt bay lên, dù chỉ trong vài giây. Người này tự nhủ mình đã nhìn nhầm. Gián điệp Đức có thể ở bất cứ nơi đâu.

Cuối cùng, chiếc máy bay (với cái tên bán chính thức là Pioneer, một cái tên tuy nghe trọng đại nhưng cuối cùng lại không được nhớ tới) được đưa đến sân bay ở Cranwell, nơi đào tạo cũ của Whittle. Nơi này bằng phẳng hơn (ít đồi để lăn phô-mai hơn), vắng người hơn, và do đó dễ giữ bí mật hơn.

Vì đây là nước Anh nên đương nhiên chương ngại tiếp theo là thời tiết. Ngày được chọn, 15 tháng 5 năm 1941, là một ngày lạnh lẽo và âm u. Whittle rời đó để tới nhà máy lắp ráp động cơ, vì ông phải tập trung vào thế hệ động cơ thứ hai mà Không quân đã chọn để đưa vào các chiến cơ mới với cái tên tương lai là Gloster Meteor. Nhưng ông vẫn để ý thời tiết và khi bầu trời lộ ra những khoảnh xanh ngắn, ông biết buổi tối trời sẽ quang mây. Ông lao về Cranwell như một cơn gió.

Ông đến vừa kịp lúc. Đúng như ông đoán, Gerry Sayer đã đưa máy bay lên đường băng dài phía đông-tây. Whittle, thở dốc, cùng các cộng sự ở Power Jets đi xe tới trung điểm đường băng, quan sát Sayer điều hướng chiếc máy bay nhỏ nhắn theo chiều những cơn gió lạnh buốt thổi về phía Tây.

Chuẩn bị cho tốc độ cao, Sayer đóng nắp buồng lái, điều chỉnh cho mũi hơi hướng xuống và thu cánh tà. Sau đó, anh đạp phanh và bắt đầu tăng tốc động cơ. Khi động cơ đã chạy ro ro, anh nhả pê-đan. Máy bay phóng về phía trước và bắt đầu tăng tốc về hướng mặt trời lặn. Lúc này là 7 giờ 40 phút tối. Trời bắt đầu chập choạng. Whittle quan sát, nắm chặt tay vì bồn chồn.

Sau khoảng gần 500 m tăng tốc đều, động cơ rền vang và lửa phụt ra từ ống phản lực sau, Sayer nhả cần. Chiếc máy bay, với đôi cánh hoạt động hệt như trong sách giáo khoa và động cơ liên tục sản ra 500 mã lực không chút nao núng, nhẹ nhõm cất cánh bay lên bầu trời buổi tối. Trong vài giây, chiếc Pioneer đã ở độ cao hơn 300m, và những người quan sát dưới mặt đất có thể nhìn thấy Sayer dùng bộ tích thủy lực để thu càng. Đột nhiên, chiếc máy bay, giờ đang tạo ra một vệt khói đen mờ, trông như một viên đạn bắn qua những làn mây.

Whittle và cộng sự chỉ còn nghe thấy tiếng gầm động cơ – một động cơ phản lực đầu tiên bay trên bầu trời nước Anh và cũng là động cơ đầu tiên được sự bảo trợ chính thức của chính phủ một quốc gia, một tổ hợp cơ khí chính xác gồm máy nén, tua-bin, hỗn hợp xăng và Định luật thứ ba của Newton. Những phút tiếp theo, những âm sắc và âm lượng của chiếc máy bay cho thấy Gerry Sayer đang rất thích thú với cỗ máy của mình, đang hoàn thành xuất sắc nhiệm vụ của một phi công lái thử nghiệm theo trường phái cũ, và đồng thời chính thức khởi động Thời đại Phản lực.

Sau khoảng 15 phút, Whittle và cộng sự nghe thấy âm thanh to dần từ hướng Đông, rồi họ thấy chiếc máy bay, lấp lánh trong nắng cuối chiều, chuẩn bị hạ cánh. Họ thấy nó hạ càng, hạ cánh tà và tấm điều chỉnh, giảm tốc, vào góc hạ cánh, và rồi chỉ cách mặt đường ướt nước không quá 3 m, di chuyển từ tốn đến mức như đang lơ lửng trên mặt đất. Lúc này, Sayer hạ công suất động cơ và chiếc máy bay bước vào những giây cuối cùng của chuyến bay thử nghiệm đầu tiên, nhẹ nhàng đáp xuống đường kẻ giữa, càng bánh xe nảy lên khi tiếp đất. Máy bay di chuyển tới chiếc ô tô đang chờ và dừng lại, tắt ga và chìm vào im lặng. Không có một âm thanh nào ngoại trừ tiếng ồn radio từ tháp điều khiển, tiếng lách tách của kim loại nguội đi trên thân máy bay - đó là một đêm lạnh lẽo và các bộ phận của động cơ vẫn còn rất nóng - và tiếng cỏ sân bay rì rào trong gió, cuối cùng là tiếng bước chân vội vã.

Họ lao tới chiếc máy bay. Frank Whittle, người mà 13 năm trước đã nảy ra ý tưởng về một kiểu động cơ mới và đã chiến đấu không ngừng để biến nó thành hiện thực, và George Carter, người đã thiết kế chiếc máy bay tí hon để mang cỗ động cơ ấy lên bầu trời cũng như vào sử sách, chạy băng qua đường băng, về phía Gerry Sayer và bắt tay anh để chúc mừng cũng như để bày tỏ sự nhẹ nhõm. Đó là mùa xuân năm 1941. Một kỷ nguyên mới đã mở ra.

Thế nhưng, không có đoàn làm phim nào của Bộ Thông tin đến quay lại, không có phóng viên nào viết bài, không ai từ BBC, không nhiếp ảnh gia trừ một thợ ảnh nghiệp dư với

những tấm hình nhòe trong đó Whittle, cười tươi rói, với tay quay vành buồng lái, chúc mừng và cảm ơn viên phi công.

**PHẢI ĐẾN KHI MỪNG NĂM MỚI 1944**, tròn hai năm tám tháng sau đó, công chúng Anh mới được biết đến phát minh này, mới nhận thức được rằng một thời đại mới đã bắt đầu. “Máy bay đẩy phản lực,” tờ *Times* giật tít trên trang 4. “Phát minh thành công của người Anh”: “Sau nhiều năm thử nghiệm, nước Anh nay đã có một máy bay chiến đấu sử dụng một phương thức chuyển động mang tính cách mạng, sự hoàn thiện của động cơ này là một trong những bước nhảy vọt vĩ đại nhất trong lịch sử ngành hàng không. Hệ thống mới, gọi là đẩy phản lực, không cần đến động cơ truyền thống và cũng như cánh quạt.”

Tên của Frank Whittle được nêu ở đoạn thứ tư, cùng với thông tin chính phủ Mỹ đã biết đến thành công này chỉ vài tuần sau khi cuộc thử nghiệm kết thúc, vào tháng 7 năm 1941. Vậy mà công chúng Anh, người tài trợ cho dự án, mãi mới được biết. Người Mỹ cũng được nghe tin về cỗ động cơ cùng ngày với người Anh; ngày 6 tháng 1 năm 1944.

Frank Whittle, thoát đầu nhận nhiều khen thưởng – Vua George VI ban cho ông tước hiệu hiệp sĩ – và thậm chí có phần được tôn sùng, lại không có quãng đời hạnh phúc sau chiến tranh mà ông đáng được hưởng. Power Jets bị công hữu hóa, kỹ sư trưởng của nó bị cho về hưu sớm. Ông dành phần đời còn lại để ngao du, giảng dạy, viết lách, và đặc biệt tự hào vì được bầu làm Thành viên Hiệp hội Hoàng gia. Ông giành được nhiều giải thưởng, giải lớn nhất có giá trị

nửa triệu đô-la, và hào phόng chia nửa giải thưởng với Hans von Ohain, nhà phát minh người Đức với chiếc máy bay động cơ Heinkel - chiếc máy bay đầu tiên bay bằng động cơ phản lực. Whittle cổ vũ cho việc xây dựng một máy bay chở khách siêu thanh, và đã quấy rầy các quan chức từ rất lâu trước khi chiếc Concorde là ý tưởng trên bảng vẽ. Nhưng không ai lắng nghe và đến năm 1976, hôn nhân tan vỡ, ông quyết định di cư sang Mỹ, sống những năm cuối đời ở ngoại ô Washington, DC.

Thi thoảng ông cũng quay lại quê nhà. Ông về Anh để nhận Huân chương Vinh công từ Nữ hoàng Elizabeth năm 1986; để dự lễ kỷ niệm 50 năm của công ty cũ mà ông sáng lập năm 1987; và với con trai Ian Whittle làm phi công, ông tới London, sau đó bay chuyến bay thẳng Cathay Pacific 747 đến HongKong.

Một chi tiết nhỏ khiến chuyến bay này trở nên đáng nhớ. Khi ấy, Kai Tak là sân bay thương mại duy nhất ở HongKong, vẫn còn là thuộc địa của Anh và phần lớn các chuyến bay đến phải thay đổi khẩn cấp hướng bay vào phút cuối để được hạ cánh an toàn. Máy bay của Whittle nhận lệnh đi vào không phận HongKong từ hướng tây và, trong lúc giảm độ cao nhanh chóng, hướng thẳng về một bảng ca-rô trăng đỏ khổng lồ sơn trên vách đá ở một sườn núi. Khi máy bay chỉ còn cách đó chưa đầy 2 km, không đến 20 giây trước khi va vào vách núi, viên phi công phải quanh gấp một góc 37,5 độ về bên phải, một thao tác nếu thực hiện thành công sẽ cho phép máy bay đi vào đường băng số 013 của Kai Tak.

Những người không được cảnh báo trước sẽ không khỏi hoảng hốt - và Frank Whittle, người đang yên vị sau con trai trong buồng lái và chuẩn bị hạ cánh như thường lệ, cũng cảm thấy bồn chồn khi máy bay dường như không thể tránh khỏi va chạm. Nhưng thao tác này vốn luôn được thực hiện hoàn hảo bởi các phi công có kinh nghiệm với sân bay kỳ lạ này (bao gồm con trai Whittle), và vài giây sau, máy bay hạ cánh chính xác như kế hoạch.

CHIẾC MÁY BAY hôm đó được trang bị bốn động cơ phản lực Rolls-Royce<sup>[\*]</sup>, tất cả đều vận hành hoàn hảo để có thể thực hiện màn thao tác đầy kịch tính trên. Cũng chính một động cơ phản lực Rolls-Royce, nhưng là một phiên bản mạnh mẽ hơn nhiều, được chế tạo cho những máy bay lớn hơn nhiều, là nguyên nhân gây ra tai nạn trên bầu trời Indonesia gần một phần tư thế kỷ sau đó. Giám định chính thức, công bố tại Australia ba năm sau vụ tai nạn, làm rõ phần nào những thách thức kỹ thuật gai góc trong việc sản xuất một động cơ phản lực công suất cao, vận hành tốt.

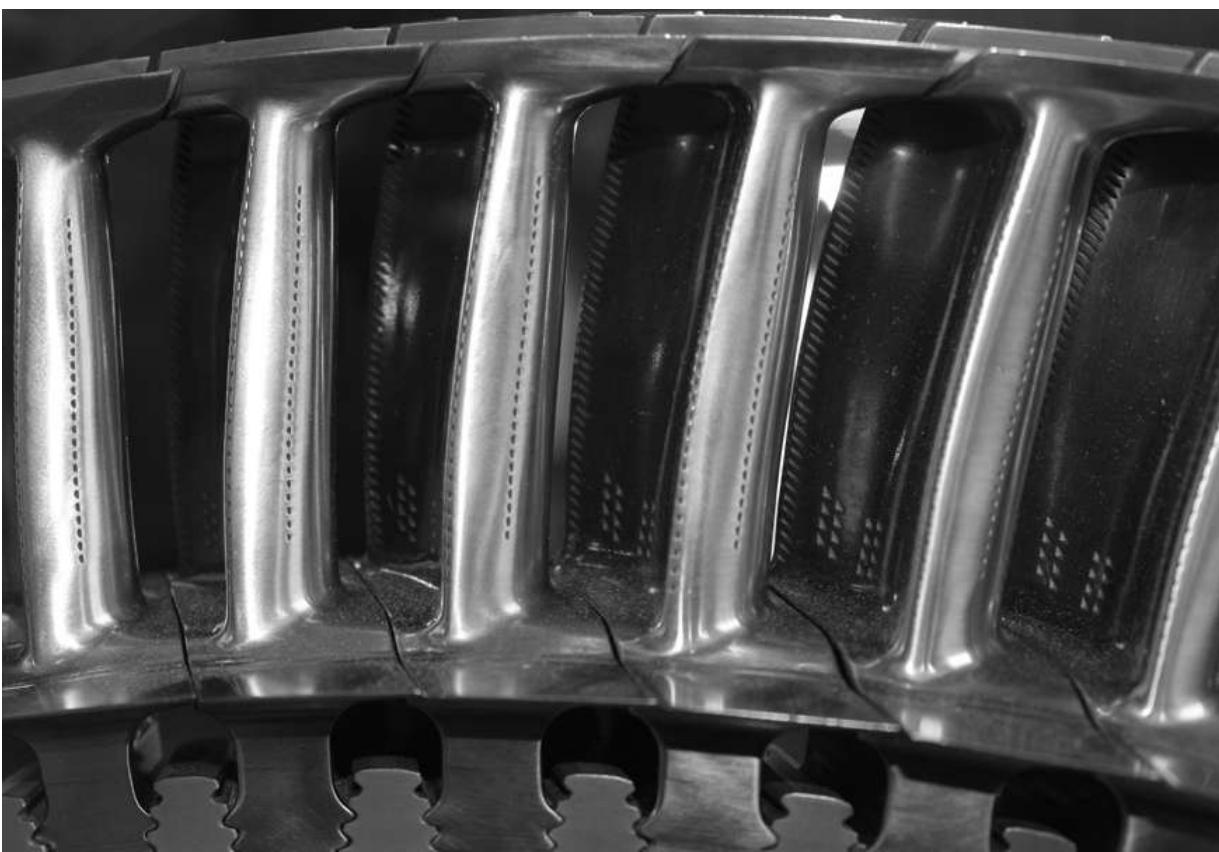
Động cơ phản lực hiện đại, nếu soi xét kỹ, là một hệ thống vô cùng phức tạp, nhưng nếu nhìn từ bên ngoài, ta dễ tưởng nó là một thứ đơn giản, với nắp ngoài trơn láng; với các cánh quạt mượt mà và âm thanh trầm vang ngay cả khi hoạt động ở công suất tối đa. Nhưng nếu tháo vỏ ra, chúng ta sẽ thấy bên trong nó là một mê hồn trận những cánh quạt rô-tơ, đường, đĩa, ống và cảm biến, cùng một búi dây nhẹ, rối rắm đến mức khó có thể tưởng tượng chúng có thể hoạt động hài hòa mà không va chạm hay cắt đứt các bộ phận khác bên cạnh trong không gian chật hẹp ấy. Thế

nhưng động cơ vẫn hoạt động, mọi bộ phận của nó vẫn thực hiện đúng chức năng như thiết kế, trong những môi trường khắc nghiệt nhất. Và không ở đâu khắc nghiệt bằng môi trường cao áp trong tua-bin, bộ phận lớn nhất, trơn láng nhất và trong mắt người không chuyên có vẻ “hiền lành” nhất, vì họ không thấy cấu phần nào trong đó chuyển động (ví dụ như cánh quạt) hay phát ra tiếng ồn (ví dụ như khí thải phut ra).

Một động cơ phản lực hiện đại có hàng loạt cánh quạt kích cỡ khác nhau, xoay theo nhiều hướng, thực hiện hàng loạt chức năng để đưa chiếc máy bay nặng hàng trăm tấn lên bầu trời. Nhưng các cánh quạt của tua-bin áp suất cao mới thực sự là kỳ quan của công nghệ – bởi chúng không những quay với tốc độ đáng kinh ngạc, và nếu quay ở tốc độ cao nhất, mỗi cánh sẽ sản sinh ra công suất ngang tầm công suất của một chiếc xe đua Công thức Một, mà còn phải hoạt động trong một luồng khí có nhiệt độ cao hơn nhiều so với nhiệt độ nóng chảy của chính kim loại làm nên chúng. Vậy thì vì đâu mà các cánh quạt không nóng chảy? Vì đâu chúng không long ra và phá hủy động cơ, giết chết hành khách? Thật kỳ lạ: một thứ làm bằng kim loại cứng thông thường có thể tiếp tục hoạt động ở nhiệt độ mà đáng lẽ theo các quy luật vật lý cơ bản thì đã phải bị tan chảy và biến thành chất lỏng rồi. Đây chính là bài toán then chốt trong hoạt động của một động cơ phản lực hiện đại.

Bài toán được giải quyết về cơ bản như sau: các cánh quạt có thể được làm mát nếu được bổ sung một công đoạn gia công cơ khí đặc biệt chính xác, cho phép chúng duy trì

chức năng nhiều giờ khi máy bay đang ở trên bầu trời và động cơ hoạt động hết công suất. Công đoạn này bao gồm việc khoan hàng trăm lỗ tí hon ở mỗi cánh và tạo bên trong mỗi cánh một mạng lưới hàng trăm đường hầm tản nhiệt tí hon, với kích cỡ và dung sai mà một vài năm trước đó còn nằm ngoài sức tưởng tượng.



### **Cánh quạt của tua-bin**

Năm cánh quạt tua-bin áp suất cao nối với nhau trong một động cơ phản lực, được làm từ hợp kim titan đơn tinh thể, với các lỗ tí hon cho phép lưu thông không khí làm mát, ngăn chúng bị nung chảy trong điều kiện nhiệt độ chết chóc (bản quyền hình ảnh thuộc Michael Patzold/ Creative Commons BY-SA-3.0 de)

Cú hích cho toàn bộ công đoạn ở trên dĩ nhiên đến từ thương mại - dù các nhà sản xuất động cơ phản lực làm việc

bí mật cho “phe hắc ám”, cung cấp công nghệ cho máy bay ném bom, máy bay chiến đấu tàng hình và những thứ tương tự, cũng có những đóng góp nhất định – nhưng họ không thể tiết lộ. Các cánh quạt tua-bin bắt đầu được cải tiến hiệu suất từ thập niên 1950, ngay sau khi các máy bay động cơ pít-tông bắt đầu biến mất khỏi bầu trời và ngay sau khi động cơ phản lực, vốn được chế tạo cho mục đích quân sự, bắt đầu được tái thiết kế phục vụ hiệu quả kinh tế khi sử dụng để vận chuyển hành khách và hàng hóa đường dài ở vận tốc lớn. Các máy bay như Viscount, Comet, Tupolev Tu-104, Convair 880, Caravelle, Douglas DC-8, và từ năm 1958, chiếc máy bay thân hẹp phản lực nổi tiếng nhất, Boeing 707, bắt đầu tràn ngập bầu trời. Động cơ trang bị cho chúng (De Havilland Ghost; JT3C và JT3D của Pratt and Whitney; Avon, Spey và Conway của Rolls-Royce; và 200 chiếc Tupolev Tu-104s của Liên Xô, động cơ Mikulin AM-3 ít được biết tới) là những cỗ máy tân tiến nhất thời đó đạt đến đỉnh cao của nghệ thuật chính xác.

So với các tiêu chuẩn ngày nay thì chúng còn tương đối sơ khai, ồn ào, hao phí nhiên liệu, công suất thấp và hiệu suất kém. Nhưng mọi thứ lại một lần nữa thay đổi vào thập niên 1970, khi ngày càng nhiều máy bay phải bay với vận tốc lớn hơn trên quãng đường dài hơn. Các máy bay phản lực thân rộng, ra đời để phục vụ số lượng hành khách ngày càng lớn và để đảm bảo những đòi hỏi ngày càng cao về hiệu quả kinh tế, cần một lực đẩy đủ lớn. Và để tạo ra lực đẩy đó với tiếng ồn hạn chế và hiệu suất sử dụng nhiên liệu cao, thỏa mãn các yêu cầu bảo vệ môi trường nảy sinh từ nửa cuối thế

kỷ XX, động cơ phản lực phải đặc biệt lớn và mạnh mẽ. Chúng phải nén khí vào (với lưu lượng lên đến một tấn mỗi giây) tới một áp suất cao ngoài sức tưởng tượng, và buồng đốt của chúng là một lò bát quái tra tấn tất cả các phần tử của tất cả các cấu phần kim loại hoạt động bên trong.

Đây là thời điểm Nhóm Nghiên cứu Làm mát Cánh quạt của Rolls-Royce, được thành lập đầu những năm 1970, đi vào câu chuyện. Sứ mệnh của nhóm rất đơn giản: tìm cách ngăn các cánh quạt tua-bin áp suất cao bị nung chảy, cho phép động cơ phản lực sản ra công suất đủ lớn. Bởi nguyên tắc hoạt động của tua-bin rất đơn giản: động cơ càng nóng thì áp suất càng lớn và tốc độ phản lực càng cao. Nói cách khác, càng nóng thì càng nhanh.

Đồng thời, nhiệt độ càng cao thì thử thách đối với cánh quạt tua-bin càng lớn. Dễ tưởng nhiệm vụ chính của cánh quạt tua-bin là chạy khói nén khí nhưng không phải. Đó chỉ là nhiệm vụ thứ cấp. Nhiệm vụ trên hết là phải sống sót.

Nhưng với động cơ của Whittle, với các động cơ phản lực quân sự sản xuất ngay sau khi phát minh của ông đạt được thành công (cũng như với các động cơ phản lực tua-bin sử dụng cho mục đích dân sự như Vickers Viscount và các động cơ phản lực thuần túy trong chiếc Comet, máy bay phản lực dân sự đầu tiên trên thế giới), sự sống còn của cánh quạt tua-bin không phải là vấn đề chủ chốt.

Tất nhiên, cánh quạt tua-bin vẫn là những bộ phận thiết yếu. Trong những nguyên mẫu đầu tiên của động cơ Whittle, cánh quạt tua-bin được làm bằng thép và có nhiều hạn chế,

do độ liền khói kết cấu của thép bị mất đi ở nhiệt độ khoảng 500 độ C. Nhưng không lâu sau, nhiều hợp kim ưu việt hơn đã được chế tạo và giúp giải quyết phần lớn vấn đề gấp phải trong các cánh quạt tua-bin đời đầu. Hình dạng của chúng được thiết kế để chống chịu và lấy năng lượng từ các luồng khí xoáy dữ dội. Chúng được gắn cố định vào đĩa để có thể xoay hàng trăm vòng mỗi phút mà không long ra. Hình dạng cho phép chúng truyền dẫn năng lượng từ các phản ứng hóa học giữa không khí nén và nhiên liệu (xăng trong các thí nghiệm đầu tiên của Whittle, sau đó là kerosene) với hiệu suất đáng kinh ngạc. Tuy nhiên, không có rủi ro các cánh quạt bị nung chảy. Lý do là chúng được làm từ một hợp kim kẽn-crôm gọi là Nimonic và hợp kim này nóng chảy ở 1.400 độ C, trong khi nhiệt độ trong động cơ chỉ ở mức 1.000 độ C. Nói cách khác, có một biên an toàn lớn giữa nhiệt độ của khí cháy và nhiệt độ nóng chảy của cánh quạt. Tuy nhiên tình hình thay đổi vào những năm 1960-1970: biên an toàn này thu hẹp dần và biến mất.

Lý do là giờ đây hỗn hợp khí ở các động cơ mới phải được làm nóng tới nhiệt độ khoảng 1.600 độ C, và khi đó không có hợp kim nào được sử dụng có nhiệt độ nóng chảy cao hơn 1.455 độ C cả. Ngay cả ở các nhiệt độ thấp hơn mức này, cánh quạt vẫn có xu hướng bị mềm ra, giãn nở và biến dạng. Trong thực tế, nhiệt độ môi trường hoạt động trên 1.3000 độ C đã được các nhà nghiên cứu đánh giá là quá mạo hiểm - trừ khi ai đó tìm ra cách làm mát cánh quạt.

“Ai đó” chính là một nhóm khoảng 12 kỹ sư Rolls-Royce. Họ phát hiện ra rằng, nếu được gia công cực kỳ chính xác và

được sự trợ giúp từ các máy tính đặc biệt mạnh mẽ, họ có thể tạo ra một màng không khí cực mỏng bao bọc các cánh quạt và bảo vệ chúng khỏi nhiệt độ ác mộng bên ngoài. Màng không khí này không được dày quá 1 mm nhưng phải duy trì ổn định bất chấp chuyển động của cánh quạt.

Nhưng làm thế nào để tạo ra màng khí mát này bên trong một động cơ phản lực? Đáp án hóa ra nằm ngay trước mắt. Sau nhiều tìm tòi và thử nghiệm, họ kết luận có thể lấy trực tiếp không khí mát từ lượng không khí khổng lồ bị cánh quạt động cơ hút. Phần lớn lượng khí này không được sử dụng trong động cơ (bởi các lý do nằm ngoài phạm vi của chương này), nhưng một thể tích đáng kể được cho qua một hệ thống phức tạp như mê cung, bao gồm các cánh quạt tĩnh hoặc quay, nằm ở phía trước và sau của động cơ phản lực, với khả năng nén khí lên đến 50 lần. Một tần khí hút vào mỗi giây, ở điều kiện bình thường sẽ choán đầy một sân quần vợt, bị nén lại trong một thể tích tương đương với một va li cỡ lớn. Sau quá trình nén, khối khí trở nên đặc biệt đậm đặc, nóng bỏng và sẵn sàng cho các công đoạn đầy kịch tính tiếp theo.

Hầu hết khí nén sẽ được đưa thẳng vào buồng đốt, trộn với kerosene, cho bắt cháy bằng một loạt tia lửa điện, và nổ thẳng vào các cánh quạt tua-bin. Các cánh quạt này (hơn 90 cánh trong động cơ phản lực hiện đại, gắn vào vành ngoài của một đĩa quay tốc độ cao) là trạm trung chuyển đầu tiên trước khi khối khí xả (sau nổ) di chuyển qua các bộ phận còn lại của tua-bin, gia nhập cùng phần khí không được sử dụng

trong tua-bin, và phun ra từ đuôi của động cơ, tạo phản lực đẩy máy bay về trước.

“Hầu hết” là từ khóa ở đây. Các kỹ sư Rolls-Royce nhận thấy lượng khí mát này có thể được tách ra *trước khi* đi vào buồng đốt, đưa vào các ống trong đĩa gắn cánh quạt, từ đó thổi qua một mạng lưới đường hầm được cắt ở trong lòng cánh quạt. Bằng cách đó, cánh quạt tua-bin được bơm đầy khí mát – mát tương đối; vì không khí khi bị nén sẽ tăng nhiệt độ lên khoảng 650 độ C, nhưng nhiệt độ này vẫn thấp hơn nhiệt độ khí xả từ buồng đốt khoảng 1.000 độ. Hàng chục lỗ siêu vi được khoan chính xác trên bề mặt cánh quạt theo chỉ dẫn của máy tính, thông xuống các đường hầm chứa đầy khí bên trong, cho phép không khí mát thoát ra ngoài bề mặt của cánh quạt.

Nếu tính toán chính xác – và đây là khi sức mạnh của máy tính, bắt đầu xuất hiện từ cuối thập niên 1960, được tận dụng triệt để – nếu loạt lỗ tí hon này được khoan chính xác trên cạnh dẫn, trên thân, và trên cạnh thoát của cánh quạt, thì chúng ta sẽ có một màng khí mỏng tang nhưng tương đối ổn định, bao phủ cánh quạt như một lớp vỏ cách nhiệt. Đây chính là thứ cho phép cánh quạt đương đầu với luồng khí nóng bỏng liên tục ập tới từ những cú nổ trong buồng đốt<sup>[\*]</sup>.

Một người nếu được chiêm ngưỡng một cánh quạt tua-bin động cơ phản lực Rolls-Royce và quá trình sản xuất nó, sẽ không khỏi cảm thấy đây là một tạo tác kỹ thuật thi vị nhất, thăng hoa nhất, tương tự như những chiếc xe hơi Rolls-

Royce đòi đầu - chiếc Silver Ghost của 80 năm trước và những động cơ máy bay hàng đầu của thời hiện đại có nhiều phẩm chất chung. Mỗi cánh quạt hợp kim kền Rolls-Royce (nặng chưa tới nửa ký, gần như rỗng ruột nhưng hết sức cứng cáp, vừa vặn trong lòng bàn tay và cũng tình cờ đang được sản xuất thủ công) được đúc trong một nhà máy tối mật gần Rotherham, miền bắc nước Anh. Bí mật kinh doanh nhạy cảm nhất, ngoài cấu tạo phức tạp của hàng trăm lỗ khoan trên cánh quạt, chính là vật liệu tạo ra nó: một hợp kim kền cấu tạo từ một tinh thể duy nhất, do đó có khả năng chịu lực đặc biệt tốt – một đặc tính tối quan trọng vì trong khi quay, các cánh quạt chịu lực ly tâm tương đương trọng lượng của một xe buýt hai tầng ở London, tầm 18 tấn.

Một điều kỳ khôi là một cánh quạt như thế đòi hỏi những kỹ thuật chính xác nhất và những máy tính mạnh mẽ nhất nhưng đồng thời quá trình sản xuất nó cũng sử dụng các phương thức cổ xưa nhất: đúc sáp chảy. Phương pháp này đã được sử dụng ở Hy Lạp Cổ đại, nơi sự chính xác là một khái niệm xa lạ<sup>[\*]</sup>. Trong trường hợp này, phương pháp đúc sáp chảy được dùng để tạo ra các đường hầm làm mát trong lòng cánh quạt và cũng như ở thời cổ đại, sáp được nung chảy và đổ đi ngay trước khi hợp kim nóng chảy được đổ vào khuôn sứ và tạo ra mạng lưới đường hầm chằng chịt để làm mát cánh quạt.

Cấu trúc đơn tinh thể của cánh quạt được tạo ra ở thời điểm này trong quá trình sản xuất kéo dài và phức tạp, là bí mật được bảo vệ nghiêm ngặt nhất công ty. Về cơ bản, kim loại nấu chảy (hợp kim của kền, nhôm, crôm, tantal, titan

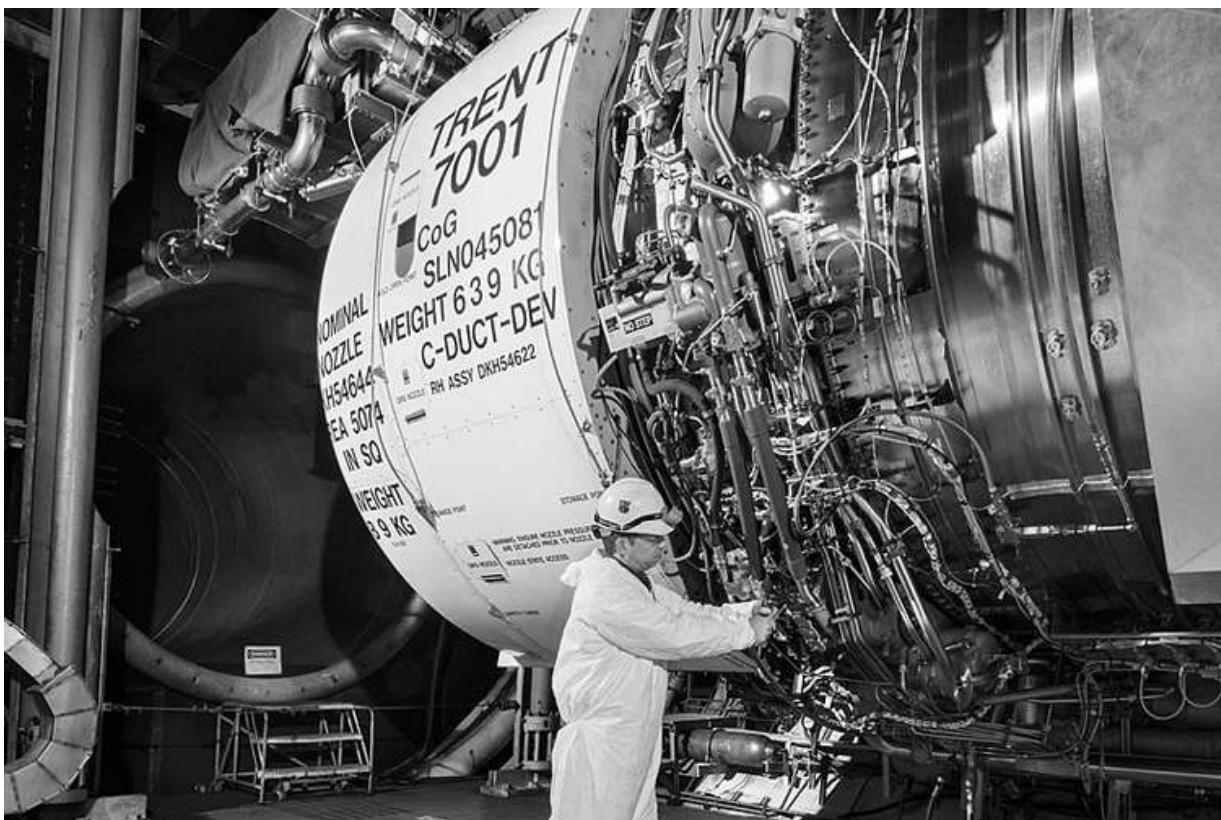
và năm nguyên tố đất hiếm khác mà Rolls-Royce từ chối tiết lộ) được đổ vào khuôn, ở đáy khuôn có một đường ống nhỏ, xoắn ba lần, na ná đuôi của Empress of Blandings, cô heo nái yêu quý của Lord Emsworth trong các câu chuyện của P.G. Wodehouse. Cái “đuôi heo” này được gắn với một đĩa làm mát bằng nước, và toàn bộ tổ hợp này, sau khi được đổ đầy kim loại lỏng, sẽ từ từ được đưa ra khỏi lò nung và cho phép kim loại đông đặc từ từ.

Quá trình đông đặc bắt đầu ở phần chóp của đuôi heo, nhưng vì đường ống xoắn nên chỉ có tinh thể hình thành nhanh nhất và có cấu trúc lập phương tâm diện trong phân bố phân tử, mới có thể đi qua (bởi các lý do phức tạp mà chỉ những người quen thuộc với những bí ẩn của ngành luyện kim mới hiểu). Và như có phép màu, toàn bộ cánh quạt hình thành từ một tinh thể duy nhất phát triển từ chóp đuôi heo, với các phân tử phân bố tuyệt đối đều đặn. Và cấu tạo đơn tinh thể khiến khả năng chịu lực của nó tăng lên đáng kể, một điều cần thiết để nó có thể đương đầu với các lực ly tâm khổng lồ trong cả vòng đời của mình.

Sau khi cánh quạt đơn tinh thể thành hình, công việc còn lại chỉ là rửa trôi các chất tồn dư và sử dụng kỹ thuật gia công tia lửa điện để khoan hàng trăm lỗ nhỏ thông xuống các đường hầm làm mát. Gia công tia lửa điện, thường gọi tắt là EDM (Electrical discharge machining) sử dụng một dây cắt và một tia lửa điện tí hon, dưới sự chỉ dẫn bởi máy tính và sự giám sát của con người qua kính hiển vi. Quá trình này không tạo ra tiếng động, và về bản chất là một quá trình nung chảy chứ không phải khoan.

Đến điểm này, câu chuyện có một diễn biến mới, một diễn biến quan trọng nhưng thường xuyên bị quên lãng.

Việc chế tạo cánh quạt tua-bin áp suất cao đòi hỏi hàng loạt nhân công, cả nam giới và nữ giới, với nhiều năm kinh nghiệm, đôi tay đặc biệt khéo léo, cũng như khả năng tập trung cao độ. Những người này đã mất nhiều năm để học cách sử dụng thành thạo máy khoan lỗ tản nhiệt, một thiết bị phức tạp và đặc thù - và động cơ càng tân tiến thì cánh quạt càng cần nhiều lỗ tản nhiệt: động cơ Trent XWB có 600 lỗ một cánh với cấu tạo hình học phức tạp để đảm bảo nó vẫn cứng, rắn và có khả năng làm mát tối đa.



Một động cơ phản lực Rolls-Royce Trent hiện đại, máy bay hai tầng thân rộng superjumbo Airbus A380 sử dụng bốn động cơ như vậy. Tuy cấu tạo vô cùng phức tạp, động cơ phản lực hiện đại chỉ có duy nhất

một bộ phận chuyển động, một rô-tơ kéo dài từ đầu đến cuối động cơ, từ quạt đến ống xả

Nhưng tính mạng của hành khách và phi hành đoàn phụ thuộc vào việc động cơ không tự hủy trong chuyến bay. Sự hiếm hoi của các tai nạn hàng không do động cơ gây ra phần lớn đến từ chất lượng của những cánh quạt được chế tạo bởi bàn tay con người. Với vai trò vô cùng quan trọng của các cánh quạt, chúng ta cần lưu ý sự toàn vẹn của chúng phụ thuộc chủ yếu vào kết cấu hình học của các lỗ tản nhiệt và các lỗ này được nhân công lành nghề đo đạc, tính toán và kiểm tra. Mọi sai sót trong quá trình sản xuất đều không được phép xảy ra vì một sự cố nhỏ của động cơ phản lực cũng có thể dẫn đến tai họa lớn.

Chính điều này, rằng tính mạng con người phụ thuộc vào sự hoàn hảo của cánh quạt, đã đưa ngành công nghiệp động cơ máy bay tới một bước ngoặt - nằm ngoài sự hình dung của những bộ óc tiên phong trong công nghệ chính xác như John Wilkinson, Joseph Bramah, Henry Maudslay, Joseph Whitworth và cả Henry Royce. Công nghệ chính xác, ít nhất ở lĩnh vực hiện bàn, đã đạt một trình độ mà bàn tay con người không thể đáp ứng.

Trước thời điểm này, hoạt động sản xuất - dù là xi lanh, khóa, súng, hay ô tô; dù là khoan, cán, mài, hay giũa; dù là điều khiển máy tiện, vặn đinh vít, đo độ tròn và độ phẳng - luôn có sự tham gia của con người. Nhưng giờ đây, bắt đầu từ ngành động cơ máy bay, sau đó là nhiều ngành khác, khi dung sai thu hẹp và các tiêu chuẩn được nâng cao đến mức những bàn tay thành thạo nhất, khéo léo nhất cũng không

thể với tới, là lúc tự động hóa thay thế con người. Nhà máy Đức Cánh quạt Tiên tiến có thể thực hiện mọi công đoạn (từ bơm sáp đến làm nguội hợp kim đến khoan lỗ) mà không cần quá năm nhân công tay nghề cao. Nó có thể cho ra hàng trăm ngàn cánh quạt một năm mà không tạo ra khiếm khuyết nào.

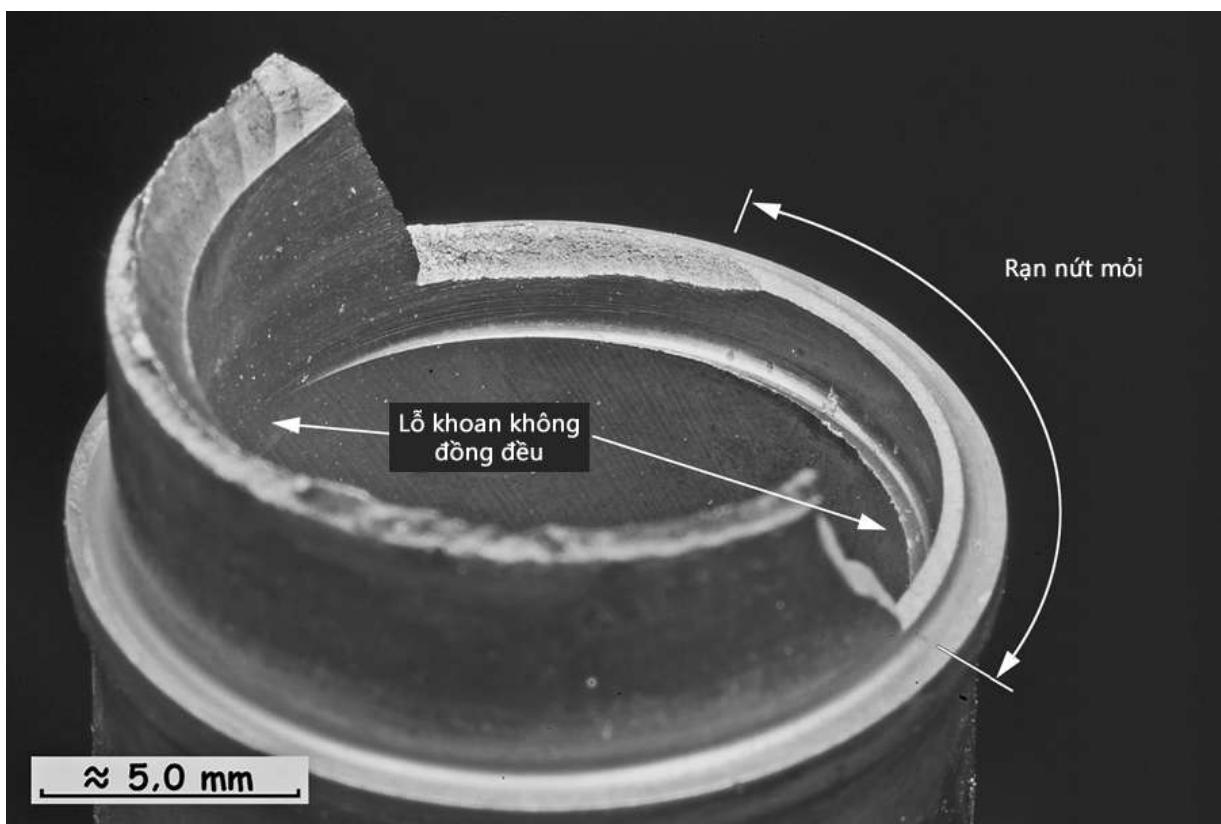
Trong quá khứ, hệ quả nghiêm trọng nhất của công nghệ chính xác là hàng loạt công nhân bị mất việc và cảm thấy phẫn nộ. Ngày nay, mối lo lớn hơn là chính trong các ngành công nghiệp có tác động lớn tới tính mạng con người, sự giám sát của con người ngày càng trở nên hiếm hoi.

“Nhân lực của chúng tôi về kỹ năng thì phải nói là tuyệt vời,” một quản lý sản xuất ở một nhà máy mới thành lập cho biết, “nhưng họ vẫn là con người, và không có con người nào có thể giữ nguyên chất lượng công việc từ đầu ca tới cuối ca.” Công nghệ chính xác, đặc biệt trong ngành này, dường như đã đạt một điểm tới hạn: sự hiện diện của con người từ một yếu tố cần thiết đã trở thành một chướng ngại – như tai nạn của máy bay Qantas Airways cho thấy.

NGAY SAU KHI TAI NẠN XÂY RA, Qantas đã cho ngưng hoạt động toàn bộ sáu chiếc Airbus A380 trong phi đội của mình, và dọa kiện Rolls-Royce vì các tổn thất thương mại mà tai nạn gây ra. Tuy nhiên, việc điều tra tai nạn máy bay không có chỗ cho sự phẫn nộ, và Cục An toàn Giao thông của chính phủ Australia là cơ quan chỉ đạo cuộc điều tra làm rõ trách nhiệm các bên. Báo cáo chính thức, công bố gần ba năm sau tai nạn, vào tháng 6 năm 2013, trở thành một bản

cáo trạng đanh thép đối với một ngành công nghiệp đã coi nhẹ yêu cầu chính xác tuyệt đối ở mọi bộ phận, mọi công đoạn sản xuất của một động cơ phản lực hiện đại.

Trong trường hợp của Qantas, số mệnh của máy bay và toàn bộ con người trên đó, cũng như uy tín của hãng hàng không và hãng sản xuất động cơ, bị đe dọa bởi một đường ống kim loại tí hon, dài không quá 5 cm và có đường kính không quá 0,75 cm. Ai đó ở một nhà máy miền trung nước Anh đã khoan một lỗ tí hon vào đường ống tí hon này, nhưng mũi khoan không hoàn toàn chính xác.



**Biểu đồ ống dẫn dầu gấp sự cố của chuyến bay Qantas 32**

Sự cố ống dẫn dầu là do hiện tượng phá hủy độ mài kim loại gây ra.

Nguyên nhân là công tác gia công thiếu chính xác khiến độ dày của đường ống không đồng đều. Các rạn nứt bắt đầu xuất hiện trên bề mặt

kim loại khi máy bay cất cánh ở Los Angeles và trở nên trầm trọng hơn sau khi máy bay cất cánh ở London. Một phút sau khi cất cánh ở Singapore, đường ống bị vỡ và dầu nóng tràn vào rô-tơ đang quay nhanh (bản quyền hình ảnh thuộc Cục An toàn Giao thông Úc)

Tên gọi của bộ phận hiện bàn là ống dẫn dầu mặt bích, và tuy động cơ có vô số ống thép chạy bên trong, đường ống này, một ống nối ở cuối một đường ống dài hơn và hẹp hơn, được đặt trong một buồng khí nhiệt độ cao giữa hai đĩa tua-bin cao áp và trung áp. Chức năng của nó là dẫn dầu tới ổ bi trên rô-tơ gắn các đĩa trên. Một màng lọc được gắn vào bên trong ống và mặt bích của ống phải được khoét để lắp vừa vành kim loại của màng lọc.

Đường ống và các chi tiết lắp ráp xung quanh nó được sản xuất tại một nhà máy Rolls-Royce, Hucknall Casings and Structures, vào mùa xuân năm 2009. Thông thường, việc gia công ống để lắp màng lọc theo tiêu chuẩn định sẵn không phải là một việc khó khăn. Nhưng riêng với bộ phận phức tạp đặc thù này, toàn bộ mặt bích ngăn cách vùng áp suất cao và áp suất trung gian của động cơ lại được hoàn thành trước và chỉ sau khi đường ống được lắp vào, việc khoan lỗ mới được thực hiện. Phương án này hóa ra rất khó thực hiện vì tầm nhìn của người kỹ sư vào đường ống bị chắn bởi các chi tiết và mối hàn khác.

Các kỹ sư đã cố gắng hết sức nhưng cuối cùng vẫn có một đường ống bị gia công sai lệch và nó được dùng cho tua-bin của động cơ cánh trái của Qantas A380. Mũi khoan không được căn chính xác, kết quả là một phần của đường ống mỏng hơn phần còn lại 0,5mm.

Giả thuyết được đưa ra là trong quá trình sản xuất, tổ hợp mặt bích vì lý do nào đó đã dịch chuyển một cự ly cực nhỏ trong khi khoan, khiến mũi khoan di chuyển vào gần một thành ống và khiến thành ống ở đó mỏng dưới mức an toàn. Nguy hiểm hơn nữa là phòng kiểm soát chất lượng ở Hucknall Casings, với các máy móc điều khiển bằng máy tính có chức năng kiểm tra sự tuân thủ các cấu phần chủ chốt của máy bay, đã không phát hiện ra khiếm khuyết này. Đáng lẽ các dấu hiệu cảnh báo phải được phát hiện và chi tiết khiếm khuyết phải được loại bỏ - một cánh quạt tua-bin áp suất cao, được coi là bộ phận chủ chốt của động cơ, sẽ bị loại bỏ và phá hủy nếu có một khiếm khuyết nhỏ hơn khiếm khuyết của đường ống.

Nhưng vì những lý do thuộc về thứ được gọi một cách trừu tượng là “văn hóa” của nhà máy, một phần trong hệ thống sản xuất khổng lồ của Rolls-Royce, đường ống lõi vượt qua mọi khâu kiểm tra. Một cấu phần khiếm khuyết đã đi qua chuỗi cung ứng, đi vào một động cơ, chờ ngày hỏng hóc và hủy hoại toàn bộ động cơ. Thay vì bị đánh trượt trong quá trình kiểm tra, nó bị đánh trượt trong thực tế.

Hiện tượng xảy ra được gọi là mồi kim loại. Máy bay đã trải qua 8.500 giờ trên không trung, thực hiện 1.800 chu trình cất và hạ cánh. Cất và hạ cánh đặc biệt gây căng thẳng cho các bộ phận cơ khí của máy bay: càng hạ cánh, cánh tà, phanh, và các cấu phần bên trong động cơ. Mỗi khi máy bay cất cánh hoặc hạ cánh theo độ dốc lớn, căng thẳng tạo ra ở những bộ phận trên thậm chí còn lớn hơn căng thẳng tạo ra từ nhiệt độ và áp suất bên trong động cơ.

Theo suy đoán, khiếm khuyết trong thành ống mỏng dẫn đến rạn mỏi. Theo các nhà phân tích, vết rạn xuất hiện khi máy bay cất cánh hai ngày trước đó từ một đường băng ngắn ở Los Angeles. Vết rạn kéo dài và lan rộng hơn khi máy bay hạ cánh ở London; lớn hơn nữa khi nó cất cánh tới Singapore từ Sân bay Heathrow rồi hạ cánh ở Sân bay Changi, vài giờ trước khi khởi hành tới Sydney.

90 giây sau khi cất cánh, khi máy bay lao lên trên và động cơ chạy ở 86% công suất tối đa, sản ra lực đẩy khoảng 30 tấn, vết rạn mở ra hoàn toàn và đường ống bị đứt gãy. Một luồng dầu nóng phun vào khoảng không giữa tua-bin cao áp và trung áp, nơi có nhiệt độ khoảng 400 độ C. Dầu tự bắt cháy ở nhiệt độ 286 độ C. Do đó, luồng hơi dầu trở thành một luồng lửa bắn phá đĩa tua-bin.

Sau vài giây bị nung nóng, chiếc đĩa giãn nở, biến dạng, lung lay và nứt vỡ. Các mảnh vụn của nó văng ra ở tốc độ hàng trăm cây số một giờ, xuyên qua vỏ động cơ, xuyên thủng hai chỗ trên cánh trái của máy bay và một chỗ ở vỏ dưới của thân máy bay. Lửa bùng lên trong cánh trái nhưng may là không lan rộng; hư hại ở các thiết bị thủy lực và thiết bị điện gây ra bởi các mảnh vụn dẫn đến hàng loạt sự cố hệ thống. Cuối cùng, chiếc máy bay cũng hạ cánh an toàn, chủ yếu nhờ nỗ lực của phi hành đoàn - báo cáo chính phủ Úc nêu.

Báo cáo cũng đề cập đến các thất bại của Rolls-Royce: thất bại trong việc công chính xác bộ phận của động cơ, trong việc lưu trữ đầy đủ thông tin, trong hoạt động kiểm

soát chất lượng, và trong việc loại trừ các chi tiết sai lệch và cho phép chúng đi vào thành phẩm với hậu quả tai hại. Qantas không phải là trường hợp duy nhất: hoạt động điều tra tiến hành khẩn cấp sau tai nạn sớm phát hiện hàng chục đường ống dẫn dầu khác từ Hucknall với độ dày thành không đồng đều ở mức 0,5 mm đang được sử dụng. Vậy là ít nhất 40 động cơ trong các máy bay của Singapore Airlines, Lufthansa và 5 chiếc A380 còn lại của Qantas, đều phải được thu hồi và sửa chữa.

Một sai lầm đắt giá của Rolls-Royce: ngoài các xử lý nội bộ, thay đổi nhân sự, cải tổ quy trình, chi phí sửa chữa lớn và cơn ác mộng trong quan hệ công chúng, hãng còn phải bồi thường cho Qantas 80 triệu đô-la. Báo cáo tài chính của Rolls-Royce trong năm sau vụ tai nạn cho thấy công ty bị âm lợi nhuận 70 triệu đô-la. Rolls-Royce quả quyết những lỗi lầm như vậy sẽ không lặp lại và tất cả các biện pháp phòng ngừa đã được thực hiện ở Hucknall cũng như các nhà máy khác.

ẤN TRONG BÁO CÁO của chính phủ Australia là một đoạn liên quan trực tiếp tới thách thức mà sự phát triển của công nghệ chính xác đang đặt ra. Cũng như các đoạn khác trong 284 trang báo cáo, đoạn này sử dụng nhiều thuật ngữ chuyên ngành khó hiểu. Song thông điệp chung vẫn rất rõ ràng:

*Các tổ chức hàng không vũ trụ lớn là các hệ thống công nghệ-xã hội phức tạp, được cấu thành từ những nhân sự có tổ chức, sản xuất ra các tạo vật mang tính*

*kỹ thuật cao cho các hệ thống phức tạp, chẳng hạn như máy bay hiện đại. Do bản chất vốn có của các hệ thống công nghệ-xã hội phức tạp này, xu hướng tự nhiên của chúng là thoái hóa nếu không được giám sát liên tục. Sự thoái hóa tự nhiên có thể xảy ra do áp lực từ các lực lượng kinh tế toàn cầu, hoặc từ yêu cầu tăng trưởng quy mô, lợi nhuận, thị phần...*

“Các tạo tác mang tính kỹ thuật cao cho các hệ thống phức tạp” là cách gọi rối rắm của cơ quan nhà nước để chỉ *máy móc siêu chính xác*, ví dụ như động cơ phản lực Trent 900-series. Có lẽ tai nạn này cho thấy một số máy móc nhất định của thời hiện đại đòi hỏi một mức độ chính xác và phức tạp mà bàn tay con người không thể đảm bảo. Nếu vậy, một câu hỏi được đặt ra: phải chăng chúng ta đã tiệm cận giới hạn trên của khả năng kiểm soát các tạo tác chính xác mà chúng ta nghĩ mình phải có?

Hoặc có lẽ bản thân công nghệ chính xác đang tiệm cận giới hạn của nó, khi các kích thước không còn tạo ra hay đo lường được nữa – không phải vì năng lực con người hạn chế mà vì ở quy mô càng hiển vi, thuộc tính của vật chất càng trở nên nhập nhằng. Nhà vật lý lý thuyết người Đức Werner Heisenberg, người có đóng góp lớn vào sự ra đời của cơ học lượng tử những năm 1920, đã có những khám phá và tính toán chứng thực điều này: ở cấp độ nhỏ nhất của các hạt, ở dung sai nhỏ nhất, những quy tắc đo đạc chính xác thông thường đã mất đi hiệu lực; ở cấp độ gần và hạ nguyên tử, thể rắn chỉ còn là một ảo ảnh, vật chất chẳng qua là một

chùm sóng hoặc hạt không thể đo lường chính xác và cũng chỉ được hiểu một cách mơ hồ bởi những bộ óc vĩ đại nhất<sup>[\*]</sup>.

Hoạt động sản xuất động cơ phản lực, ngay cả ở những chi tiết vi tế nhất, còn xa mới chạm tới quy mô nguyên tử và còn xa mới đến gần các giới hạn làm bối rối các nhà khoa học lượng tử. Nhưng chúng ta cũng bắt đầu nhận ra các giới hạn của chính mình và có lẽ cũng là các giới hạn của công cuộc truy tìm sự hoàn hảo. Một “chân trời sự kiện” có lẽ đang tiến vào tầm mắt của chúng ta và trường hợp của ngành sản xuất động cơ phản lực, một ngành đòi hỏi mức độ chính xác cực kỳ thách thức, chính là tấm biển cảnh báo rằng có lẽ câu chuyện đang dần đi vào hồi kết.

Điểm báo hồi kết có lẽ là đáng tin – đối với việc chế tạo máy móc thiết bị sử dụng trên bình diện đời sống hằng ngày. Nhưng nếu đi xa hơn nữa, nếu chúng ta đi vào những thế giới khác, có lẽ năng lực của con người còn tiếp tục được mở rộng và giới hạn về chính xác còn tiếp tục bị đẩy lùi.

Ở ngoài không gian chẳng hạn.

## Chương 7 - Qua một thấu kính trong vắt

Dung sai: 0,000 000 000 000 1

*Số phận của nền văn minh nhân loại sẽ phụ thuộc vào việc liệu các tên lửa trong tương lai sẽ chở theo kính viễn vọng hay bom khinh khí.*

- Ngài Bernard Lovell, The Individual and the Universe (tạm dịch: Cá nhân và Vũ trụ) (1959)

Một vụ án mạng kinh hoàng đã xảy ra vào một tối hè yên ả trong một công viên rợp bóng cây ở Nam London mà không ai hay biết - cho đến khi một nhiếp ảnh gia thời trang, làm việc một mình trong phòng tối, phóng đại và phóng đại hơn nữa một tấm ảnh đen trắng mà ông từng chụp ở công viên và nhìn thấy, hoặc nghĩ mình nhìn thấy, một bàn tay cầm một khẩu súng và một thi thể nằm trên cỏ, khuất sau những rặng cây.

Phim của ông nhiễu và bức ảnh phóng đại bị nhòe nhưng những hình ảnh này, đến từ bộ phim được đề cử giải Oscar của Michelangelo Antoni, *Blow-Up*, vẫn ám ảnh người xem đến tận ngày nay. Và tuy nội dung phim không đơn thuần nói về án mạng, nó minh họa rõ sức mạnh vô song của máy ảnh trong việc biến một khoảnh khắc ngẫu nhiên, đôi khi khá tình cờ, thành một sự thật vĩnh cửu của lịch sử - một bài học tôi rút ra gần đây.

Văn phòng của tôi được cải tạo từ một kho thóc cũ, xây từ những năm 1820 ở Bắc New York. Tôi mua cái kho này trong tình trạng hết sức tồi tàn, quyết định tháo dỡ các cột và xà

của nó và chất lên xe rồi chở tới nơi tôi sống, trong một thôn hẻo lánh giữa những ngọn đồi ở miền Tây Massachusetts vào mùa hè năm 2002. Thiết kế bên trong của công trình nhỏ bé và khiêm tốn này cho phép một người có thể đứng từ gác xếp cao gần 5 m và nhìn xuống mặt bàn làm việc hỗn độn của tôi kê trên sàn kho.

Do đây là một cái kho lâu đời và việc cải tạo tân trang những công trình nông trại tồi tàn thành nơi ở được coi là một chủ đề thú vị, một nhiếp ảnh gia quyết định ghé thăm nhà tôi. Anh nói anh đang thực hiện một quyển sách về trùng tu kho nông trại, và sau khi được tôi chấp thuận cho tùy ý di chuyển, anh dành hàng giờ để chụp ảnh, bao gồm cả những tấm ảnh về mặt bàn lộn xộn giấy má của tôi chụp từ gác xếp.

Các tấm ảnh này được in trong một quyển sách bàn trà khá đẹp xoay quanh chủ đề trào lưu trùng tu kho nông trại. Tôi cũng được tặng một bản và dành cả tối để chiêm ngưỡng nó (chủ yếu là ngắm những kho nông trại đẹp hơn nhiều cái kho thóc khiêm tốn hơn của tôi) trước khi cất nó vào kệ và quên bằng nó đi.

Nhưng một người khác cũng mua quyển sách này và cảm thấy thích thú với cái kho chụp ở trang 61. Liệu anh ta có phải là người hâm mộ *Blow-Up* không thì tôi không rõ, nhưng anh ta cho rằng dựa vào tấm ảnh có thể tìm ra ai là chủ nhân của kho thóc này.

Lý do là trên mặt bàn làm việc trong tấm ảnh có một cuốn tạp chí *New York Review of Books*, bị che khuất một nửa bởi

những thứ linh tinh khác: sách báo và giấy tờ. Người này phát hiện ra ở góc dưới bên phải của cuốn tạp chí *Review* là một nhãn địa chỉ, bé đến nỗi hầu như không ai để ý. Nhưng đó là một nguồn thông tin có thể sử dụng được – với điều kiện ống kính máy ảnh đủ tốt để sau khi phóng đại ảnh lên vẫn có thể đọc được chữ trong nhãn.

Thế là anh ta cắt riêng nó ra khỏi cuốn tạp chí và những mớ lộn xộn khác trên bàn, đưa nó vào dưới ống kính lúp rồi tăng dần độ phóng đại. Các dòng chữ li ti lớn dần, lớn dần – cho đến khi, bất chấp một chút nhầm lẫn ban đầu do các ảnh điểm trên trang tạp chí, sau bốn hay năm lần phóng đại, tên và địa chỉ của tôi đã đủ lớn để đọc được. Và thế là vị độc giả bí ẩn này biết ai đang sống và làm việc trong kho thóc. Và anh ta liên hệ với tôi.

Và tuy quá trình này có vẻ tộc mạch thái quá, thậm chí có đôi chút đáng sợ, thực tế hóa ra lại hoàn toàn khác. Người liên hệ với tôi là một bác sĩ giải phẫu thần kinh hệ mạch về hưu – một người dễ mến và thú vị, thậm chí là hơi “ám ảnh” trong tính cách, và có dấu hiệu tự kỷ. Anh cũng là một nhiếp ảnh gia sắc bén, với óc tò mò vô biên – một bộ óc bách khoa, có thể nói như vậy. Và anh đặc biệt say mê khả năng của quang học chính xác trong điều tra pháp y và những thử thách trí tuệ mà lĩnh vực này đem lại.

CŨNG NHƯ PHẦN LỚN các cậu bé lứa tuổi học sinh ở nước Anh – hay ở bất cứ đâu khác – tôi say mê thấu kính ngay từ khi còn nhỏ. Thấu kính đầu tiên của tôi là một chiếc kính lúp lồi hai mặt. (Phần lớn thấu kính sản xuất vào thập niên 1940

được làm từ thủy tinh vì chất lượng của nhựa thời đó không đủ tốt và nhựa polycarbonate gần như chưa được biết tới.) Tôi dùng chúng vào những trò nghịch ngợm như soi nòng nọc và các tấm ảnh thiếu chi tiết trên các tạp chí khỏa thân, để đánh lửa trại, hoặc để đánh thức những cậu bạn khác dại dột ngủ gật trong nắng – chỉ cần dùng thấu kính tập trung ánh nắng vào một điểm trên cánh tay trần vài giây là những kẻ ngủ say nhất cũng phải bật dậy.

Khi lên mười, tôi bắt đầu say mê tìm hiểu côn trùng thuộc bộ que và cần có những thấu kính chất lượng tốt hơn. Tôi nuôi đám côn trùng trong hũ Kilner cũ của mẹ, lót lá thủy lạp ngắt từ hàng rào vườn nhà, rồi bán chúng cho bạn học với giá 3 penny. Nhưng lũ côn trùng hay gấp phải các vẩn để lạ – chẳng hạn đôi khi chúng không thể rút chân (côn trùng có sáu chân) khỏi vỏ trứng mà chúng sinh ra. Vấn đề này được xử lý bằng việc vi phẫu, sử dụng một kim khâu hoặc chiếc nhíp nhỏ và một kính lúp phóng đại mười lần.

Lớn lên, tôi chuyển sang sưu tầm tem, đồng thời tích lũy được một bộ sưu tập vài chiếc kính lúp: một kính hình vuông cho phép nhìn toàn bộ một con tem nhỏ, một kính lúp dành cho thợ kim hoàn mà tôi dí mắt vào để đếm các lỗ đục trên tem và dò tìm các lỗ dấu đóng thư; và một thiết bị lớn, trông tựa như một cái chặn giấy, mà khi di chuyển dọc một trang album sẽ cho phép tôi trưng bày bộ sưu tập của mình trước tất cả những người đi qua.

Quang học chính xác (nhìn chung đi kèm với một mức giá không nhỏ, buộc tôi phải xin tiền cha mẹ) bắt đầu trở thành

mối quan tâm của tôi khi lên 14 tuổi và cho rằng mình cần có một cái kính hiển vi. Tiền lúc nào cũng thiếu, nhưng sau khi lùng sục các cửa hàng đồ cũ và các xe bán dạo, cuối cùng tôi cũng mua được mấy bộ kính hiển vi (sản xuất bởi các hãng như Negretti and Zambra, Bausch and Lomb, Carl Zeiss), chiếc nào cũng được đặt trong các hộp gỗ xinh xắn với các khe chứa thị kính có thể thay đổi được và các khe nhỏ hơn để đặt thấu kính. Tôi còn nhớ vào thập niên 1950 cũng có những cuộc tranh luận xem kính hiển vi nào mạnh mẽ nhất, tương tự như giới trẻ ngày nay chạy đua về độ phân giải màn hình. Do chỉ soi các mẫu nước ao để tìm rận nước, hoặc soi các mẫu nước biển để tìm cá lưỡng tiêm, và không có cả kiến thức lẫn dụng cụ để khám phá sâu hơn thế giới mà chúng ta thừa hưởng từ Galileo và van Leeuwenhoek, chúng tôi không có nhu cầu về độ phóng đại quá 300 lần. Tôi nghĩ một vài kính hiển vi tôi có cho phép độ phóng đại 1.000 lần, một độ phóng đại lớn như vậy trong bàn tay vụng về của tôi sẽ chẳng phát huy tác dụng gì ngoài việc khiến vật quan sát ra vào trường thị lực với tốc độ hỏa tiễn. Một vài thành viên trong câu lạc bộ hiển vi ở trường khoe đã nhìn thấy cả tinh trùng của mình - một tuyên bố vừa đáng nghi vừa đáng kính, và đòi hỏi một độ phóng đại ngoài tầm tay của chúng tôi.

Sau đó, tôi mua chiếc máy ảnh đầu tiên: một chiếc Brownie 1217, ống kính Dakon nhựa, khẩu độ cố định f/14<sup>[\*]</sup>, tiêu cự 65 mm và tốc độ màn trập cố định 1/50 giây. Tôi hay mang cuộn phim đã chụp tới một hiệu thuốc nhỏ ở thị trấn Dorset, nơi tôi học nội trú, và người dược sĩ ở đó sẽ

giúp tôi rửa ảnh, phóng lớn những tấm ảnh đen trắng, và khích lệ tinh thần, khen ngợi các tác phẩm nhiếp ảnh của tôi - có lẽ là để dụ tôi mua máy ảnh mà ông đang bán. Cuối cùng, tôi đã bị khuất phục trước những lời ca tụng của ông và mua một chiếc Voigtländer 35 mm<sup>[\*]</sup>. Từ đây, tôi bắt đầu hành trình nhiều năm với phim 35 mm và chuỗi dài các máy ảnh, chủ yếu do các công ty Nhật Bản sản xuất, như Pentax, Minolta, Yashica, Olympus, Sony, Nikon và Canon.

Cuối cùng, vào một ngày năm 1989 khi tôi đang sống ở HongKong, một nhân viên bán hàng người Quảng Đông trẻ tuổi đã thuyết phục tôi rằng tôi thực sự cần có một chiếc máy ảnh phim 35 mm yên tĩnh, nhỏ gọn, ổn định, vững chãi và siêu chính xác, thích hợp cho cuộc sống phóng viên nước ngoài lang bạt bất định của tôi. Anh nói: Một chiếc Leica M6 được trang bị một ống kính xuất sắc, một cơ cấu màu đen tinh tế đã trở thành huyền thoại với dân chuyên nghiệp (dù còn khá xa lạ với tôi), một tổ hợp nhôm-kính siêu nhẹ và siêu nhanh, được biết đến với cái tên Summilux 35 mm f/1.4.

Ống kính nhỏ bé này đã đồng hành cùng tôi trên vô số chuyến công tác viết bài cho các tờ báo và tạp chí trong hơn một phần tư thế kỷ. Sau đó, nó được lắp vào thân một chiếc máy ảnh Leica mới hơn nhưng rất khác chiếc M6. Cuối cùng, tôi cũng nghe theo lời khuyên của những người sành sỏi hơn và mua ống kính 35 mm f/1.4 Summilux ASPH, (hậu duệ của ống kính yêu quý ban đầu của tôi) với một thấu kính phi cầu thiết kế dạng nổi - được coi là ống kính máy ảnh góc rộng phổ thông số một thế giới tại thời điểm tôi viết những dòng

này, và cũng là điển hình tiêu biểu nhất của công nghệ quang học chính xác cao.

Thế giới quang học siêu chính xác có một vài chân lý không thể xóa bỏ. Một trong số đó là việc ống kính Leica từ lâu đã sở hữu chất lượng vô song, xứng đáng được đặt vào vị trí trung tâm trong bức tranh nghệ thuật nhiếp ảnh. Lịch sử của Leica trải dài một thế kỷ, bắt đầu từ năm 1913 khi Oskar Barnack - chuyên kể rằng ông bị bệnh hen và muốn có một chiếc máy ảnh nhẹ - cho ra đời cả cuộn phim 35 mm đầu tiên và chiếc máy ảnh Leica đầu tiên, gọi là Ur-Leica. Sự phát triển của ống kính Leica từ khoảnh khắc đó đã song hành với những tiến bộ trong quang học nói riêng cũng như các tiến bộ trong công nghệ chính xác nói chung. Điều khác biệt lớn nhất là không như những thiết bị được nhắc tới trong các chương trước, chúng luôn được làm từ các vật liệu trong suốt.

Hành trình của quang học bắt đầu thậm chí còn sớm hơn, trước đó một thế kỷ.

Nếu loài người chấp nhận khái niệm sáng và tối ngay từ khi con mắt đầu tiên mở ra, nháy, hoặc nhắm lại, có lẽ chúng ta đã có những băn khoăn về hiện tượng quang học ngay sau đó - các câu hỏi về bản chất của cái bóng, sự phản chiếu, cầu vồng, hiện tượng que nhúng vào nước trông như bị bẻ cong, của các sắc thái và tông màu khác nhau, về cơ chế hoạt động của gương, của kính đốt, về lý do các vì sao lại nhấp nháy trong khi các hành tinh lại không, về cấu tạo của mắt người. Tất cả những câu hỏi đó đã được ghi lại

trong các văn bản cổ (của người Hy Lạp, Sumer, Ai Cập, Trung Hoa) từ ít nhất 3.000 năm trước. Tác phẩm *Quang học* của Euclid được viết vào năm 300 TCN. Tuy chủ yếu nói về hình học phôi cảnh cũng như nêu giả thuyết ánh sáng đi tới mắt người được tạo ra từ một chất tựa như ê-te gọi là “lửa thị giác”, tác phẩm này đã đặt nền móng cho các lý thuyết của Ptolemy 500 năm sau, góp phần thúc đẩy sự tiến bộ nghiên cứu thiên văn, cũng như đưa ra các lý thuyết về khúc xạ và phản xạ được dùng tới ngày nay.



Nguyên mẫu Ur-Leica, chế tạo năm 1913 bởi một nhân viên của Leitz tên là Oskar Barnack. Đó là một chiếc máy ảnh nhỏ, nhẹ, với màn trập gần như im lặng tuyệt đối, sử dụng phim 24 x 36 mm

Các giải phẫu cầu mắt đã cho thấy trong mắt người tồn tại một thấu kính, *perspicillum*, nằm ở ngay trước mống mắt

và có chức năng phóng đại hình ảnh. Người đầu tiên trưng bày thấu kính của mắt người là một bác sĩ người Thụy Sĩ, ông còn đặt tên cho nó bằng một từ mà người La Mã đã dùng trong hàng trăm năm nay để chỉ những mảnh thủy tinh nhỏ mà những người mắt kém dùng để hỗ trợ thị lực: *perspicillum*. Từ này về sau được dùng để chỉ kính viễn vọng quan sát những thứ ở xa, hoặc các kính mắt sơ khởi giúp người dùng đọc chữ và nhìn rõ hơn những vật thể ở gần.

Theo ghi chép, Hoàng đế La Mã Nero, một người thiển cận theo cả nghĩa đen và nghĩa bóng, đã xem các trận giác đấu qua một mảnh ngọc lục bảo lồi. Những kính mắt đích thực đầu tiên xuất hiện trong các bức tranh vẽ ở Ý vào thế kỷ XIII, có lẽ với những thấu kính giản đơn nhưng không vì thế mà không có tác động lớn tới chất lượng cuộc sống của những người đeo kính và những chuyến phiêu du khám phá. Sau đó, với các công trình của Galileo, Kepler và Newton, các lý thuyết quang học phát triển vượt bậc và khái niệm “lửa thị giác” dù mù nhường chỗ cho bộ môn quang học hình học chặt chẽ và chính xác. Tiếp đến, kính viễn vọng, ống nhòm, kính hiển vi ra đời; Benjamin Franklin được cho là đã phát minh ra kính hai tròng - nửa dưới lồi hơn và tròn hơn nửa trên, nửa dưới dùng để đọc sách và nửa trên được đặt trên một miếng đệm kim loại, dùng để nhìn xa - vào đầu những năm 1780. Tuy nhiên, theo các nghiên cứu mới nhất, kính hai tròng có thể đã được phát minh sớm hơn rất nhiều, đến 50 năm trước đó. Cuối cùng, sau khi nghiên cứu về độ nhạy sáng của một loạt họ hóa chất, nhà khoa học kiêm nhà phát minh Nicéphore Niépce đã chụp tấm ảnh đầu tiên, lưu lại

cho đời sau một khoảnh khắc khiêm nhường với tiêu đề *Nhìn từ cửa sổ ở Le Gras*.



Tuy Ernst Leitz được biết tới là người đã giúp các nhân viên Do Thái của mình di tản hàng loạt khỏi Đức, nhưng máy ảnh do công ty ông sản xuất lại được quân đội của Hitler sử dụng rộng rãi. Trên hình là hai chiếc máy ảnh Leica IIIc đeo trên cổ một sĩ quan hải quân Đức Quốc Xã

Thực ra nói *chụp* là không chính xác. Niépce sử dụng một hộp tối, ở phía sau gắn một đĩa hợp kim thiếc sơn một lớp mỏng nhựa đường - một loại nhựa đường mà ông phát hiện ra có khả năng cứng lại khi gấp ánh sáng, cường độ sáng càng lớn thì càng cứng. Loại nhựa đường này cũng có thể hòa tan trong một số dung môi đặc biệt - chẳng hạn nó có thể bị rửa trôi bằng một hỗn hợp dầu oải hương và xăng trắng - và Niépce kết luận những phần cứng hơn, sẽ khó bị rửa trôi hơn. Các phản ứng khác nhau của nhựa đường với ánh sáng và bóng tối nêu trên chính là nguyên lý hoạt động cho tấm ảnh đầu tiên. Đó là tấm ảnh chụp một sân thượng làm bằng các khối đá, với một bụi cây ở vị trí trung tâm và hơi lệch về bên phải là quang cảnh rộng lớn lấp ló tháp chuông nhà thờ cùng những ngọn đồi xa mờ. Một tấm ảnh thô kệch, khó nhìn, nhưng không thể phủ nhận chính là quang cảnh phía trước chiếc máy ảnh của Niépce.

Tấm ảnh được chụp vào mùa hè năm 1826, tại ngôi làng Saint- Loup-de-Varennes miền trung-đông nước Pháp (nay được coi là điểm hành hương của các nhiếp ảnh gia), được phơi sáng trong nhiều giờ, thậm chí là nhiều ngày. Tấm ảnh không thể được gọi là “chính xác” hay “chuẩn xác” nhưng nó mang một vẻ đẹp thoát tục, và hiện được trưng bày trang trọng trong tủ kính, đặt trong một hầm bảo mật nghiêm ngặt ở Đại học Texas, Austin.

Chúng ta không biết nhiều về kiểu ống kính mà Niépce sử dụng vào cái ngày hè oi bức ấy - nó được làm từ thủy tinh nhám hay thủy tinh nhẵn, từ bột pha lê, hay từ một mảnh hổ phách lấy từ đáy sông? Chúng ta có thể đưa ra các giả

định, nhưng không thể khẳng định chắc chắn, ngoại trừ việc ống kính ấy chắc chắn đã được gắn cố định vào hộp máy ảnh, và chắc chắn chỉ chứa một cầu phún duy nhất, một thấu kính, có lẽ có hình quả chanh, lồi hai mặt. Xem tấm ảnh, chúng ta thấy nó thể hiện mọi hạn chế mà ngành nhiếp ảnh thời kỳ đầu phải đối mặt: không có khả năng lấy nét, không có khả năng thu đủ ánh sáng, biến dạng ở mép và các khu vực nhận nhiều ánh sáng, cực kỳ thiếu chính xác. Nhưng đây là một sự sáng tạo có chủ ý, đánh dấu sự ra đời của một ngành nghệ thuật hoàn toàn mới.

Sau công trình tiên phong của Niépce, các nhà sản xuất ống kính phải đương đầu với một loạt thách thức làm hỏng chất lượng ảnh, phổ biến nhất là sắc sai, cầu sai, mờ viền, coma, loạn thị, cong trường, bokeh<sup>[\*]</sup> và chấm mờ. Họ không ngừng thí nghiệm với các ống kính phức hợp tinh vi để xử lý các vấn đề trên, nhưng vẫn đảm bảo đủ nhanh, nhẹ, chính xác, nhắm đến những tấm ảnh hoàn hảo nhất về mặt kỹ thuật. Hành trình 134 năm kể từ phát minh của Niépce năm 1826 tới sự ra đời của ống kính Summilux 35 mm f/1.4 đầu tiên của Leica năm 1960 cũng là hành trình phát triển của quang học từ giản đơn đến siêu chính xác, từ những tấm ảnh mờ nhòe cho tới những hình ảnh sắc nét đến kinh ngạc ngày nay. Độ sắc nét cao không nhất thiết đem lại giá trị thẩm mỹ cao, nhưng rất có ích cho khám nghiệm pháp y và cho phép phóng đại hình ảnh nhiều lần.

Để đạt được độ sắc nét cao, toán học đóng vai trò quan trọng không kém vật liệu. Đóng vai trò trung tâm là các khái niệm toán học như góc – ví dụ như góc khúc xạ hoặc góc tán

xạ, cả hai đều phụ thuộc phần lớn vào chất liệu của thấu kính. Khúc xạ cho biết mức độ thấu kính bẻ cong ánh sáng, tán xạ cho thấy mức độ bẻ cong khác nhau của thấu kính đối với ánh sáng ở các bước sóng khác nhau (nói cách khác là các màu sắc khác nhau). Các nhà thiết kế thời kỳ đầu hạn chế tối đa hiện tượng cầu sai và sắc sai (hậu quả của khúc xạ và tán xạ) bằng một ý tưởng đặc biệt thông minh: mài hai thấu kính từ hai vật liệu khác nhau sao cho chúng có thể xếp ăn khớp với nhau. Bằng cách này, vào cuối những năm 1830, ống kính đa lớp đầu tiên đã ra đời<sup>[\*]</sup>.

Kết cấu đa lớp, được sử dụng cho đến ngày nay, ban đầu khá sơ khởi, với chỉ hai thấu kính ép vào nhau. Một thấu kính được làm bằng thủy tinh với tính chất khúc xạ đặc biệt, ví dụ như thủy tinh cron với chỉ số khúc xạ cực thấp. Thấu kính còn lại làm từ thủy tinh flin với chỉ số khúc xạ cao nhưng tán xạ thấp. Chúng được mài và ép vào nhau, tạo ra một thấu kính đúp.

Ánh sáng từ vật thể được chụp đi qua thấu kính đúp này hội tụ lên phim ở phía sau máy ảnh, tạo ra hình ảnh ngay ngắn, sắc nét, chân thực hơn nhiều những hình ảnh nhòe nhoẹt đầy rẫy quang sai của các máy ảnh thấu kính đơn ngày xưa. Thấu kính cron khắc phục vấn đề này và thấu kính flin khắc phục vấn đề kia, chúng được mài chính xác đến mức ghép lại với nhau thành một thể thống nhất, cho ra hiệu ứng quang học thống nhất.

Từ đó đến nay, những chiếc máy ảnh chất lượng tốt nhất đều mang một tổ hợp thấu kính đa lớp. Các nhà thiết kế

thấu kính ngày nay có nhiều điểm tương đồng với người chỉ huy dàn nhạc, những bậc thầy đưa dẫn và sắp xếp các chi tiết thủy tinh chế tạo tinh vi và cẩn thận với các đặc tính hóa học và quang học khác nhau vào trong một tổ hợp hài hòa nhất. Các thấu kính hiện nay có tính chất hình học rất đa dạng và làm từ các vật liệu còn đa dạng hơn - chỉ cần bổ sung một hàm lượng cực nhỏ nguyên tố' đất hiếm là đã thay đổi hoàn toàn khả năng tán xạ, hấp thụ và khúc xạ ánh sáng của vật liệu trong suốt. Mặt khác, những vật liệu phi thủy tinh (gecmani, kẽm selenua, thạch anh nung chảy) có đặc tính thích hợp với một số dải sóng và cường độ ánh sáng nhất định.

Nhiệm vụ của ống kính là thu ánh sáng và đưa ánh sáng về phim hoặc cảm biến trong máy ảnh. Khi máy ảnh, phim, cảm biến ngày càng tân tiến (cho phép tốc độ màn trập nhanh hơn và ít nhiễu hơn, thậm chí trong thế giới kỹ thuật số là nhiều pixel hơn), yêu cầu sản xuất đối với ống kính cũng ngày càng cao và cấu tạo của chúng ngày càng phức tạp. Chẳng hạn, ống kính chụp ảnh chân dung có cấu tạo đặc thù: những ống kính đời đầu có bốn lớp, hai lớp được gắn dính vào nhau và hai lớp được nhóm với nhau nhưng có kẽ hở ở giữa, ống kính để chụp ảnh phong cảnh lại có cấu tạo hoàn toàn khác, cũng như các ống kính chụp góc rộng, cận cảnh, chụp xa, chụp macro, chụp mắt cá và zoom. Trên thực tế, một số ống kính zoom có thể thay đổi có đến 16 lớp thấu kính, một số di động, một số cố định, một số gắn chặt vào nhau và số khác có khoảng hở ở giữa. Những khoảng hở này, được đo lường chính xác, sẽ làm tăng độ dài của ống

kính, đôi khi đến mức nhiếp ảnh gia phải sử dụng một tripod để làm trụ đỡ cho thân máy.

Leica - tên công ty được ghép từ tên nhà sáng lập *Leitz* và tên sản phẩm *camera* - đi vào lĩnh vực quang học chính xác vào năm 1924. Nhà phát minh của máy ảnh 35mm đầu tiên, Oskar Barnack, cũng là người chế tạo ra hai dòng Ur-Leica vào năm 1913 và đưa ra thị trường dòng máy ảnh chuyên nghiệp O-series năm 1925 (gián đoạn do Thế chiến thứ I), thoát đầu cảm thấy kinh ngạc với chất lượng của các ống kính đời đầu. Dòng O-series được trang bị một ống kính do một thiên tài quang học từ lâu đã bị quên lãng tên là Max Berek thiết kế, bao gồm năm lớp thấu kính (ba lớp gắn dính và hai lớp đơn). Khi Barnack nhìn kết quả, một tập ảnh 20 x 25cm gửi qua bưu điện, ông không thể tin đây là những hình ảnh phóng đại từ các thước phim 35mm vì chúng quá sắc nét. Nhưng chúng quả thực chính là kết quả phóng đại mười lần từ phim. Ống kính tạo ra các tấm ảnh này được đưa ra thị trường với cái tên Elmar Anastigmat 50 mm và trở thành ống kính kinh điển của nhiều thế hệ, và là một món sưu tầm vô giá ngày nay.

Những năm sau đó, Leica cho ra đời một loạt ống kính lùng lẫy: Elmax, Angulon, Noctilux, Summarex, vô số đời Summicron, và đỉnh cao là ống kính siêu nhanh ba tiêu cự (35 mm, 50 mm, 75 mm) Summilux, tất cả đều được thiết kế để cho ra những bức ảnh chính xác nhất ngay cả ở khẩu độ rộng nhất f/1.4.

Độ chính xác trong chế tạo của các ống kính kể trên vượt xa mọi loại ống kính khác trên thị trường. Trong khi phần lớn các nhà sản xuất máy ảnh ngày nay tuân theo dung sai tiêu chuẩn ngành là 1/1.000 inch hoặc 1/1.500 inch (đối với Canon và Nikon), thân máy Leica thỏa mãn dung sai 1/100 mm, hay 1/2.500 inch. Dung sai của ống kính Leica còn chặt chẽ hơn. Chỉ số khúc xạ của ống kính Leica được tính toán tới sai số  $\pm 0,0002\%$  và độ tán xạ (số Abbe) tới  $\pm 0,2\%$ , vượt xa tiêu chuẩn quốc tế của ngành là 0,8%. Các thấu kính được đánh bóng và mài tới một phần tư lambda (hay một phần tư độ dài bước sóng ánh sáng) và bề mặt thấu kính được gia công theo dung sai 500 na-no-mét, hay 0,0005mm. Với các thấu kính phi cầu để khắc phục cầu sai phổ biến ở khẩu độ rộng, bề mặt của chúng được gia công tới dung sai 0,03 mi-cro-mét, hay 0,00003mm.

Ống kính tôi hiện dùng, kế vị ống kính Summilux 35mm f/1.4 nhỏ bé nhưng kinh điển đầu tiên của tôi, thỏa mãn tất cả các tiêu chuẩn trên. Nó bao gồm một thấu kính phi cầu, gần đây được ký hiệu là ASPH FLE, với bốn trong chín lớp có khả năng *nổi*, tức là di chuyển tự do trong ống kính. Ống kính này được coi là ống kính góc rộng tốt nhất từng được sản xuất và nhận được vô số khen ngợi.

Cầm trong tay một ống kính như thế (một tổ hợp nhôm-kính- không khí chỉ nặng chưa đầy 0,3 kg) là cầm một trong các sản phẩm tiêu dùng chế tạo chính xác nhất của thời hiện đại, chỉ xếp sau điện thoại thông minh. Điện thoại di động ngày nay (như sẽ được đề cập ở chương sau) là một tổ hợp chính xác cả về cơ khí, với một loạt các cấu phần ghép

với nhau ở dung sai nghiêm ngặt nhất, và cả về điện tử, bởi không có cấu phần nào can thiệp vào hoạt động hoàn hảo của các cấu phần khác. Bảng mạch điện thoại thông minh và những bảng mạch trong các thiết bị hiện đại khác đưa khái niệm chính xác lên một tầm cao mới. Tuy nhiên, đây là chủ đề cho chương sau.

CƠ KHÍ CHÍNH XÁC, ở cấp độ cao như vậy, đôi khi cũng mắc lỗi – những khiếm khuyết tí hon có thể tích lại, kết hợp, cộng hưởng, biến thành những khiếm khuyết lớn, tạo ra những vấn đề ngoài sức tưởng tượng của người thiết kế.

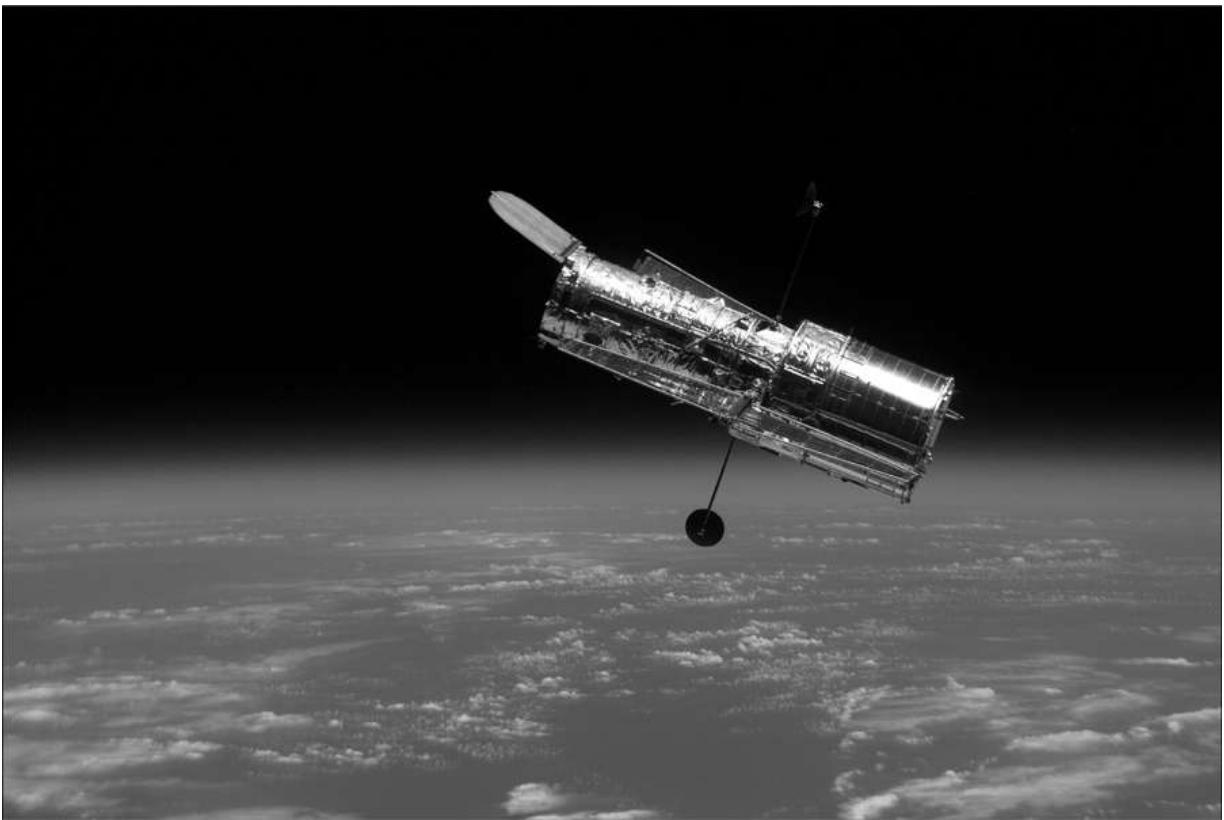
Ví dụ, những công nhân ở Hucknall, Nottinghamshire, những người vào năm 2009 đã gia công những đường ống kim loại dẫn dầu bôi trơn cho tua-bin của động cơ phản lực, hẳn không thể hình dung một chút sai lệch họ tạo ra sẽ dẫn đến một vụ nổ trong động cơ khiến nó tự hủy và đe dọa tính mạng của gần 470 con người trên bầu trời Indonesia.

Dung sai mà các thiết bị chính xác hiện đại đòi hỏi không cho phép bất kỳ lỗi lầm nào dù nhỏ nhất, nhưng chừng nào con người vẫn tham gia vào quá trình sản xuất thì chừng ấy lỗi lầm của con người vẫn sẽ xuất hiện. Có lẽ ví dụ điển hình gần đây nhất về sự giao thoa giữa lỗi lầm con người và cơ khí chính xác là câu chuyện về Kính viễn vọng Không gian Hubble, một câu chuyện đi từ thất bại đến thành công.

“NẾU ĐỀ NGHỊ MỌI NGƯỜI nêu tên của một kịch tác gia,” Mario Livio, nhà vật lý thiên văn của NASA kiêm nhà khoa học cấp cao của dự án kính viễn vọng nói, “phần lớn sẽ nêu tên Shakespeare. Nếu hỏi họ tên của một nhà khoa học,

phần lớn sẽ nêu tên Einstein. Nếu yêu cầu họ nói tên của một chiếc kính viễn vọng, tất cả sẽ gọi tên Hubble<sup>[\*]</sup>.” Chiếc kính viễn vọng này được công chúng đặc biệt ngưỡng mộ, một phần nhờ những hình ảnh tráng lệ mà nó gửi về Trái đất trong những năm gần đây. Song Hubble, ít nhất với một số người trong chúng ta, cũng được nhớ đến bởi những lỗi lầm của nó, bởi một khởi đầu tồi tệ và sự hồi sinh như phượng hoàng từ đống tro tàn.

Kính viễn vọng Hubble được phóng vào quỹ đạo ở độ cao gần 600 km so với Trái đất vào ngày 24 tháng 4 năm 1990. Kính Hubble được đặt theo tên của Edwin Hubble, nhà thiên văn học không gian sâu vĩ đại nhất nước Mỹ, người đầu tiên đưa ra giả thuyết vũ trụ giãn nở và dành cả cuộc đời nghiên cứu những vùng không gian xa xôi ngoài thiên hà nhỏ bé của chúng ta, đã qua đời gần 40 năm trước đó. Đây là một đài quan trắc trong không gian, thành quả của một quá trình chuẩn bị kéo dài hơn một phần tư thế kỷ, phục vụ công tác nghiên cứu các vì sao, dải thiên hà, tinh vân, và hố đen xa xôi<sup>[\*]</sup>. Kính viễn vọng Hubble thực chất là sự tiếp nối các nghiên cứu của Hubble hơn là một đài tưởng niệm dành cho ông.



Kính viễn vọng Không gian Hubble được phóng vào quỹ đạo cách Trái đất hơn 600km vào ngày 24 tháng 4 năm 1990. Sau khi các khiếm khuyết trong gương được phát hiện, nó được sửa chữa trong không gian vào tháng 12 năm 1993. Kể từ đó, Kính viễn vọng Hubble luôn vận hành hoàn hảo và gửi về vô số hình ảnh vũ trụ mê hoặc

Tàu con thoi *Discovery* đưa Kính Hubble lên không gian, vượt xa các ô nhiễm và biến dạng của bầu khí quyển trái đất, thoải mái tránh xa tác động của địa từ trường và trọng lực Trái đất. Đây là chuyến đi thứ bảy của con tàu chăm chỉ này – theo lệnh là một chuyến đi ngắn (năm ngày). Phi vụ này được đánh số hiệu STS-31, và tuy được đánh số 31 nhưng lại là phi vụ thứ 35 của hạm đội năm tàu trong Hệ thống Chuyên chở vào Không gian của NASA – trừ việc ở thời điểm phóng, quân số tàu chỉ còn bốn.

Chính vì thế, những người quan sát quá trình phóng của *Discovery* vào ngày mùa xuân ấm áp ở Florida ấy lo âu hơn thường lệ. Bốn năm trước, tàu con thoi *Challenger* đã phát nổ 74 giây sau khi cất cánh và toàn bộ phi hành đoàn hy sinh. Sau ba năm, các hoạt động tưởng niệm, điều tra, khắc phục và cải tổ, NASA quyết định chọn *Discovery* làm phương tiện cho vụ phóng đầu tiên sau vụ tai nạn đó. Ngoài mục đích chính là phục vụ khoa học, vụ phóng này, diễn ra vào tháng 9 năm 1988, còn có sứ mệnh giành lại niềm tin của công chúng. Cả nước thở phào nhẹ nhõm khi con tàu cất cánh thành công, sau đó dành bốn ngày bay quanh quỹ đạo Trái đất và hạ cánh êm xuôi ở California.

*Discovery* thực hiện hai chuyến bay nữa vào tháng 3 và tháng 11 năm 1989, và nước Mỹ tin các vấn đề xảy ra với *Challenger* (một vòng đệm cao su bị đông cứng trong nhiệt độ dưới 0 độ giữa mùa đông của ngày phóng, khiến nhiên liệu rò rỉ từ tên lửa đẩy nhiên liệu rắn) đã được giải quyết. Tuy nhiên, STS-31 vẫn là một phi vụ mang giá trị cực lớn: trong khoang hàng hóa của nó có một chiếc kính viễn vọng, do Lockheed sản xuất và trang bị dụng cụ quang học của Perkin-Elmer Corporation, ngốn 1,8 tỷ đô-la ngân sách nhà nước. Thế nên, lo âu trước và ngay cả sau khi con tàu cất cánh là rất cao và kéo dài đến hôm sau, khi phi hành đoàn sử dụng cánh tay robot của *Discovery* để chuyển kính viễn vọng ra khỏi khoang; cài đặt pin mặt trời, thiết bị viễn trắc và ăng-ten radio; *bật nó lên*, và cuối cùng thả cho đài quan trắc lớn đầu tiên của NASA trôi tự do trong quỹ đạo<sup>[\*]</sup>.

Hubble, dù có kích thước đồ sộ ở mặt đất (tương đương ngôi nhà năm tầng), lại trở nên bé nhỏ so với khoảng không bát ngát của vũ trụ và không được đánh giá cao về vẻ bề ngoài. Trong nó có gì đó cồng kềnh, vụng về - như một cậu thiếu niên mồm mím lớn quá nhanh và phải mặc những bộ đồ cũ quá nhỏ so với thân thể tộc ngộc. Nắp ở đầu nhận ánh sáng trông cũng không kém phần thô kệch - hệt như nắp thùng rác đặt trong bếp, dễ tưởng đâu đó trên thân của nó cũng có một cái bàn đạp để đạp mở nắp. Nhưng không có bàn đạp mà chỉ có các tấm pin mặt trời vuông vức, có khả năng đóng vào và mở ra tùy theo nhiệt độ, độ cao và vị trí của kính viễn vọng.

Tuy diện mạo thiếu lung linh nhưng hai công ty sản xuất và NASA đều biết đây là một thiết bị vô cùng mạnh mẽ. Ở nhiều phương diện, nó là một kính viễn vọng đơn giản sử dụng gương phản xạ Cassegrain, quen thuộc với tất cả các nhà thiên văn học nghiệp dư, gồm một cặp gương đối diện nhau - gương chính thu ánh sáng và phản xạ vào gương phụ nhỏ hơn, và gương phụ phản xạ ánh sáng qua một lỗ ở giữa gương chính vào các thiết bị quan sát (máy ảnh, quang phổ kế, đầu dò ứng với các bước sóng khác nhau từ tử ngoại tới phổ nhìn thấy và tới cận hồng ngoại). Các đầu dò được xếp vào các hộp to cỡ bốt điện thoại công cộng, san sát nhau sau gương chính, từ đó dữ liệu sẽ được chuyển dưới dạng tín hiệu viễn trắc về mặt đất.

Thiết kế Cassegrain sử dụng trong Kính viễn vọng Hubble xoay quanh việc sử dụng một dạng gương đặc biệt - gọi là gương phản xạ hyperbol - nhằm giảm thiểu sự xuất hiện của

hai dạng quang sai trong ảnh: quang sai dạng sao chổi, gọi là coma, và cầu sai đi từ viễn thấu kính. Sau khi *Discovery* rời quỹ đạo và lao về mặt đất vào tháng 5 năm ấy, để lại kính viễn vọng trơ trọi một mình trong không gian, kính Hubble, với tất cả các biến dạng quang học đã được tính tới, được kỳ vọng sẽ mang đến những phát hiện thiên văn quan trọng.

Thế nhưng, chỉ sáu tuần sau, ác mộng bắt đầu diễn ra – một kiểu ác mộng không giống với *Challenger*, khi các kỹ sư ở xa biết được những rủi ro của việc cất cánh trong thời tiết giá buốt, nên đã cố gắng tìm đủ cách để hủy vụ phóng trong tuyệt vọng. Trong trường hợp của Hubble, mọi thứ trôi qua êm ả và tất cả mọi người đều hài lòng – và đâm ra chủ quan.

Câu chuyện khởi đầu hết sức thường tình. Ba tuần sau khi kính viễn vọng lên quỹ đạo, vào ngày 20 tháng 5, tất cả đều tin nó đã nguội đi và chuyển từ nhiệt độ mặt đất sang nhiệt độ không gian quỹ đạo, và Trung tâm Điều khiển Mission Control đã gửi đi tín hiệu mở nắp kính.

Hubble chính thức đi vào hoạt động. Ánh sáng đầu tiên từ hàng triệu ngôi sao – sự kiện mở nắp cũng được đặt tên là Ánh sáng Đầu tiên – tràn vào bên trong kính viễn vọng, đi tới gương chính, phản chiếu qua gương phụ, và cuối cùng chạm tới các đầu dò và trở thành dữ liệu mà các nhà nghiên cứu đang nóng lòng chờ đón tại Viện Khoa học Viễn vọng Không gian, Đại học Johns Hopkins ở Baltimore. Việc truyền tải diễn ra suôn sẻ và dữ liệu đều đặn gửi về. Nhà thiên văn

học Eric Chaisson đã kiểm tra những hình ảnh được gửi về và đột nhiên cảm thấy “lòng chùng xuống”.

Có gì đó sai, rất sai. Hình nào cũng nhòe.

Hai tuần sau, Edward Weiler, khi ấy là nhà khoa học trưởng của chương trình Hubble tại Trung tâm Phi hành Không gian Goddard của NASA, ở cách đó gần 50km, đang nhấm nháp tận hưởng thành công của giai đoạn đầu nhiệm vụ, thì nhận được một cú điện thoại khẩn từ một đồng nghiệp ở Phòng vận hành khoa học không gian tại Baltimore. Họ cho biết dù đã thử nhiều cách nhưng tất cả các hình ảnh phát về từ Hubble đều nằm ngoài vùng lấy nét (trừ ảnh đầu tiên vì lý do nào đó lại rất sắc nét).

Họ đã cố gắng trong nhiều ngày, không dám thông báo cho truyền thông, để tinh chỉnh ảnh bằng cách di chuyển gương phụ và lấy các hình ảnh rõ nét từ gương chính. Nhưng dù các nhà thiên văn ở phòng điều khiển nhất trí chất lượng hình ảnh họ nhận được tương đương hoặc tốt hơn hình ảnh từ kính viễn vọng mặt đất, chúng vẫn không tốt như kỳ vọng. Nhưng nói như vậy vẫn là quá lạc quan. Sự thật tàn nhẫn là không một hình ảnh nào đủ sắc nét để sử dụng: chất lượng của chúng thật thất vọng - vô dụng, vô giá trị. Nhiệm vụ Hubble được đánh giá là một thất bại thảm hại.

Tin buồn được công bố cho cả thế giới vào ngày 27 tháng 6 năm 1990, hai tháng sau ngày phóng. Cảnh tượng các quan chức NASA bận đồ công sở, diện mạo u ám (Ed Weiler, ngày ấy tóc vàng và hồng hào như một thiên thần, cũng

mang vẻ mặt thê lương không kém những người khác), xếp hàng để đối mặt với một binh đoàn phóng viên đang sững sờ nhìn vào hình ảnh của một thất bại thê thảm sẽ đọng lại mãi trong tâm trí công chúng xem truyền hình. Tất cả đều đúng, các quan chức ở buổi họp báo nói, một vài người nghẹn ngào. Các dấu hiệu cho thấy tấm gương chính đường kính 2,5m của kính viễn vọng, thời đó được coi là gương quang học chính xác nhất từng được chế tạo, có cạnh bị mài quá phẳng.

Sai lệch này chỉ ở mức độ cực nhỏ, khoảng 1/50 độ dày của một sợi tóc người, nhưng cũng đủ để phá hoại hoàn toàn chất lượng hình ảnh. Coma và cầu sai đến từ lỗi sai tí hon này khiến tất cả các hình ảnh thu về đều bị nhòe và khiến các thiên hà ở xa trông như kẹo dẻo, các vì sao trông như bông phấn và tinh vân thì như các đốm mất màu. Hình ảnh tệ như thế thì ai đó với kính viễn vọng dài hai tấc đứng ở khoảng sân sau nhà đầy khói bụi ở Ohio cũng thu về được. Nói cách khác, gần 2 tỷ đô-la và 20 năm lao động cật lực của các nhà khoa học và kỹ sư ở Mỹ và châu Âu (vì đây đồng thời là dự án của Cơ quan Vũ trụ châu Âu) coi như đổ sông đổ bể.

Vụ việc bị đả kích không thương tiếc trên báo đài. Nhiều ý kiến cho rằng Hubble chẳng hơn gì Edsel, dòng xe của Ford bị công chúng quay lưng. Có người còn đùa rằng nhà thiết kế ra Hubble chính là Ngài Magoo, nhân vật hoạt hình nổi tiếng cận thị nặng. Các họa sĩ biếm họa báo chí vẽ Hubble phát hiện ra những quả chanh ở trên trời và tín hiệu nhiều trên ti vi, và tất cả những gì NASA khám phá ra là một vũ trụ

vô nghĩa. Một thượng nghị sĩ Maryland phẫn nộ bình phẩm nghề của NASA có vẻ là chuyên tạo ra những thứ vô tích sự. Thảm họa quang học của Hubble tuy không gây ra thương vong nhưng dẫn đến vô số ê chề và bẽ bàng trước công chúng, theo một số chính trị gia là sánh ngang với thảm họa khí cầu *Hindenburg* và vụ chìm tàu *Lusitana*.

Thực vậy, trong mắt một số nhà lập pháp nóng nảy, cũng là những người nắm ngân sách của NASA, thất bại của dự án vệ tinh dân sự đắt đỏ nhất trong lịch sử này đe dọa cả tương lai của NASA - và một loạt lỗi sai khác cũng đang được phát hiện, ví dụ như lỗi ở pin mặt trời khiến cả kính viễn vọng rung lắc, và thế thì còn nghiên cứu được gì nữa. Chỉ bốn năm trước đó, *Challenger* đã phát nổ vì sự yếu kém của NASA, giờ lại đến chuyện này. Tương lai của 25.000 nhân viên NASA cũng như vô số các nhà cung ứng và nhà thầu khác đột nhiên bị đưa lên thớt.

Cuối cùng, lỗi được truy nguyên xuất xứ về một công ty, thời đó có tên Perkin-Elmer Corporation, có trụ sở tại Danbury, Connecticut, cách thành phố New York 90 phút chạy xe về hướng Bắc. Công ty này từ cuối những năm 1960 đã mài gương và chế tạo máy ảnh cho hàng loạt vệ tinh do thám tuyệt mật - một thành viên có thâm niên của “phe hắc ám” (tập hợp các tổ chức và dự án nghiên cứu sản xuất phục vụ quân đội Mỹ, với vai trò quan trọng nhưng mơ hồ với sự phát triển của công nghệ chính xác). Bên trong một tòa nhà xi măng không cửa sổ nằm trên một ngọn đồi bên ngoài Danbury là các máy mài và đánh bóng từ nhiều năm nay đã được sử dụng để giúp quân đội và tình báo Mỹ do

thám khắp mọi ngóc ngách thế giới mà không ai ở dưới mặt đất hay biết.

Năm 1975, Perkin-Elmer trúng thầu một hợp đồng mới trị giá 70 triệu đô-la, một mức bỏ thầu thấp cõi ý<sup>[\*]</sup>, để tạo hình, mài và đánh bóng gương chính cho kính viễn vọng mới khổng lồ. Một đĩa trắng khổng lồ bằng thủy tinh được vận chuyển từ nhà máy thủy tinh Corning vào mùa thu năm 1978. Ngay từ đầu đã có điểm không lành. Một thanh tra kiểm soát chất lượng suýt, ngã vào gương, may mà một đồng nghiệp nắm áo kéo lại. Công đoạn gắn các lớp gương với nhau bị trực trặc, khiến khoảng không giữa các lớp kính của gương bị sai lệch đáng kể: lò nung ở nhiệt độ 3.600 độ đã hợp nhất cấu trúc bên trong theo cách nào đó khiến gương bị rạn trong quá trình đánh bóng, và trong ba tháng liền, công nhân của nhà máy Corning phải dùng axít và dụng cụ nha khoa để tách các lớp đã gắn kết của gương.

Corning chưa bao giờ phải chế tạo sản phẩm thủy tinh nào khó khăn đến thế. Và Perkin-Elmer cũng chưa bao giờ nhận một đơn đặt hàng thách thức như vậy: hợp đồng với NASA yêu cầu công ty phải mài và đánh bóng chi tiết thủy tinh thạch anh nung chảy sao cho nó đạt được độ lồi như yêu cầu. Ít nhất khoảng 100kg vật liệu sẽ bị bỏ đi trong quá trình mài và bề mặt gương phải đạt độ trơn nhẵn chưa từng có tiền lệ: không lệch quá một phần một triệu inch. Nếu tấm gương là Đại Tây Dương thì mặt biển không được nhấp nhô quá 10 cm. Nếu tấm gương là nước Mỹ thì không có đồi và thung lũng nào được cao hoặc sâu quá 7 cm.

Công đoạn mài thô bắt đầu được thực hiện tại nhà máy Perkin- Elmer ở Wilton, Connecticut, ngay sau khi tấm kính thô được Corning chuyển đến. Nhưng ngay ở công đoạn này đã xảy ra vô số trực trặc và trì hoãn - nghiêm trọng nhất là khi một mạng lưới các vết rạn và nứt sâu bên trong khối thủy tinh được phát hiện, sau đó phải khoét ra và nung lại, một quá trình phức tạp tương tự giải phẫu não. Cuối cùng, vào tháng 5 năm 1980, gương được tạo hình thành công và được chuyển bằng xe tải tới một nhà máy bí mật bên ngoài Danbury để đánh bóng, chậm tiến độ chín tháng.

Chi tiết gia công được cẩn thận hạ xuống một cái nền có 184 đinh titan chĩa lên, trông na ná giường của các tu sĩ khổ hạnh, có tác dụng mô phỏng môi trường vận hành không trọng lực của kính Hubble. Một cánh tay điều khiển bằng máy tính được chuyển tới. Một miếng vải ở đầu cánh tay lần lượt được phết các chất đánh bóng với độ mài mòn giảm dần (từ dung dịch kim cương đến bột sắt đỏ kim hoàn đến xêri ôxít) và chà lên mặt kính để đánh bóng dưới sự điều khiển của máy tính. Mỗi đợt đánh bóng kéo dài ba ngày liên tục và công nhân đánh bóng phải làm việc theo các ca nối liền, mỗi ca mười tiếng. Sau ba ngày đánh bóng, gương sẽ được chuyển đi kiểm nghiệm và dựa vào kết quả kiểm nghiệm, lệnh máy tính sẽ được điều chỉnh, chẳng hạn như đánh bóng chỗ nào ở áp suất kia bằng chất đánh bóng nọ, trong ngắn này thời gian, vân vân. Sau ba ngày, kiểm nghiệm lại được tiến hành, cứ như vậy suốt nhiều tuần liên tục. Công tác kiểm nghiệm thường được thực hiện vào ban đêm để tránh rung động từ giao thông trên Xa lộ 7; điều hòa

cũng được tắt với cùng lý do. Tất cả những người tham gia đều thực hiện công việc một cách nghiêm túc và tỉ mỉ nhất có thể, xứng đáng với danh tiếng của công ty.

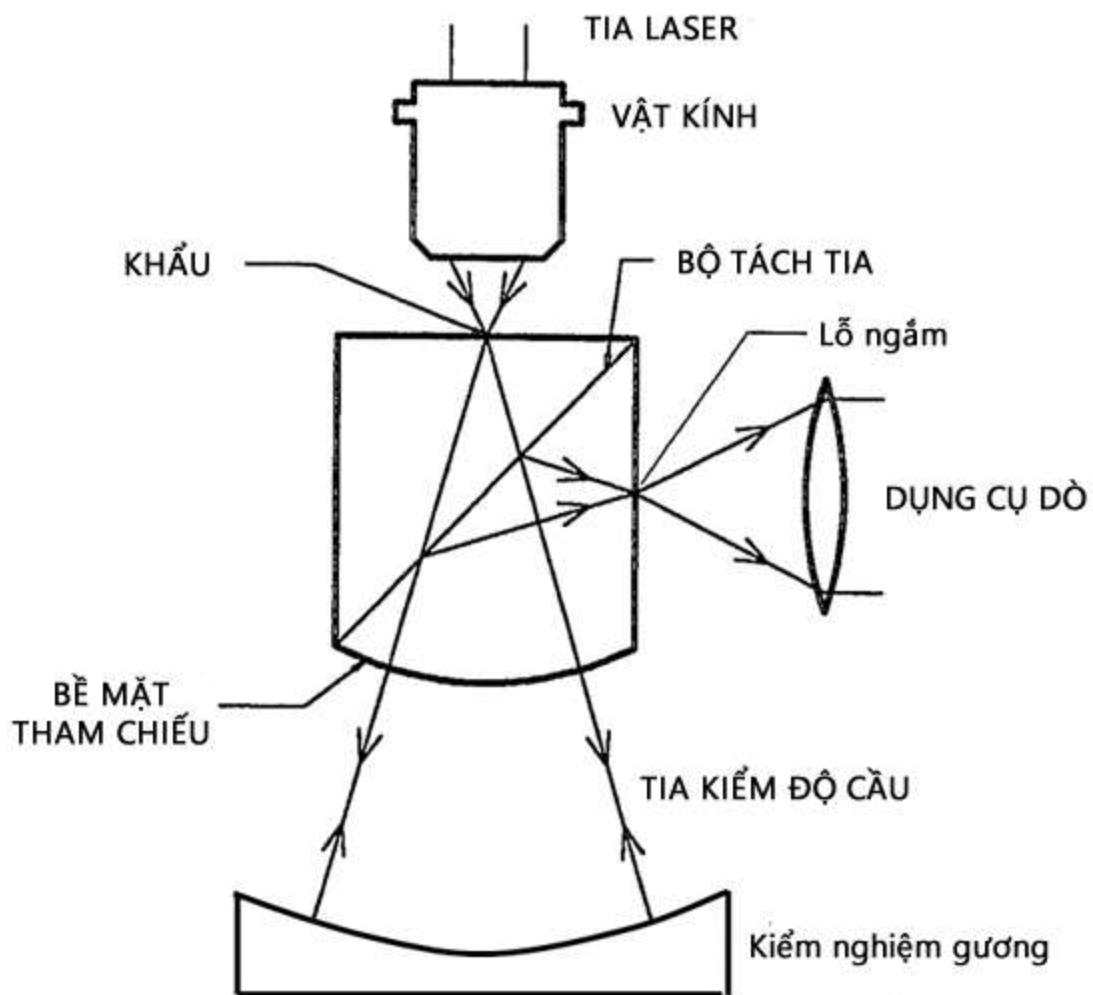
Song, đôi khi họ cũng mắc những lỗi nhỏ, hay đúng hơn là họ đặt lệnh sai cho máy tính và máy tính mắc lỗi. Đã qua rồi cái ngày mà một thợ gương giàu kinh nghiệm có thể rà ngón tay cái lên mặt gương để kiểm tra sự chính xác. Ngày nay, mọi đo lường đều được thực hiện bởi máy tính và một ngày, một kỹ sư ở Danbury đã nhập số 1.0 vào máy tính thay vì 0.1 - và kinh hoàng chứng kiến dụng cụ mài cắt một rãnh vào mặt gương. May thay, một kỹ thuật viên giám sát đã ngắt máy khi nhận ra tai nạn. Vết cắt nhỏ này không được khắc phục hoàn toàn mà chỉ được mài nhẵn phần nào và thông báo cho các nhà khoa học để họ đưa vào tính toán.



Gương chính với đường kính 2,5m của Kính viễn vọng Hubble đang được đánh bóng ở nhà máy tuyệt mật của Perkin-Elmer Corporation ở Danbury, Connecticut. Một lỗi đo bị bỏ qua trên gương dẫn đến sai lệch về độ phẳng của gương ở mức 1/50 độ dày tóc người, và kết quả là hình ảnh chuyển về từ Hubble đều nhòe nhoẹt và vô dụng

Cái lỗi định mệnh đã xảy ra ở trong phòng kiểm nghiệm. Trong khi bề mặt gương đang được đánh bóng với độ chính xác cao nhất thì phép đo lại cho ra kết quả hoàn toàn sai. Nhóm kỹ sư ở Danbury đã chế tạo dụng cụ đo không chính xác: họ sử dụng một thiết bị giống thước thẳng với độ dài chỉ định đúng 30,48 cm nhưng thực chất lại dài gần 32 cm - và không ai phát hiện ra điều này. Các kỹ sư hóa ra đã dành

toàn bộ thời gian dụng công đo lường và chế tạo một thứ hoàn hảo nhưng hoàn toàn sai, một cái gương dành cho kính viễn vọng thiếu chính xác một cách chính xác.



### Bộ hiệu chỉnh về 0

Một vết sơn tróc và ba vòng đệm tí hon hóa ra lại là thủ phạm tạo ra kết quả sai lệch của bộ hiệu chỉnh về 0 được dùng để đo mặt gương chính của Hubble

Thiết bị mà họ sử dụng để kiểm nghiệm tấm kính rất quen thuộc, được gọi là bộ hiệu chỉnh về 0. Nó là một khối trụ kim loại to cỡ một két bia, gắn với một cặp gương và một thấu kính. Tia laze được chiếu vào hai tấm gương, đi qua thấu

kính tới bề mặt cần kiểm nghiệm và phản chiếu về thấu kính, gương, rồi quay về điểm xuất phát. Nếu bề mặt kiểm nghiệm không có lỗi thì tia sáng đi ra và quay về sẽ trùng nhau ở tất cả các bước sóng và cho ra một tấm ảnh gồm các đường thẳng song song. Nếu bề mặt kiểm nghiệm có sai lệch về hình dạng và độ nhẵn, các sóng sẽ giao thoa và cho ra các vân. Bộ hiệu chỉnh về 0, một thiết bị đo được chế tạo riêng trị giá cả triệu đô-la, về bản chất là một giao thoa kế, nếu được thiết lập đúng, có khả năng kiểm tra độ chính xác tuyệt đối của bề mặt gương và một phần của bước sóng ánh sáng.

Với điều kiện tối quan trọng: khoảng cách từ tấm gương phía dưới trong bộ hiệu chuẩn tới thấu kính ở đế của nó phải được đo chính xác.

Trong trường hợp của bộ hiệu chỉnh ở Danbury, khoảng cách này sai, và vì một lý do ngớ ngẩn và tầm phào không thể tưởng tượng nổi.

Để cài đặt khoảng cách giữa tấm gương phía dưới và thấu kính của bộ hiệu chỉnh, chúng ta cần chế ra một thanh kim loại có chiều dài đúng như chỉ định - và người ta đã làm ra ba thanh như thế (hai thanh dự phòng) bằng hợp kim Invar - một loại hợp kim có hệ số giãn nở nhiệt thấp, rồi đo lường và cắt chúng. Sau đó, họ cài một trong ba thanh đo này vào bên trong bộ hiệu chỉnh về 0 và chiếu một tia laze lên đầu nó. Sử dụng một kính hiển vi được chế tạo đặc biệt và một giao thoa kế laze, một kỹ thuật viên sẽ thiết lập khoảng cách để điều chỉnh thấu kính vào đúng vị trí. Đây là một việc

vô cùng khó, nhưng không phải không làm được - và để hỗ trợ kỹ thuật viên, một nắp hướng dẫn đặc biệt với một lỗ tí hon vừa vặn với kích thước tia laze đã được gắn lên đinh thanh đo để đánh dấu chính xác vị trí mà tia laze phải nhắm vào.

Quan trọng nhất là cái nắp phải được phủ một lớp sơn không phản chiếu laze, sao cho tia laze không tập trung vào nắp mà chỉ tập trung vào đinh thanh kim loại ở bên dưới lỗ. Không may, một phần nhỏ nắp bị tróc sơn và tia laze bị phản chiếu ở phần sơn tróc đó thay vì đi qua lỗ trên nắp đến đinh thanh kim loại (cũng có khả năng phản chiếu laze). Bề mặt nắp cách đinh thanh kim loại đúng 1,3 mm và đó cũng là sai lệch trong phép đo của giao thoa kế.

Vì sai lệch này, các kỹ thuật viên không thể đặt thấu kính đúng như vị trí nó cần có. Giá đỡ thấu kính bị lệch 1,3 mm. Cần có một cái gì đó để hạ giá xuống 1,3 mm vì không có thời gian làm giá mới.

Và thế là các kỹ thuật viên nhanh trí đã quyết định: họ sẽ dùng ba vòng đệm thường dùng ở nhà để buộc thấu kính hạ xuống 1,3 mm. Họ buộc phải làm thế vì máy đo laze đơn giản không thể sai. Laze rất chính xác, nó không bao giờ nói sai sự thật. Vậy là người ta đặt ba vòng đệm chồng lên nhau và dùng búa đập để đạt độ dày 1,3 mm, rồi đặt lên trên thấu kính và coi như thấu kính đã về đúng vị trí chỉ định.

Sau đó, bộ hiệu chỉnh về 0, giờ đây đã được hoàn thiện nhưng có đầy khiếm khuyết, được cẩn thận đặt vào vị trí phía trên gương kính viễn vọng. Các kỹ sư dùng nó để đo đi

đo lại cho đến khi gương chính của Kính viễn vọng Không gian Hubble đạt đúng kích thước, hình dạng và các thông số khác như NASA yêu cầu.

Nhưng sự thực không phải vậy. Bộ hiệu chỉnh về 0 cho thấy gương đạt chuẩn, nhưng bộ hiệu chỉnh đã sai. Các thanh tra của NASA đã chứng minh được điều này vì Perkin-Elmer vẫn đặt bộ hiệu chỉnh trong phòng kiểm nghiệm và để nó y nguyên tình trạng như ngày kiểm nghiệm cuối cùng cách đó gần một thập kỷ<sup>[\*]</sup>. Kết quả là sai lệch nhỏ trong thanh đo và trong bộ hiệu chỉnh đã dẫn đến độ phẳng ở viền gương lệch chuẩn 2,2 mi-cro-mét – 1/50 độ dày sợi tóc – một sai lệch hiển vi nhưng khiến mọi hình ảnh gửi về Trái đất mùa hè năm 1990 trở nên vô dụng và biến kính Hubble thành trò cười của thiên hạ.

“Nếu thăm dò ý kiến của tất cả các kỹ sư và nhà khoa học ở Mũi [Canaveral] về mười mối lo lớn nhất của họ vào cái đêm của vụ phóng,” Ed Weiler sau này phát biểu, “về những trực trặc và hỏng hóc có thể xảy ra trong Hubble, tôi dám cược cả ngôi nhà của mình và nhiều thứ khác rằng không ai đề cập tới chuyện gương bị sai lệch hình dạng dẫn đến cầu sai như bây giờ. Không ai lo chuyện đó hết vì chúng tôi đã được nghe bên quang học khẳng định chúng tôi đang có trong tay tấm gương hoàn hảo nhất Trái đất.”

Thực tế thì họ đã có một tấm gương như vậy, nhưng thiết bị đo mà họ dùng để tuyên bố với mọi người rằng tấm gương có thông số chính xác, lại là một thiết bị thiếu chính

xác. Và ở góc độ nào đó, tấm gương này hoàn hảo thật, chỉ có điều nó hoàn hảo theo một phép đo sai lầm thảm họa.

Người xưa từng nói: “Vì thiếu một cây đinh...”<sup>[\*]</sup> Trong trường hợp này, một đốm sơn tróc trên một thanh Invar, một chút cẩu thả của các kỹ thuật viên bị thúc giục và ngân sách eo hẹp dù không dẫn đến mất nước nhưng dẫn đến một loạt sửa chữa mạo hiểm gây hao tổn tiền thuế của người dân.

Sau đó, Hubble được khắc phục và trở nên thành công đến nỗi thường xuyên được nhắc đến là dụng cụ khoa học giá trị nhất từng được chế tạo, cho phép con người thăm dò những vùng sâu xa của vũ trụ, một điều mà các nhà thiên văn học không dám mơ tới trước đây. Lỗi của nó đã được xử lý, khiếm khuyết của nó đã được khắc phục, và khắc phục hoàn toàn – nhưng câu chuyện sửa lỗi cũng khó tin như câu chuyện mắc lỗi trước đó vậy.

Công tác sửa chữa phải được thực hiện trong không gian – không có cách nào đưa Hubble trở về xuống. Vấn đề cơ bản được xử lý bằng cách cài đặt một thiết bị quang học hiệu chỉnh – tương tự như để một người cận thị nặng đeo kính áp tròng hoặc mổ mắt – nhưng vì nhiều lý do kỹ thuật, đây là một việc cực khó. Ống kính viễn vọng hẹp và chưa đầy dụng cụ, đường ống, dây nhợ, và để một phi hành gia đi xuống đó với bình ô xy, cờ lê và tua vít, đồng thời ôm thiết bị hiệu chỉnh là điều không tưởng.

Giải pháp cuối cùng đã nảy ra khi một kỹ sư đứng tắm dưới vòi hoa sen trong một phòng tắm khách sạn ở Munich, miền Nam nước Đức.



Jim Crocker, một kỹ sư quang học của NASA, trong khi đang tắm ở một khách sạn tại Đức đã nhận ra một thiết bị tương tự như vòi hoa sen có thể được sử dụng để thăm dò bên trong ống kính viễn vọng Hubble và sửa chữa những lỗi quang học hoặc cài đặt những bộ phận hiệu chỉnh. NASA đã đồng ý và gửi đi những thiết bị cần thiết, sau đó vấn đề ngay lập tức được giải quyết hoàn toàn (bản quyền hình ảnh thuộc về NG Images)

Đó là Jim Crocker, khi ấy là kỹ sư quang học cao cấp của dự án Hubble, và cũng như các cộng sự của mình, ông đặc biệt thất vọng vì trực trặc của Hubble. Và cũng như những người tập trung ở Đức hôm ấy để họp khẩn với Cơ quan Vũ trụ châu Âu, nơi người này thúc giục người kia tìm giải pháp, Crocker mất ăn mất ngủ về phương án sửa chữa. Tất cả những gì cần làm là lắp đặt một thiết bị quang học hiệu chỉnh để khắc phục cầu sai của gương chính. Thiết bị này không thể được đặt ở trước gương chính hay giữa gương

chính và gương phụ, vì không phi hành gia nào của NASA đủ bé nhỏ để chui vào trong ống kính. Cách duy nhất là đặt thiết bị - và sẽ có bốn thiết bị hiệu chỉnh cho bốn đầu dò bên trong Hubble - đằng sau gương chính, ngay trước đầu dò. Nhưng làm thế nào? Đó mới là bài toán nan giải.

Jim Crocker đã nghĩ ngợi vẩn vơ như mọi người thường làm khi đứng dưới làn nước nóng, vô tình nhìn lên chiếc vòi hoa sen mạ crôm thường thấy ở Đức, và giật mình, nhìn kỹ hơn.

Vòi sen được gá vào một cái kẹp, đặt trên một giá đứng dày khoảng 2,5 cm, có thể di chuyển lên xuống hoặc cố định một chỗ tùy theo chiều cao của người dùng. Đầu vòi không những di chuyển lên xuống được, mà còn có thể điều chỉnh để cúi xuống, ngửa lên, hoặc quay sang hai bên tùy ý. Nhân viên khách sạn đã để vòi ở chân giá và ngửa lên song song với tường. Crocker sẽ phải trượt nó lên trên đầu mình và gập miệng vòi xuống để xả nước vào đầu.

Dưới làn nước, người kỹ sư tự hỏi tại sao chúng ta không gắn thiết bị hiệu chỉnh vào một thanh trượt như thế? Tại sao không thu nó lại, đưa nó vào vị trí, rồi nhả nó ra, tương tự như đầu vòi sen, theo những góc được tính toán trước?

Cần có năm thiết bị hiệu chỉnh - năm "vòi hoa sen", mỗi chiếc phục vụ một nhóm dụng cụ chính mà Hubble mang. Sản xuất năm chiếc thực ra không khác nhiều việc sản xuất một chiếc. Tất cả đều có cùng một nhiệm vụ: chặn các luồng sáng của các vì sao được phản chiếu từ gương phụ và đi qua lỗ trung tâm ở gương chính, tác động vào luồng sáng

đó tương tự như kính thuốc hay kính áp tròng, tái cấu trúc, tính toán và tập trung lại, sao cho khi ánh sáng đi vào các đầu dò, chúng sẽ cho ra các hình ảnh sắc nét như thể gương chính không có lỗi.

Một kế hoạch tưởng chừng rất đơn giản và các kỹ sư nhất trí ngay lập tức. Họ liền bắt tay chế tạo “vòi sen”, nhưng là vòi sen mang một bộ gương nhỏ cỡ đồng xu, chứ không chứa nước nóng.

Trên thực tế, họ đã làm được. Thiết bị này được đặt tên là COSTAR, viết tắt của Corrective Optics Space Telescope Axial Replacement (Thiết bị quang học hiệu chỉnh thay thế trực kính viễn vọng không gian, “trục” vì thiết bị sẽ nằm dằng sau gương chính và tiếp nhận ánh sáng di chuyển dọc theo trục của kính viễn vọng). Về cơ bản, nó là một hộp to cỡ bốt điện thoại, chế tạo theo đúng kích thước của một trong các dụng cụ hiện nằm trong Hubble, đầu dò ít quan trọng nhất trong bốn đầu dò, Quang kế Cao tốc. Dụng cụ này sẽ bị hy sinh (bất chấp phản đối dữ dội từ người quản lý nó) để nhường chỗ cho chiếc hộp mới.

Các kỹ sư tập trung lại để chế tạo COSTAR một cách thủ công và chính xác – mười gương của nó (không quay ra như vòi sen của Crocker, mà được đặt trên một tháp có thể mở rộng và được bung ngang) phải được đặt ở vị trí chính xác ít nhất đến một phần triệu mét để có thể chặn tia sáng từ hai gương chính của Hubble.

Một yêu cầu quan trọng là phải đảm bảo các tia sáng phản xạ từ gương chính tới các dụng cụ trực không giao

thoa với một chùm tia sáng khác đi tới một dụng cụ khác, không nằm ở đầu kia của Hubble mà nằm bên mạn, và cũng đang cần được thay thế do gập vần để liên quan đến gương. Dụng cụ này là Máy chụp hình hành tinh và trường rộng, cực kỳ đắt đỏ, sản xuất tại Phòng thí nghiệm Động cơ Phản lực ở Pasadena. Trông nó tựa như một lát bánh ga tô lớn (nhưng to bằng một chiếc đàn piano lớn) và được đặt ở mạn cong của Hubble. Các nhà thiên văn học dự định thay thế nó bằng một phiên bản cải tiến hơn trong một trong năm chuyến bảo trì tàu con thoi dành cho Hubble. Với chuyến bảo trì đầu tiên đã cận kề, họ có thể làm đồng thời hai việc quan trọng: thay thế Quang kế Cao tốc bằng COSTAR và thay thế Wiffpic, biệt danh của Máy chụp hình trường rộng, bằng một phiên bản khác lắp sẵn thiết bị hiệu chỉnh.

Việc cuối cùng cần làm là đưa các phi hành gia lên vũ trụ để thực hiện công tác sửa chữa và mọi chuyện sẽ kết thúc tốt đẹp. Hubble sẽ được khắc phục hoàn toàn và xứng đáng với những hứa hẹn ban đầu, miễn là chuyến sửa chữa diễn ra thành công và không ai dụng vào dù chỉ rất khẽ những gương nhỏ trong COSTAR hay Wiffpic phiên bản hai, vì nếu thế gương sẽ bị lệch và ảnh lại mất nét.

Tàu *Endeavour*<sup>[\*]</sup> được chọn để thực hiện sứ mệnh này trên chuyến bay STS-61 theo mã số của đội tàu con thoi và HSM-1 (Hubble Service Mission thứ nhất) theo mã số của đội Hubble. Tàu được phóng trong thời tiết nóng nực của Florida ngay trước bình minh ngày 2, tháng 12, năm 1993, với các bản kế hoạch và thiết bị (gồm khoảng 200 dụng cụ chế tạo đặc biệt) nhằm chấm dứt cơn ác mộng kéo dài 44 tháng của

Kính viễn vọng Hubble, khi ấy đang bay vòng quanh Trái đất một cách vô dụng. Wifffpic và COSTAR nằm trong khoang hàng; các chuyến đi bộ ngoài không gian với thời gian dài kỷ lục được dự tính để thực hiện sửa chữa. Các phi hành gia biết có khoảng mười mét khóa an toàn và 30 m lan can xây sẵn trên Hubble, và họ cũng mang thiết bị an toàn của mình, kèm theo vô số dây neo để đảm bảo không ai và không thiết bị nào sẽ lạc trôi vào không gian vô tận.

Phi hành đoàn, với các ống nhòm lớn, tìm thấy kính viễn vọng vào ngày thứ ba của chuyến đi. Họ thận trọng tiếp cận nó, và ở khoảng cách gần 20m, họ dùng một cánh tay robot để đưa nó vào khoang hàng của tàu con thoi. Sau đó, phi hành đoàn bảy người thực hiện một chuỗi các chuyến đi bộ không gian (hoạt động bên ngoài tàu theo cách gọi thiếu sáng tạo của NASA) để thực hiện các thao tác đã dự tính. Chuyến Một (Eva Một) sẽ thay thế ba trong sáu con quay hồi chuyển gấp vấn đề, đồng thời cho phép phi hành gia làm quen với kích thước và hình dạng của “bệnh nhân”. (Họ đã tập huấn trong 11 tháng, thực hiện tất cả các thao tác này ở dưới nước để mô phỏng môi trường phi trọng lực trong không gian.)

Trong Chuyến Hai, hai phi hành gia sẽ sửa và thay thế pin mặt trời hỏng của kính viễn vọng, được cho là nguyên nhân khiến kính bị rung và làm vấn đề ảnh mất nét thêm trầm trọng, nhưng là một vấn đề nhỏ so với vấn đề ở gương. Ngày tiếp theo thú vị hơn, phi hành đoàn thực hiện thao tác phức tạp để tháo Wifffpic 1 và lắp đặt Wifffpic 2, với chiếc gương cực kỳ mỏng manh và chính xác nhô ra ở đầu. Không có sự

cố nào xảy ra với gương và máy ảnh, toàn bộ thiết bị đi vào vị trí hết sức mượt mà, trượt vào những khe và ổ đã gắn Wiffpic 1 bốn năm nay.

Và nhiệm vụ trọng tâm cuối cùng cũng được hoàn thành trót lọt: tháo chiếc Quang kế Cao tốc khổng lồ và thay vào đó một thiết bị cùng kích thước nhưng khác hoàn toàn về bản chất: COSTAR. Perkin-Elmer, sau sự kiện đáng hổ thẹn với gương chính, không được nhúng tay vào quá trình chế tạo thiết bị hiệu chỉnh. Một công ty hoàn toàn mới tên là Ball Aerospace (hậu duệ của một công ty nổi tiếng trong lĩnh vực sản xuất hũ đựng mứt), trụ sở ở Colorado, đã giành được sự ủy thác của NASA và thắng thầu. Và Ball đã hoàn thành tốt nhiệm vụ của mình, thỏa mãn tất cả các chỉ định về thông số và dung sai. Trong chưa đầy nửa giờ, thiết bị quang học mới đã được lắp đặt - trọn tru đến bất ngờ - và phi hành đoàn dành toàn bộ ngày cuối cùng cho một số điều chỉnh lặt vặt trước khi rời Hubble.

Một thao tác cuối cùng họ thực hiện ở Hubble là mở cửa trập (“cửa nắp thùng rác” trong mô tả ở trên) ở đỉnh kính viễn vọng, dùng cánh tay robot để đưa kính viễn vọng ra khỏi khoang hàng của *Endeavour* và đặt nó nhẹ nhàng bên ngoài con tàu. Sau đó, như cách nói của các thủy thủ của Thuyền trưởng Cook, họ “tháo dây chằng tàu” nối *Endeavour* và kính viễn vọng, và cuối cùng (chuyện này thì các thủy thủ trên tàu của Cook sẽ không thể hình dung nổi) nổ máy bật ra ngoài quỹ đạo và hướng về mặt đất.

Hubble, di chuyển với vận tốc 27.000 km/giờ như cũ, nhưng ở quỹ đạo được nới rộng một chút, tiếp tục cuộc hành trình đơn độc không ngưng nghỉ vòng quanh Trái đất.

Liệu công tác sửa chữa có thành công? Liệu Hubble có thể làm đúng chức năng của nó? Liệu tất cả những nỗi hổ thẹn này đã đi đến hồi kết và giá trị đích thực của cỗ máy phi thường cuối cùng cũng sẽ được chứng thực?

Tất cả sự chú ý dồn về phòng điều khiển ở Trung tâm Điều hành Tác vụ ở Goddard, nơi thực hiện công tác điều khiển Hubble; và trên hết là Trung tâm Điều hành Khoa học tại Viện Khoa học Kính viễn vọng Không gian tại John Hopkins, Baltimore, nơi các nhà thiên văn học sẽ tải xuống và xử lý các hình ảnh truyền về và là những người đầu tiên trả lời được những câu hỏi ở trên.

Tín hiệu đầu tiên truyền về từ Hubble, dựa trên những tiến bộ khoa học từ những năm 1940, được đặt tên là Ánh sáng Đầu tiên. Thất vọng Lớn có lẽ là một cái tên phù hợp hơn, phản ánh chân thực hơn khoảnh khắc Eric Chaisson, cũng ở Baltimore, xem ảnh và thấy lòng mình chùng xuống.

Nhưng giờ đã là ngày 18 tháng 12, năm 1993, 1.300 ngày trôi qua kể từ khoảnh khắc định mệnh đó. Năm 1990, Ánh sáng Đầu tiên xảy ra vào mùa hè. Lúc này, Ánh sáng Thứ hai xảy ra vào mùa Đông, vào một đêm yên ắng và lạnh lẽo ở Baltimore, ở Trung tâm Điều hành Khoa học, một nhà thiên văn học truyền lệnh cho các mô-tơ điện tí hon đưa các gương hiệu chỉnh bên trong COSTAR vào vị trí định trước và bắt đầu tác động lên chùm tia sáng bên trong Hubble. Họ

cũng mở cửa trập của Wiffpic, với dàn gương hiệu chỉnh được sắp xếp khôn ngoan của riêng mình, chôn sâu trong chính nó. Goddard hướng kính viễn vọng khổng lồ về một khoảng không gian hứa hẹn cho nhiều quan sát thú vị. Tất cả chờ đợi những hình ảnh chạy dọc theo màn hình của họ.

Ed Weiler, kỹ sư NASA đã trả lời cuộc gọi báo động đầu tiên năm 1990, cũng ở đó. Như tất cả những người khác trong khán phòng, ông dán mắt vào màn hình. Ba giây tiếp theo, Weiler kể lại, là ba giây dài nhất trong cuộc đời ông.

Rồi một tràng pháo tay nhiệt liệt bùng lên. Trên màn hình là hình ảnh sống động của các vì sao, tất cả đều sắc nét, với một ngôi sao ở ngay tâm ảnh, chiếm duy nhất một pixel. Một sao, một pixel.

Hình ảnh rất nét, nét hoàn hảo. Không còn những đốm mờ nhòe như kẹo bông chảy, không còn những viền tờ mờ. Tất cả đều chính xác, hoàn hảo, xứng đáng với kỳ vọng ban đầu, khi Hubble chỉ là một ý tưởng trong đầu một nhóm các nhà thiên văn học. Không kính viễn vọng quang học nào của con người (ngay cả những kính đặt trên đỉnh núi của Hawaii, Chile, hay Đảo Canary và những nơi khí quyển mỏng và trong nhất) có thể sánh được với Hubble.

Bởi dưới mặt đất luôn có không khí - dù không khí mỏng cỡ nào vẫn có gió, vẫn bị ô nhiễm, vẫn đầy các phân tử chuyển động, vẫn gây biến dạng hình ảnh. Nhưng ở độ cao gần 650km, cao hơn tầng đối lưu, cao hơn tầng bình lưu, cao hơn tầng trung lưu, ở ngoài bầu khí quyển của Trái Đất, chỉ có dăm ba phân tử hydro trôi nổi, không có không khí và

không có biến dạng, là nơi mà những thiết bị quang học tân tiến nhất đang mang lại cho con người một đài vọng sao chưa từng có trong lịch sử.

Nửa thế kỷ sau khi ý tưởng đầu tiên ra đời, 20 năm sau khi thiết kế được hoàn thiện, 14 năm sau khi cánh tay robot, dưới sự điều khiển của một chiếc máy tính ở Danbury, bắt đầu mài và đánh bóng một khối thủy tinh khổng lồ, và 1.300 ngày sau khi tấm gương (lõi) của nó đón những chùm sáng đầu tiên từ vũ trụ, Kính viễn vọng Hubble cuối cùng đã có thể nhìn rõ những vùng không gian sâu và những sự kiện diễn ra trong quá khứ xa xôi.

Phần còn lại của câu chuyện Hubble vẫn được kể lại cho đến ngày nay. Đã có bốn chuyến bảo trì được thực hiện để thổi sống mới vào đài quan trắc vĩ đại nhất của NASA. Hubble là một công nhân bền bỉ, tuy không quá đẹp đẽ, với tuổi thọ lớn hơn kỳ vọng, và dự định sẽ tiếp tục bay tới năm 2030 hoặc xa hơn nữa, thậm chí đến năm 2040. Có thể nói, nó là thí nghiệm khoa học thành công nhất của thời hiện đại, thậm chí là của mọi thời đại. Nó đã gửi về hàng vạn hình ảnh chưa bao giờ thôi cuốn hút người xem. Tấm gương 2,5m, dù không hoàn hảo, đã và đang mang vũ trụ đến với các nhà khoa học cũng như công chúng một cách sống động nhất.

## Chương 8 - Tôi đang ở đâu, và bây giờ là mấy giờ?

Dung sai: 0,000 000 000 000 000 01

*Lần lượt từ mọi tòa tháp của Oxford, những chiếc đồng hồ ngân chuông điểm 15 phút tạo thành một thác thanh âm bất đồng trong hòa hảo.*

- Dorothy L. Sayers, Gaudy Night (1935)

*Thời gian là khoảng cách dài nhất giữa hai địa điểm.*

- Tennessee Williams, The Glass Menagerie (1944)

Hai chiếc tàu kéo đang kéo giàn khoan ngoài khơi *Orion*, một khối sắt thép nặng 9.000 tấn, vượt Biển Bắc, tới điểm khoan dầu tiếp theo.

Tôi đứng trên đài chỉ huy của tàu kéo trước, một con tàu nhỏ nhưng đặc biệt mạnh mẽ tên là *Trailblazer* của Hà Lan. *Orion*, bốn chân chổng lên trời và bập bênh một cách đáng lo trước những đầu sóng, vừa khoan xong một giếng khí thiên nhiên cách đó gần 10 km. Hiện chúng tôi đang kéo nó tới một nơi mà các nhà địa vật lý ở Chicago đã lựa chọn, một nơi mà đặc điểm địa chất có vẻ hứa hẹn.

Đó là tháng 3 năm 1967, một ngày đầu xuân lạnh căm căm với những cơn gió thổi mạnh từ hướng đông bắc. Tôi mới làm việc trên giàn khoan này được một tháng và chưa tròn 23 tuổi. Giàn khoan này trị giá gần 10 triệu đô-la và Amoco Petroleum đang cho thuê nó với giá 8.000 đô-la/giờ. Lạ nhất là việc đặt nó vào đúng vị trí lại phụ thuộc vào tôi.

Tôi gần như không nhận được hướng dẫn và dụng cụ cần thiết để đảm bảo *Orion* được hạ đặt chính xác. Tôi có một

radio hai chiều để liên lạc với người điều khiển trên giàn khoan. Tôi có tấm hải đồ (số 1408) của Hải quân Anh (Harwich tới Rotterdam và Cromer tới Terschelling) dành cho khu vực này của Biển Bắc. Tôi có một bản đồ địa chất bí mật thể hiện đáy đại dương của khu vực, do một nhóm khảo sát đáy biển của Mỹ vẽ ra, và trên đó ai đó đã đánh một dấu X to màu đỏ để chỉ vị trí mà các nhà quy hoạch Chicago muốn đặt giàn khoan. Viết bằng bút chì bên cạnh dấu X là tọa độ của giàn khoan, đại khái  $53^{\circ}20'45''$  Bắc,  $3^{\circ}30'45''$  Đông nhưng có một hai chữ số sau dấu phẩy phần giây.

Quan trọng nhất là thuyền trưởng của tàu kéo còn có một bản đồ đặc biệt, vẽ các đường cong màu đỏ, lục và tím, tuân theo hệ thống điều hướng vô tuyến tiên tiến nhất của thời đó: biểu đồ Decca Navigator. Và cũng như các tàu ven biển khác, chúng tôi kết hợp bản đồ này với một máy thu lớn đặt trên một bàn quay cao ngang đầu. Máy thu này, thuê của công ty Decca, bao gồm bốn mặt số, ba trong số đó có bộ phận giống như kim đồng hồ, được sơn phản quang để sử dụng trong đêm.

Máy thu nhận tín hiệu radio truyền từ các trạm radio bờ biển mà Decca xây dựng trên các mỏm đất và vách đá dọc bờ Biển Bắc ở Anh và Đức. Tín hiệu được truyền từng đợt ngắn, phát đi từ trạm chủ và được truyền tiếp bởi các trạm phụ. Khoảng thời gian giữa thời điểm máy thu nhận tín hiệu từ trạm chủ và thời điểm máy thu nhận tín hiệu từ trạm phụ sẽ thay đổi tùy theo khoảng cách giữa máy thu và từng trạm phụ. Căn cứ vào đó, máy tính sơ khởi trong máy thu sẽ tính toán vị trí của máy thu trên bản đồ. Các đồng hồ trên máy

thu sau đó sẽ thể hiện vị trí của tàu trên mỗi đường đỏ, lục và tím. Vì đây là các đường giao nhau trên bản đồ, chúng tôi có thể dò trên bản đồ Decca tới địa điểm thực tế, với độ chính xác theo như Decca là trong vòng 182m.

Sau khi xác định giàn khoan đã vào đúng vị trí, tôi có nhiệm vụ báo cho người điều hành khoan qua radio để “Hạ chân!” - và vị thuyền trưởng người Hà Lan thông báo là có một dòng chảy mặt hướng về tây bắc tốc độ 11 km/giờ, nên tôi sẽ phải tính đến chuyện này vì dòng chảy sẽ khiến giàn khoan trôi vài chục mét trong quá trình hạ đặt. Người điều hành khoan ở giàn khoan sẽ ngay lập tức thả bốn bộ chốt và các chân của giàn khoan sẽ đổ sầm xuống đáy biển ở độ sâu 60m. Tiếp đó, chúng sẽ quay và cắm chặt vào lớp đất mềm phía trên, và cùng các neo được hạ xuống sau đó cố định giàn khoan trong suốt các tuần thăm dò sắp tới.

Chúng tôi nhích vào gần. Máy đo độ sâu ra tín hiệu vài giây một lần, độ sâu dưới sống tàu ổn định ở mức 32 sải. Vòm Permi, đối với tôi chỉ là một nhóm đường mờ hồ trên bản đồ địa chất mà các chuyên gia Chicago cho rằng đó là dấu hiệu chứng tỏ sự tồn tại của vòm muối, tiến tới gần. Trong một vài khoảnh khắc, có vẻ giàn khoan đã ở ngay trên vòm, và tôi hồi hộp bấm nút Transmit trên mic của radio, ngẩng đầu nhìn giàn khoan, và bằng một giọng nghiêm trang nhất mà một cậu thanh niên 23 tuổi có thể có, ra lệnh “Hạ chân!”

Một khoảnh khắc sau, tôi thấy rỉ sắt nâu đỏ rơi thành bốn luồng và bốn tòa tháp khổng lồ bằng ống sắt trong thoảng

chốc biến mất khỏi tầm mắt, chỉ để lại tiếng rít kim loại chói tai và những cột nước lớn phun lên. Chúng tôi lệnh cho thủy thủ giàn khoan tháo dây kéo từ tàu của chúng tôi cũng như từ tàu phía sau. Sau đó, chúng tôi cho hai con tàu rời khỏi giàn khoan, dừng lại cách đó khoảng gần 2 km và quan sát chỉ huy giàn khoan điều hành quá trình kích giàn - một lần nữa những tiếng ồn như tiếng búa khoan lại nổi lên, giàn khoan được từ từ nâng lên dọc theo bốn chân, lên và lên cho tới khi nó cách mặt biển 120m và thoát khỏi tác động của sóng và gió bên dưới. Ai đó tắt máy, sự yên lặng bao trùm giàn khoan, chỉ còn tiếng gió hú và tiếng sóng vỗ dập dù.

Người điều hành khoan lên tiếng trên radio. Anh vừa đọc dữ liệu độ sâu. "*Tất cả đều ổn,*" anh nói. "Dòng biển đầy chúng ta đi xa một chút. Chúng ta bị lệch khoảng 60m so với vị trí lý tưởng. Khá tốt đối với một người mới vào nghề. Chicago sẽ thấy ổn với việc này. Đủ tốt rồi. Cậu chớp mắt đi."

Họ bắt đầu khoan đậm tối hôm đó, và khoan liên tục ngày đêm trong ba tuần. Chúng tôi phát hiện khí thiên nhiên ở độ sâu gần 2 km, một luồng hydrocacbon thô dồi dào mà vào thập niên 1960 vẫn được coi là một điều tốt lành. Một tuần sau, chúng tôi đậy nắp giếng, để nó lại cho một nhóm công nhân khác có nhiệm vụ nối đường ống vào nhà máy. Orion và thủy thủ đoàn lên đường cùng một cặp tàu kéo khác để săn tìm dầu khí trên đại dương.

Một thời gian sau, tôi rời giàn khoan, rồi rời công ty, và cuối cùng ra khỏi ngành địa chất dầu khí, nhưng trong nhiều

năm, tôi vẫn luôn nhớ mình đã tham gia hạ đặt một giàn khoan 9.000 tấn trên một vòm Permi giữa đại dương dập sóng, và hạ đặt đủ chính xác để cho phép một giếng khí thiên nhiên mới ra đời.

Chúng tôi đã tiếp cận địa điểm nhắm đến trong bán kính 65 m, một thành tựu đáng tự hào trong suy nghĩ của tôi thời đó. Nhưng lệch đích 60m ngày nay được coi là một thất bại thảm hại. Con người đã có thể định vị các điểm trên mặt đất với độ chính xác tính bằng cen-ti-mét (và sẽ sớm là milimét) nhờ sự trợ giúp của một công nghệ mới thay thế Decca, LORAN, Geo, Transit, Mosaic, cũng như tất cả các hệ thống dẫn đường bằng radio khác thời đó, và thay thế cả kính lục phân<sup>[\*]</sup>, la bàn, crô-nô-mét, cùng các dụng cụ trong đài chỉ huy từng giúp thuyền trưởng xác định vị trí tàu nhiều thế kỷ qua.

Công nghệ đó là GPS.

NGUYÊN LÝ CƠ BẢN của công nghệ mới này vô tình này sinh từ sự phát triển của một công nghệ khác.

Vào thứ Hai, ngày 7 tháng 10 năm 1957, tại Baltimore, hai nhà khoa học trẻ, William Guier và George Weiffenbach tới Phòng thí nghiệm Vật lý Ứng dụng ở Đại học Johns Hopkins trong không khí phấn khích bao trùm cộng đồng khoa học Mỹ về việc lần đầu tiên một mặt trăng nhân tạo đã được đưa lên quỹ đạo Trái đất.

Đó là *Sputnik*, một khối cầu hợp kim titan bóng loáng nặng 90 kg, đường kính 50 cm mà Liên bang Xô Viết đã phóng lên thứ Sáu tuần trước, trước sự bức dọc của công

chúng Mỹ, và hiện đang bay vòng quanh Trái đất 96 phút/lần. Số ra ngày Chủ nhật của tờ *New York Times* đưa tin (ở trang 193 trong 360 trang) rằng vệ tinh liên tục phát tín hiệu radio từ một máy phát nhỏ. Guier và Weiffenbach (đều là chuyên gia máy tính, công trình gần nhất của họ lần lượt là giả lập bom khinh khí và phổ học vi sóng) tin rằng họ có thể xác định vị trí chính xác của vệ tinh bằng cách ghi lại và phân tích tín hiệu radio của nó.



Nhiều năm tranh cãi giữa các phe cuối cùng đã kết thúc bằng việc công nhận Roger Easton (thứ ba từ trái qua), sinh ở Vermont, đã phát minh ra GPS khi đang làm việc tại Phòng thí nghiệm Nghiên cứu Hải quân Hoa Kỳ ở Washington, DC (bản quyền hình ảnh thuộc Phòng Thí nghiệm Nghiên cứu Hải quân Hoa Kỳ)

Theo đó, họ đã dùng một máy thu radio chuyên dụng trong phòng thí nghiệm để điều chỉnh tần số của *Sputnik*,

lắng nghe chăm chú tín hiệu truyền về đều đặn của nó (một tiếng bíp ở tần số cao, phát ra hai lần dưới một giây) và ghi vào một cuộn băng có độ trung thực cao. Sau đó, họ phân tích tần số của tín hiệu và đúng như họ dự đoán, nghe thấy sự thay đổi rất nhỏ khi vệ tinh bay lên từ đường chân trời, khi vệ tinh di chuyển ngay trên Baltimore, rồi lại khuất sau đường chân trời một lần nữa. Sự thay đổi này là kết quả của hiệu ứng Doppler - điển hình trong sự thay đổi tần số tiếng còi của một con tàu đi ngang qua. Hai nhà vật lý học này là những người đầu tiên chứng minh hiệu ứng Doppler có thể được phát hiện và đo lường được trong tín hiệu vệ tinh.

Ngay sau đó, sử dụng chiếc máy tính mạnh mẽ nhất thời bấy giờ - Phòng thí nghiệm Vật lý Ứng dụng có sẵn một máy tính Remington UNIVAC mới tinh - hai người họ đã số hóa tín hiệu và căn cứ vào tần số đã được chuyển thành các con số để tính toán khá chính xác khoảng cách tới *Sputnik* ở mỗi quỹ đạo. Tần số khi vệ tinh ở ngay trên đầu họ là tần số thật của tín hiệu; các thay đổi trong tần số khi nó đi tới gần họ và đi xa khỏi họ (cùng với vận tốc 29.000 km/giờ của vệ tinh) là cơ sở để tính toán khoảng cách từ họ tới vệ tinh.

Các tính toán này (sau đó được ứng dụng thành công vào việc dự đoán quỹ đạo của *Explorer I*, khi nước Mỹ tham gia vào cuộc chạy đua không gian) đòi hỏi nhiều tuần làm việc của máy tính, và tạo ra một tác động sâu sắc. Tháng 3 năm sau, chủ tịch của Phòng thí nghiệm Vật lý Ứng dụng, Frank McClure, nhận ra khám phá của hai đồng nghiệp trẻ có thể có ứng dụng toàn cầu.

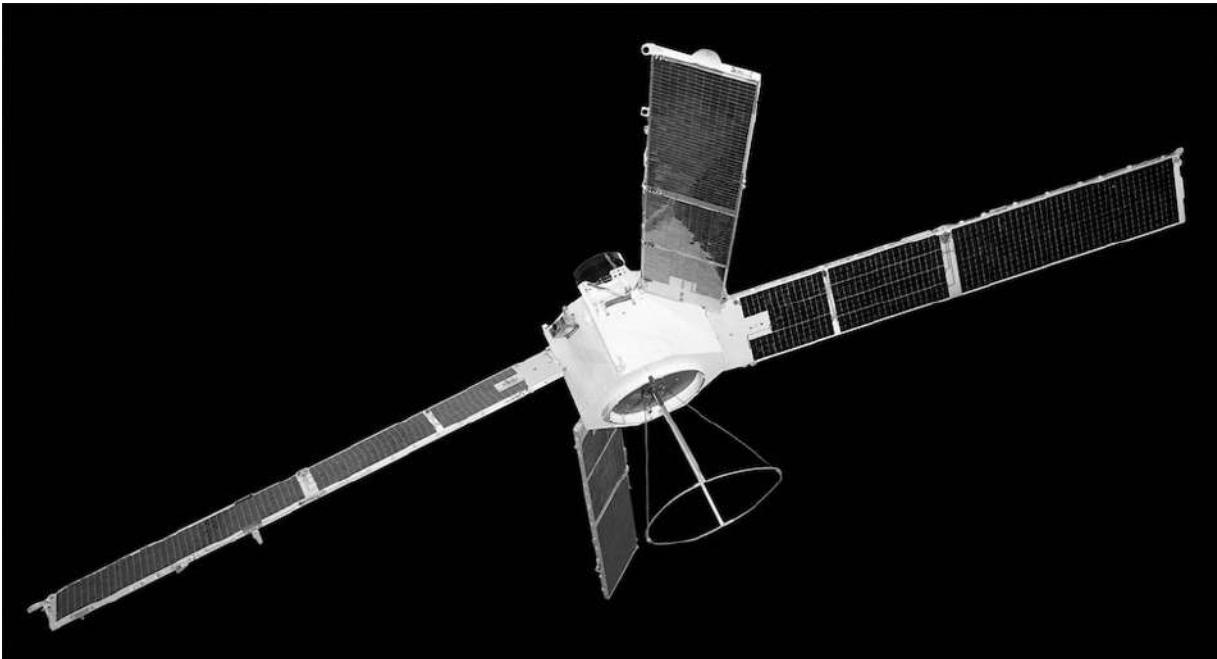
Ông triệu tập họ tới văn phòng của mình, yêu cầu họ đóng cửa phòng, và nói nếu một người quan sát trên mặt đất có thể xác định chính xác vị trí vệ tinh trên không gian, thì điều ngược lại cũng có thể thực hiện được: từ vị trí của vệ tinh, chúng ta có thể tính toán chính xác vị trí của người quan sát trên mặt đất.

Đây là một kết luận hiển nhiên nhưng Guier và Weiffenbach lại chưa bao giờ nghĩ tới. Họ cũng không nhận ra hệ quả của nó: một hệ thống dẫn đường bằng vệ tinh dựa trên nguyên lý Doppler có thể đem lại cho tàu thủy, tàu hỏa, ô tô, thậm chí là cả những người dân bình thường - dù làm việc cố định trong văn phòng hay phải di chuyển - điều mà kính lục phân, la bàn, và crô-nô-mét, hay LORAN và Decca, đem lại cho người đi biển: khả năng xác định vị trí hiện tại của mình. Không những thế, nó còn có thể cho họ biết hướng cần di chuyển để tới một điểm cụ thể khác. "Tôi nhận ra," McClure viết trong một bản ghi mà nhờ đó Guier và Weiffenbach được ghi công, "rằng công trình của họ tạo ra cơ sở cho một hệ thống dẫn đường tương đối đơn giản và lẽ là khá chính xác."

Đúng là khá chính xác: Hải quân Hoa Kỳ, nhà tài trợ chính cho Phòng thí nghiệm Vật lý Ứng dụng của Baltimore, sau một vài tính toán sơ bộ đã nhận định rằng với đủ số vệ tinh, vị trí của một người hoặc vật thể (như tàu thủy hoặc tàu ngầm) có thể được xác định trong bán kính dưới 1km. Và tuy như vậy vẫn không chính xác bằng sai số 200m mà Decca đảm bảo, hệ thống mới có một ưu điểm đặc biệt quan trọng trong bối cảnh Chiến tranh Lạnh. Các hệ thống dựa vào

radio như Decca mà các tàu biển và tàu kéo giàn khoan như *Trailblazer* đang sử dụng thời đó không có tính an toàn cao vì chúng lệ thuộc vào trạm phát sóng mặt đất, và các trạm này luôn có nguy cơ bị kẻ địch can thiệp. Một hệ thống vệ tinh trên không gian về bản chất sẽ nằm ngoài tầm theo dõi, can thiệp, chống phá của địch. Liên Xô, kẻ thù của nước Mỹ thời điểm ấy, sẽ gặp trở ngại không nhỏ nếu muốn quấy rối hay khai thác thông tin từ một hệ thống như vậy.

Đúng lúc đó, Hải quân Hoa Kỳ đang tìm kiếm một phương tiện an toàn, bảo mật, và chính xác để định vị hạm đội tàu ngầm mang đầu đạn hạt nhân, và hệ thống dẫn đường bằng vệ tinh Doppler ra đời với cái tên Transit. Một vệ tinh nguyên mẫu được phóng thành công vào quỹ đạo năm 1960, và không quá sáu năm sau phát hiện của McClure (bảy năm sau vụ phóng *Sputnik*) một hạm đội vệ tinh Transit của Hải quân Hoa Kỳ được đưa lên quỹ đạo Trái đất, và hệ thống dẫn đường bằng vệ tinh đầu tiên chính thức đi vào hoạt động.



### **Vệ tinh Transit System**

Một trong các vệ tinh Transit đời đầu. Được Hải quân Hoa Kỳ phóng lên vào những năm 1950 và 1960, vệ tinh này sử dụng điều hướng Doppler để xác định vị trí tàu ngầm chiến lược của Mỹ trong bán kính 90m. Transit được coi là phiên bản hoạt động được đầu tiên của hệ thống điều hướng vệ tinh mà hậu duệ của nó là Hệ thống định vị Toàn cầu hiện đại, GPS (bản quyền hình ảnh thuộc Bảo tàng Hàng không và Vũ trụ Quốc gia Mỹ, Viện Smithsonian)

15 vệ tinh đã được chế tạo. Hình thức của chúng không thanh nhã lǎm, tựa như những con côn trùng với bốn cánh pin mặt trời và một thân dài gắn máy phát có tác dụng giữ ăng-ten luôn hướng về Trái đất. Tại mọi thời điểm, ít nhất ba thiết bị hoạt động cùng lúc trên quỹ đạo cực, cao 960km. Trong khi Trái đất quay bên dưới chúng, chúng quét qua mặt đất và mặt nước, mọc và lặn như mặt trời, và gửi tín hiệu tới máy thu dưới mặt đất, các tín hiệu này sẽ chịu hiệu ứng Doppler khi vệ tinh chuyển động tới gần và ra xa máy thu. Mỗi trạm, được trang bị những máy tính khổng lồ với các

cuộn băng quay tới lui, sẽ dự đoán quỹ đạo thực của mỗi vệ tinh khi chúng xuất hiện trên bầu trời, và gửi kết quả qua radio tới các tàu thủy và tàu ngầm cần định vị. Dù có vẻ phức tạp, chậm chạp và chỉ có thể cho kết quả một lần sau vài giờ ở thời gian đầu, hệ thống này cho phép tàu Hải quân Hoa Kỳ ở mọi nơi trên thế giới, mọi thời điểm dù ngày hay đêm, trong mọi thời tiết, biết được tương đối chính xác vị trí của mình.

Trong vòng 15 phút theo dõi một vệ tinh đi qua, tàu có thể định vị với độ chính xác khoảng 90m. Hạm đội tàu ngầm mang đầu đạn hạt nhân Polaris, được trang bị một phiên bản phần mềm tối mật và tiên tiến hơn, được cho là có thể định vị chính xác tới 20m. Hệ thống này chắc chắn bền bỉ hơn<sup>[\*]</sup> nhiều so với Decca, LORAN và các hệ thống radio khác: Transit được sử dụng tới tận năm 1996, hơn 3 năm liên tiếp. Nó cho phép các tàu thương mại khai thác vào năm 1967 và ở thời kỳ đỉnh cao, nó được sử dụng bởi 80.000 tàu phi hải quân, được coi là “bước tiến lớn nhất trong lĩnh vực điều hướng kể từ sự phát triển của crô-nô-mét,” theo như một giám đốc chương trình phát biểu.

Thế giới di chuyển ngày càng nhanh, vũ khí hạt nhân ngày càng nguy hiểm, kẻ thù ngày càng gian xảo, cơ sở hạ tầng thiết yếu ngày càng đòi hỏi cao và các con số mà Hải quân gọi là chính xác tuyệt đối thực ra chỉ chính xác tương đối (200m, 100m, 60m, 20m). Ngoài ra, định vị chỉ có thể được thực hiện mỗi giờ một lần, và cần ít nhất 15 phút để tính toán. Hệ thống cũng đòi hỏi các trạm mặt đất và các ngân hàng máy tính từ xa, cũng như một tiểu đoàn nhân lực

Hải quân, những con người dù được đào tạo tốt đến đâu vẫn có thể mắc lỗi.

Trật tự thế giới mới đòi hỏi một cái gì đó tốt hơn, nhanh hơn, đáng tin cậy hơn, bảo mật hơn, và đặc biệt là chính xác hơn nhiều. Hệ thống điều hướng Doppler, dù tốt và đáng tin cậy, vẫn không thỏa mãn được yêu cầu kỹ thuật của thời đại mới. Năm 1973, Roger Easton, con trai của một bác sĩ, nảy ra ý tưởng về một hệ thống mới có thể thỏa mãn các yêu cầu này. Nó hoạt động theo nguyên lý đo cự ly thụ động dựa trên đặc tính của thời gian và việc đo thời gian của đồng hồ, và về bản chất, nó đơn giản đến khó tin.

Giả sử có hai đồng hồ hoàn toàn đáng tin cậy và chỉ chính xác cùng một thời gian. Giả sử một đồng hồ được đặt ở London và đồng hồ còn lại ở Detroit, và cả hai đồng hồ được kết nối với nhau bằng video, ví dụ như Skype, Facetime hoặc WhatsApp. Ở đây, chúng ta hoàn toàn tin tưởng vào sự chân thực và chính xác của hai đồng hồ và chúng ta biết chắc chắn chúng được đặt để luôn chỉ cùng một thời điểm.

Nếu quan sát tại chỗ sẽ không thấy vấn đề gì. Nhưng người quan sát ở London nhìn vào hình ảnh chiếc đồng hồ ở Detroit trên màn hình sẽ nhận ra một khác biệt nhỏ nho: đồng hồ Detroit có vẻ trễ một chút, chỉ 1/50 của một giây, so với đồng hồ cùng vị trí với anh ta ở London. Nhưng anh biết cả hai đồng hồ này đều chỉ cùng một thời gian. Anh cũng biết tốc độ truyền tín hiệu, chính là tốc độ ánh sáng, là một hằng số. Như vậy sự khác biệt giữa hai đồng hồ chỉ đến

từ một biến số duy nhất: khoảng cách giữa Detroit và London mà tín hiệu phải truyền qua.

Roger Easton, làm việc cho một cơ quan của Hải quân Hoa Kỳ, khi ấy là Chi nhánh Ứng dụng Không gian ở Thung lũng Rio Grande, Nam Texas, (và là cha đẻ của “hàng rào không gian” tai tiếng, một tổ hợp khổng lồ các máy dò có khả năng xác định đường đi của bất kỳ vệ tinh nào đi qua bầu trời nước Mỹ) nhận ra sự khác biệt trong thời gian của đồng hồ là một thông tin quý giá. Nó cho ông một con số để tính toán khoảng cách giữa hai thành phố (vì ánh sáng luôn di chuyển với tốc độ không đổi). Trong 1 giây, ánh sáng di chuyển 300.000km. Trong 1/50 giây, ánh sáng di chuyển 6.000km. Như vậy, khoảng cách giữa Detroit và London là 6.000km, và thực tế đúng là như vậy.

Nhận ra điều này, Easton liền thiết kế một thí nghiệm đơn giản và mời các đồng nghiệp sĩ quan hải quân cao cấp tới quan sát. Nhưng ông không sử dụng đồng hồ: vào giữa những năm 1960, các đồng hồ nguyên tử chính xác, tuy đã được phát minh (và sẽ sớm được đề cập tới), vẫn quá cồng kềnh để có thể sử dụng cho thí nghiệm. Thay vào đó, ông dùng một bộ dao động thạch anh và một thiết bị đắt đỏ, phức tạp (nhưng nhỏ và tiện) gọi là maser hydro, có chức năng cho ra một tiêu chuẩn tần số hoàn toàn đáng tin cậy và chính xác không đổi.

Ông chế tạo hai thiết bị như vậy. Ông đặt một chiếc vào trong cốp xe mui trần của một người bạn kỹ sư tên là Matt Maloof; chiếc còn lại được đặt tại trạm hải quân nơi ông làm

việc ở Nam Texas. Trong khi những người quan sát đang nhìn màn hình dao động kế trong phòng thí nghiệm, ông yêu cầu Maloof lái xe càng nhanh càng tốt dọc Xa lộ Texas 295, khi ấy chưa hoàn thành và không có xe qua lại. Trong khi xe chạy, tín hiệu từ máy phát trên xe sẽ được chuyển tới bộ dao động đặt tại trạm hải quân có cùng tần số.

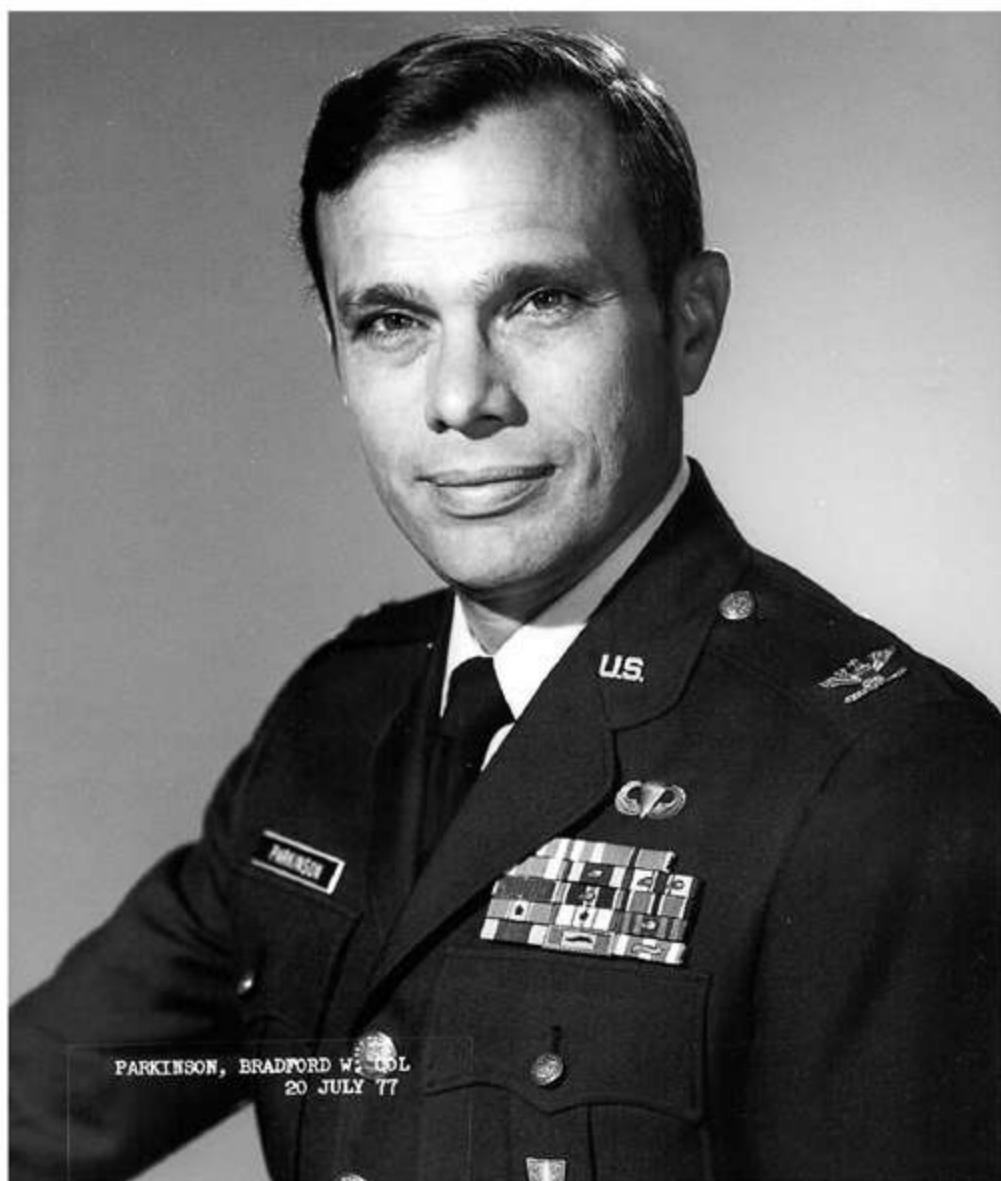
Khoảng cách giữa chiếc xe và trạm càng lớn thì sự khác biệt giữa hai bộ dao động càng lớn, và biến số duy nhất là khoảng cách vì tần số và tốc độ truyền tín hiệu không đổi. Các sĩ quan hải quân quan sát chăm chú. Kết quả tính toán được cho ra gần như ngay lập tức và họ có thể xác định chính xác xe của Maloof đang ở xa bao nhiêu, đi nhanh đến đâu, và có vừa đổi hướng không. Họ đặc biệt sảng sot và thích thú khi con số trên màn hình thay đổi đáng kể khi Maloof chuyển làn. Buổi trình diễn thành công rực rỡ: nó chứng minh rằng: về nguyên tắc, hệ thống điều hướng dựa trên sai phân thời gian có thể hoạt động và hoạt động đơn giản hơn kỳ vọng.

Hải quân nhanh chóng xuất quỹ cho các nghiên cứu tiếp theo - một số tiền nhỏ, không đủ phóng vệ tinh để kiểm nghiệm trong môi trường thế giới thực. Cùng lúc ấy, hàng loạt phương thức định vị khác đang được đưa ra tại các phòng thí nghiệm trên khắp nước Mỹ - trong mớ bòng bong của công nghệ và nhà nghiên cứu này, phải mất một thời gian người ta mới nhận ra đây là một cuộc chạy đua giữa hệ thống Doppler và hệ thống đồng hồ. Cho đến ngày nay vẫn tồn tại những cạnh tranh cay cú giữa những người ủng hộ Roger Easton của Hải quân và những người ủng hộ Bradford

Parkinson, một sĩ quan dày dạn kinh nghiệm chiến trận của Không quân<sup>[\*]</sup>. Đến ngày nay vẫn tồn tại những xì xào về “Mafia GPS” và những cuộc bút chiến trên báo chí giữa hai phe. Nhưng cuối cùng phần thắng thuộc về hệ thống dựa trên đồng hồ của Easton và vào năm 1973, Không lực Hoa Kỳ sau khi giành được quyền kiểm soát từ Hải quân, bắt đầu xây dựng hệ thống vệ tinh mà sau đó trở thành cốt lõi của Hệ thống Định vị Toàn cầu Navstar - sau này được đơn giản hóa thành GPS. Vòng nguyệt quế được trao cho Roger Easton: sau này ông được trao Huân chương Công nghệ Quốc gia và hàng loạt danh hiệu khác, bao gồm việc được đưa tên vào Đại sảnh Danh vọng phát minh Quốc gia với tư cách là nhà phát minh chủ chốt của GPS.

Hệ thống đề xuất vướng phải khá nhiều thách thức kỹ thuật. Để thực hiện các điều chỉnh cần thiết, vệ tinh được phóng lên không gian theo nhiều đợt. Mười vệ tinh của Đợt 1 được phóng lên quỹ đạo từ năm 1978 đến năm 1985; Hệ thống GPS chính thức đi vào hoạt động từ tháng 2 năm 1978 nhưng dành riêng cho quân đội Mỹ. Một số cuộc đột kích quân sự (chẳng hạn vào Libya) được thực hiện với sự hỗ trợ của GPS. Vũ khí và bom được chế tạo với tính năng GPS – bom thông minh như cách gọi hồi ấy. Sau đó, GPS trở thành yếu tố trung tâm trong hoạch định và chiến thuật của toàn bộ cuộc chiến (bắt đầu từ Chiến tranh Vùng Vịnh năm 1991, và các xe tăng dẫn đầu lực lượng quân sự tiến vào Kuwait đều được trang bị máy thu GPS.) Kể từ đó, có 7 vệ tinh GPS được đưa vào quỹ đạo tầm trung, cách mặt đất khoảng 19.000km. 31 vệ tinh trong số đó vẫn đang hoạt động, tất

cả đều do Lockheed Martin hoặc Boeing sản xuất, phần lớn được không lực Hoa Kỳ phóng bằng tên lửa Atlas V, chủ yếu từ Mũi Canaveral, và đa phần sau năm 1997. Một số vệ tinh đã “lên lão”. Chúng là xương sống của một hệ thống mà ngày nay được coi là công lợi, do chính phủ Mỹ cung cấp miễn phí.



**Bradford Parkinson**

Người cạnh tranh danh hiệu cha đẻ của GPS với Easton là đại tá không quân Bradford Parkinson, thường được biết tới với các công trình về chiến trường tự động. Tâm nhìn của ông về GPS mang nặng tính quân sự, trong khi Easton coi GPS là sự kế thừa tất yếu từ các công trình thế kỷ XVIII của John Harrison về kinh tuyến và đồng hồ hàng hải có độ chính xác cao.

GPS ngày nay được coi là một công lợi vì dù thuộc sở hữu của chính phủ Mỹ, nó được mở hoàn toàn cho các mục đích dân sự. Thoạt đầu, nó được xếp vào hàng tối mật, một thành tố trong hệ thống vũ khí hạt nhân chiến lược, với chức năng giúp máy bay mang bom nguyên tử và tàu ngầm mang đầu đạn hạt nhân định vị và nhắm bắn mục tiêu với sai lệch không quá vài mét. Sau khi máy bay Korean Air Lines Flight 007 bị Liên Xô bắn hạ khi vô tình đi lạc vào không phận cấm trên Đảo Sakhalin trên hành trình từ Anchorage đến Seoul năm 1983, Ronald Reagan quyết định rằng người dùng dân sự (ban đầu là các hãng hàng không, sau đó là dân thường) cũng phải được sử dụng hệ thống này. Chính phủ Reagan cho rằng dù GPS đem lại ưu thế chiến lược về quân sự, cấm nó phục vụ mục đích dân sự là một việc thiếu đạo đức. Hơn nữa, Liên Xô khi ấy đã bên bờ vực sụp đổ và đang bận rộn xây dựng hệ thống định vị toàn cầu cho riêng mình. (Hệ thống này đang tồn tại và được gọi là GLONASS. Ngoài ra, châu Âu có một hệ thống riêng gọi là Galileo; và hệ thống của Trung Quốc, Beidou, cũng đã đi vào hoạt động và có lẽ sẽ sớm trở nên phổ biến không kém GPS) Hiện tại, GPS vẫn dẫn đầu và sẽ tiếp tục dẫn đầu trong tương lai gần, nếu không có hacker nào xuyên qua hàng rào phòng vệ của Mỹ.

Nhiều năm sau khi GPS được mở cho mục đích dân sự, Bộ Quốc phòng Mỹ phàn nàn rằng dân thường không nên biết chính xác vị trí của Phòng Bầu dục, chắc chắn không nên biết chính xác đến từng mét, yêu cầu Không quân đưa một lỗi vào hệ thống, giảm độ chính xác của nó sao cho dân thường không thể định vị chính xác hơn 45m theo chiều ngang và 90m theo chiều dọc. Nhưng giới hạn này bị hủy bỏ vào năm 2000 theo lệnh của Tổng thống Clinton. Kể từ đó, người dùng trên toàn thế giới có thể sử dụng GPS trong mọi thứ từ ô tô đến điện thoại đến đồng hồ đeo tay đến các thiết bị cầm tay phục vụ các chuyến đi săn hay chạy thuyền buồm, với sai lệch không quá vài mét. Các đoàn khảo sát, sử dụng các máy thu đặc biệt và có thể chờ vệ tinh đi qua - cần ít nhất bốn vệ tinh trong tầm hoạt động để có kết quả đủ tốt, một số nhà khảo sát chờ đến khi họ có thể liên lạc với 12 vệ tinh - có thể định vị sai lệch không quá vài milimét.



**Căn cứ Không quân Schriever, Colorado**

Căn cứ Không quân Schriever, nằm trên bình nguyên khô hạn của Colorado, là nơi quản lý và điều khiển GPS, một hệ thống thuộc sở hữu của Bộ Quốc phòng Mỹ, trong điều kiện bảo vệ nghiêm ngặt (bản quyền hình ảnh thuộc Căn cứ Không quân Schriever, Không lực Hoa Kỳ)

Toàn bộ hệ thống được điều hành từ Căn cứ Không quân Schriever, một nơi được bảo vệ nghiêm ngặt và nằm trên các bình nguyên bụi bẩm dốc về Đông, bên sườn khô của dãy Rocky gần Colorado Spring – gần một boong-ke khổng lồ dưới núi Cheyenne có nhiệm vụ bảo vệ nước Mỹ khỏi các cuộc tấn công hạt nhân. Schriever kiểm soát gần như tất cả vệ tinh của Bộ Quốc phòng, phần lớn trong số đó phục vụ công tác tình báo và là bí mật quân sự. Song sâu bên trong bộ máy hành chính của Không quân, và nằm đằng sau khu phức hợp khổng lồ có nhiều lớp bảo vệ trong căn cứ này, là Đội Vận hành Không gian Thứ hai, còn gọi là 2 SOPS (Second Space Operations Squadron). Nhiệm vụ của họ, dưới khẩu hiệu đặc chất Mỹ “Đường tới Hòa bình”, là quản lý và bảo trì chùm 31 vệ tinh trong hệ thống GPS. Trạm Điều khiển Chủ ở đây kiểm tra hoạt động của tất cả các vệ tinh khi chúng nhô lên từ đường chân trời. Một mạng lưới 16 trạm giám sát trên toàn thế giới đảm bảo tại mọi thời điểm, mỗi vệ tinh được giám sát bởi ít nhất ba người với sự hỗ trợ của các máy tính siêu nhanh và vô số thiết bị điện tử.

Bốn trạm trong số đó có những ăng-ten phức tạp, có khả năng bắn thông tin lên vệ tinh – thông tin về các điều chỉnh ở mức phần triệu giây cho các đồng hồ nguyên tử trong mỗi vệ tinh. Đối với tín hiệu vệ tinh, độ chính xác của vị trí đã quan trọng, độ chính xác của thời gian còn quan trọng hơn,

do GPS không chỉ có tác dụng dẫn đường. Các đồng hồ của GPS còn đảm bảo cho nền kinh tế toàn cầu vận hành chính xác tới từng phần triệu giây.



### **Phòng vận hành thuộc Đội Vận hành Không gian Thứ hai (2 SOPS)**

Một kỹ thuật viên trong phòng vận hành của Đội Vận hành Không gian Thứ hai, là cơ quan quản lý 31 vệ tinh GPS cung cấp cho các máy thu trên toàn cầu thông tin định vị và dẫn đường chính xác cao.

Tóm lại, chức năng của hạm đội vệ tinh GPS bay vòng quanh Trái đất xoay quanh thời gian. Thời gian phát đi của tín hiệu được so sánh với thời gian nhận tín hiệu, hiệu giữa hai con số này là thời gian truyền, và với bốn thời gian truyền của bốn bệ tinh, chúng ta sẽ tính toán được bốn khoảng cách (bằng cách chia cho vận tốc ánh sáng), và

dùng phép đạc tam giác để xác định vị trí máy thu, thường trong vòng 5m nhưng độ chính xác sẽ ngày càng tăng và các đồng hồ và tính toán sẽ ngày càng chính xác. Hệ thống GPS của Mỹ cũng như các hệ thống chị em của nó Nga, Trung Quốc, châu Âu vận hành dựa trên các quy tắc hình học rất đơn giản nhưng lại chứa các thiết bị vô cùng tinh vi, đem lại những tính toán chính xác đến kinh ngạc.

Nhiệm vụ của chúng không dừng lại ở việc dẫn tàu cập bến an toàn hay dẫn xe cộ chạy qua những con phố đông đúc giờ cao điểm. Điện thoại di động, nông nghiệp, khảo cổ học, địa kiến tạo học, cứu trợ sau thảm họa, lập bản đồ, chế tạo robot, thiên văn học – tất cả hoạt động con người đòi hỏi thông tin về thời gian và vị trí đều được nâng tầm nhờ sự chính xác ngày càng cao của các công nghệ định vị<sup>[\*]</sup>.

Đó là điều chúng ta thường nghe. Về mặt triết học, đạo đức, tâm lý, trí tuệ, thậm chí về mặt tinh thần, sự lệ thuộc ngày càng lớn của con người vào các thiết bị và kỹ thuật chính xác có những mặt trái. Sự hoài nghi của những người phản đối máy móc ở thế kỷ XVII, của những người tiếc nuối sự mất mát của nghề thủ công và kinh ngạc trước sự kỳ diệu của điện tử, chưa bao giờ được giải đáp ổn thỏa. (Tôi sẽ còn quay lại vấn đề về lợi ích danh nghĩa và lợi ích thực sự của công nghệ chính xác.)

Về phương diện cá nhân, rõ ràng là sau nửa thế kỷ, tôi vẫn cảm thấy bút rút vì đã hạ đặt giàn khoan lêch 60m. Phải, nó vẫn hoạt động, vẫn tìm thấy khí thiên nhiên, vẫn thành công, nhưng con số 60m vẫn khiến tôi day dứt khi

nhớ lại. Thật không chính xác. Giá mà ngày đó tôi có GPS, một công nghệ lúc ấy đã được các nhà vật lý học ở Baltimore thảo luận khi đánh giá hệ quả của vụ phóng *Sputnik*. Nếu có GPS, tôi đã có thể đặt giàn khoan không lệch quá 3m, và được thỏa mãn. Thế nhưng, dù ở Baltimore người ta đã nói đến điều hướng vệ tinh cả chục năm, và dù những bước đầu tiên đã được tiến hành phải 20 năm sau các vệ tinh mới được phóng và đem lại cho những người như tôi những công cụ làm việc quý giá.

Nhưng liệu 3m có thực sự tốt hơn đáng kể 60m không? Dù sao, người điều hành giàn khoan cũng nói 60m là “đủ tốt”.

Tôi có một anh bạn người Nhật làm công việc điều hướng trên một tàu nghiên cứu biển sâu tại một số vùng hẻo lánh nhất của tây bắc Thái Bình Dương. Ở đài chỉ huy, anh có một thiết bị tín hiệu GPS liên lạc với 12 vệ tinh - phần lớn iPhone liên lạc với ba hoặc bốn vệ tinh - và nhờ thế có thể biết vị trí của mình chính xác tới 2cm. Không phải 2m hay hai tấc mà là 2cm, giữa biển khơi mênh mông không dấu mốc.

Tôi vẫn nhớ rõ người điều hành khoan Amoco cho rằng 60m là đủ tốt. Khi tôi kể với ông bạn người Nhật về thái độ lạc quan của những người làm việc trên giàn khoan, anh cười. Tất nhiên, anh nói, đó là những năm 1960. Nhưng đó không phải là tôn chỉ của công nghệ chính xác. “Đủ tốt” chắc chắn là không đủ tốt.

Sẽ đến lúc, anh cao giọng nói thêm, cen-ti-mét cũng không đủ tốt và chúng ta sẽ cần biết vị trí của mình trên

biển chính xác tới từng milimét. “Không có giới hạn cho sự chính xác, không có điểm cuối cho công cuộc tìm kiếm sự hoàn hảo.”

Những lời anh nói vẫn vang vọng trong tôi, như Kinh thánh của một tôn giáo mới. Cũng có thể là tà giáo, tùy theo cách nhìn.

## Chương 9 - Thu nhỏ vượt mọi giới hạn

Dung sai: 0,000 000 000 000 000 000 000 000 000  
000 01

*Chúng ta không bao giờ biết chính xác được hai yếu tố quan trọng quyết định chuyển động của các hạt nhỏ nhất - vị trí và vận tốc, đồng thời cũng như vận tốc của một hạt tại cùng một thời điểm.*

- Werner Heisenberg, Die Physik der Atomkerne (1949)

Cứ vài tuần một lần, bắt đầu từ mùa hè năm 2018, ba máy bay chở hàng Boeing cỡ lớn, thường là máy bay 747 được cải tạo và không có cửa sổ của hãng hàng không Hà Lan KLM, sẽ khởi hành từ sân bay Schiphol ngoại ô Amsterdam, mang hàng hóa giá trị cao tới thành phố Chandler, nằm trên một hoang mạc ngoại vi thành phố Phoenix, Arizona. Hàng được chở luôn là 9 hộp màu trắng trên mỗi máy bay, hộp nào cũng cao hơn đầu người. Để đưa những hộp cực nặng này từ sân bay ở Phoenix tới đích đến cách đó 32km cần một đoàn hơn 12 chiếc xe tải 18 bánh. Sau khi tới nơi, những vật thể đựng trong hộp được dỡ ra và lắp ghép thành một cỗ máy khổng lồ nặng 160 tấn - một máy công cụ, hậu duệ trực tiếp của các máy công cụ được Joseph Bramah, Henry Maudslay, Henry Royce, Henry Ford phát minh nhiều năm trước.

Cũng như những tiền bối bằng gang của nó, cỗ máy khổng lồ sản xuất tại Hà Lan này (tổng cộng 15 cỗ trong đơn đặt hàng, gửi tới Chandler ngay sau khi hoàn thiện) là máy

*dùng để chế tạo máy.* Nhưng chức năng của nó không phải là tạo ra những thiết bị cơ khí bằng cách cắt kim loại từ kim loại một cách chính xác, mà là tạo ra những cỗ máy nhỏ nhất mà con người có thể tưởng tượng, những cỗ máy điện tử không chứa bất kỳ bộ phận chuyển động nào có thể thấy được bằng mắt thường.

Quá trình tiến hóa trong một phần tư thiên niên kỷ của công nghệ chính xác đã dẫn đến nơi đây. Trước đó, hầu như tất cả các tạo vật chế tạo ít nhiều chính xác đều được làm từ kim loại và hoạt động thông qua các chuyển động vật lý. Pít-tông lên và xuống, khóa đóng và mở; súng bắn; máy khâu nối các mảnh vải với nhau, tạo viền và mép; xe đạp chạy trên đường; ô tô chạy trên xa lộ; ổ bi quay, tàu hỏa lao ra từ đường hầm; máy bay bay trên trời, kính viễn vọng được giương lên; đồng hồ kêu tích tắc, các kim di chuyển theo duy nhất một hướng sau mỗi giây.

Sau đó xuất hiện máy tính, máy tính cá nhân, điện thoại thông minh, và những dụng cụ nằm ngoài sức tưởng tượng – và trong quá trình phát triển hối hả của công nghệ, nhân loại đã đi tới một điểm tới hạn, một ngưỡng cửa vô hình, ngăn cách thế giới cơ khí và một thế giới câm lặng mà electron, proton, neutron thay thế cho sắt thép, dầu nhớt, trực quay, nơi ý tưởng cách mạng về cấu phần mang tính đổi lẫn không còn ý nghĩa, nơi không còn những chuyển động tương đối của cấu phần này so với những cấu phần kia (tuy rằng máy tính có thể tỏa nhiệt và phát sáng), nơi kích cỡ chính xác không còn là yêu cầu trọng tâm của mọi cấu phần. Công nghệ chính xác đã đạt mức độ chính xác chỉ

dành cho cấp độ cận nguyên tử, với các thiết bị điện tử tuân theo những quy luật mới và thực hiện các tác vụ chưa từng được nghĩ đến trước đây.

Thiết bị được gửi đến Arizona, to như một căn hộ sau khi được lắp ráp hoàn chỉnh, là máy quét NXE.3350B EUV. Nó được sản xuất bởi một công ty Hà Lan ít được công chúng biết tới nhưng lại đóng vai trò hết sức quan trọng, với cái tên viết tắt là ASML. Mỗi máy trong đơn hàng được bán với giá 100 triệu đô-la, và giá trị của toàn bộ đơn hàng là 1,5 tỷ đô-la.

Đó không phải là con số lớn đối với công ty đặt hàng, một công ty hoạt động ở Chandler - trong một tổ hợp các tòa nhà đồ sộ thường gọi là các “fab”<sup>[\*]</sup>, hay fabrication plant (nhà máy sản xuất), vì trong trật tự thế giới mới, bên cạnh các nhà máy sản xuất đồ kim khí còn có thêm các fab sản xuất đồ điện tử. Intel Corporation, một trong những rường cột của ngành sản xuất máy tính hiện đại từ 50 năm nay, có tổng tài sản trên 100 tỷ đô-la. Hoạt động kinh doanh chính của công ty là sản xuất, tại các fab rải rác trên toàn thế giới - nhà máy ở Chandler được gọi là Fab 42 - các bộ vi xử lý điện tử hay chip máy tính, bộ não của hầu hết các máy tính trên thế giới. Các thiết bị ASML khổng lồ được dùng để sản xuất chip và để đặt lên bảng mạch một số lượng khổng lồ các bóng bán dẫn (transistor), ở quy mô siêu nhỏ và ở độ chính xác siêu cao, thỏa mãn đòi hỏi về tốc độ và sức mạnh của các máy tính hiện đại.



### Cỗ máy quang khắc EUV của ASML

Để sản xuất một thứ vi tế như chip máy tính hóa ra lại cần đến một cỗ máy khổng lồ. Máy in ảnh li-tô Twinscan NXE:3350B này, do công ty ASML của Hà Lan sản xuất, được ba máy bay chở hàng vận chuyển. Intel, nhà sản xuất chip lớn nhất thế giới, mua tới hàng chục máy như vậy với giá 100 triệu đô-la mỗi chiếc (bản quyền hình ảnh thuộc ASML)

Quá trình sản xuất chip và quá trình sản xuất máy móc tạo ra chip có liên hệ mật thiết với nhau và là những câu chuyện ấn tượng nhất của những năm gần đây liên quan tới công nghệ chính xác. Intel và ASML được ràng buộc với nhau<sup>[\*]</sup> bởi một công nghệ thực hiện ở quy mô nhỏ ngoài sức tưởng tượng, với dung sai không thể hình dung nổi ở vài chục năm trước, nhằm đến độ chính xác khó tin. Nhưng chúng ta vẫn phải tin, và không khó để lý luận rằng sự tồn

tại của công nghệ này đã đem lại vô số lợi ích cho nhân loại, một luận điểm mà Intel và ASML sẵn lòng đồng tình.



### **Gordon Moore**

Hiện tại, quy luật mà Gordon Moore (ngồi) đưa ra năm 1965, khi điều hành Fairchild Semiconductor, trong đó dự đoán năng lực của vi mạch tích hợp sẽ nhân đôi sau mỗi năm, sau đó thận trọng điều chỉnh thành nhân đôi cứ hai năm một lần) hiện vẫn đúng, tuy đa số chuyên gia cho rằng năng lực của chip đã gần chạm giới hạn (bản quyền hình ảnh thuộc Intel Free Press)

Gordon Moore, nhà đồng sáng lập của Intel, có lẽ là người chịu trách nhiệm lớn nhất cho xu hướng siêu chính xác của thế giới điện tử. Ông tích lũy được một khối tài sản khổng lồ từ việc phát minh ra các phương thức thu nhỏ kích thước

transistor và nhồi nhét hàng triệu, sau đó là hàng tỉ transistor vào một chip duy nhất – trái tim và linh hồn của mọi thiết bị điện toán hiện nay. Nhưng ông được biết tới rộng rãi nhất vì đã dự đoán (vào năm 1965, ở tuổi 36 và đang trên đà thăng hoa) rằng kể từ thời điểm đó, kích thước của các cấu phần máy tính thiết yếu sẽ giảm đi một nửa trong khi sức mạnh và tốc độ máy tính sẽ tăng gấp đôi sau mỗi năm.

Một phiên bản sửa đổi của luật Moore, như cách gọi của một cộng sự của ông về dự đoán trên, kể từ đó đến nay được coi là Kinh thánh trong cộng đồng công nghệ, không chỉ bởi nó được chứng minh là đúng, dù ít dù nhiều, mà còn dự báo chính xác một cách phi thường. Nhưng như Moore đã nói, ông đưa ra dự đoán của mình chủ yếu không phải để *mô tả* sự phát triển của ngành công nghiệp máy tính mà là để *thúc đẩy* nó. Các hãng sản xuất chip máy tính ngày nay dường như đang dành hết nguồn lực và tâm huyết để tạo ra những con chip nhỏ nhất, chính xác nhất, chỉ để cho luật Moore tiếp tục có hiệu lực.

Xuất hiện nhanh chóng trên các tạp chí chuyên ngành điện tử những năm gần đây là các bài viết lập luận rằng bộ chip mới này, bộ xử lý mới kia hay bo mạch chủ mới nọ, cho thấy luật Moore vẫn đúng trong 30, 40, 50 năm sau khi nó được đưa ra. Cứ như thế Moore có một cây sáo thần và cả ngành công nghiệp máy tính đang nghe theo tiếng sáo của ông mà đuổi theo những thiết bị vi tế hơn, mạnh mẽ hơn, dù cho nhiều người tiêu dùng cảm thấy đó là điều không cần thiết (một quan điểm nhuốm màu Luddite, thậm chí là báng bổ

đối với ngành này). Có lẽ người tiêu dùng cần một quãng thời gian bình lặng, viên mãn, hơn là bị cuốn theo những chiếc iPhone đời mới nhất, những máy móc với bộ vi xử lý nhanh nhất, mới nhất (dù không biết rõ bộ vi xử lý là cái gì và làm việc gì), để bắt kịp trào lưu nhanh hơn, mạnh hơn, nhỏ hơn và đuổi kịp Moore.

Hội Các con số đã nằm ngoài sức tưởng tượng. Thế giới hiện có rất nhiều transistor đang hoạt động (15 tỷ tỷ, hay 15.000.000.000.000.000), nhiều hơn cả số lá cây trên hành tinh này. Năm 2015, bốn hãng sản xuất chip lớn nhất đã sản xuất 14 ngàn tỷ transistor mỗi giây. Hơn nữa, kích thước của mỗi transistor này hiện đã nhỏ đến cấp độ nguyên tử.

Nói như vậy – và việc transistor hiện có kích thước nguyên tử cho thấy các quy luật vật lý sẽ sớm ngáng đường sự phát triển tương lai – nhưng tôi cũng phải chỉ ra rằng các thiết bị điện tử thông thường có lẽ sắp chạm đến giới hạn vật lý, và luật Moore, sau năm thập kỷ đầy ly kỳ, có lẽ sắp hết hiệu lực. Tất nhiên không có gì ngăn cấm ngành công nghiệp máy tính tạo ra một công nghệ hoàn toàn mới để vượt qua các giới hạn trên, và đúng là họ đang làm như vậy. Liệu luật Moore có áp dụng được với công nghệ mới hay không vẫn còn là câu hỏi chờ thời gian trả lời.

GORDON MOORE SINH NĂM 1929, là con trai của cảnh sát trưởng Hạt San Mateo, Bắc California. Ý tưởng về thiết bị mà Moore dành cả sự nghiệp để phát triển – transistor – bắt nguồn từ một người mà Moore chưa bao giờ gặp mặt. Julius

Lilienfeld, di cư từ Leipzig tới Massachusetts những năm 1920, đã đưa ra một số thiết kế sơ khởi về một cổng kết nối điện tử, thiết bị cho phép dùng một dòng điện với điện áp nhỏ, thông qua một loại vật liệu gọi là chất bán dẫn, để kiểm soát một dòng điện với điện áp lớn hơn nhiều - bao gồm tắt, bật và khuếch đại - mà không đòi hỏi cầu phần chuyển động và chi phí khổng lồ.

Trước đó, để làm việc này, người ta dùng các đi-ốt hoặc tri-ốt trong ống thủy tinh vừa mong manh, vừa đắt đỏ, lại vừa tỏa nhiều nhiệt (trong quá trình hoạt động). Lilienfeld hình dung về một thiết bị mới cùng chức năng nhưng ở thể rắn, cho phép các thiết bị điện tử vừa có ở kích thước nhỏ, chi phí sản xuất thấp, và vừa hoạt động được ở nhiệt độ thấp hơn. Ông đăng ký bằng sáng chế cho ý tưởng này ở Canada vào năm 1925, tiêu đề “Một phương pháp và dụng cụ điều khiển dòng điện.” Sơ đồ mà ông đưa ra chỉ dùng lại ở mức khái niệm về công nghệ và vật liệu thời đó không cho phép sản xuất một thiết bị như thế - nói cách khác tất cả những gì tồn tại là ý tưởng và nguyên lý.

Thời gian cứ thế trôi qua, ý tưởng vẫn cứ mòn mỏi ở đó. Phải mất 20 năm sau, khái niệm của Lilienfeld mới được hiện thực hóa và các transistor đã thực sự được phát triển và chế tạo khi chàng thanh niên Moore theo học hệ thống Đại học California, San Jose, và trở thành một sinh viên có học lực tốt nhưng không đặc biệt xuất chúng.

Hai ngày trước Giáng sinh năm 1947, ba nhà vật lý học ở Bell Labs gồm John Bardeen, Walter Brattain và William

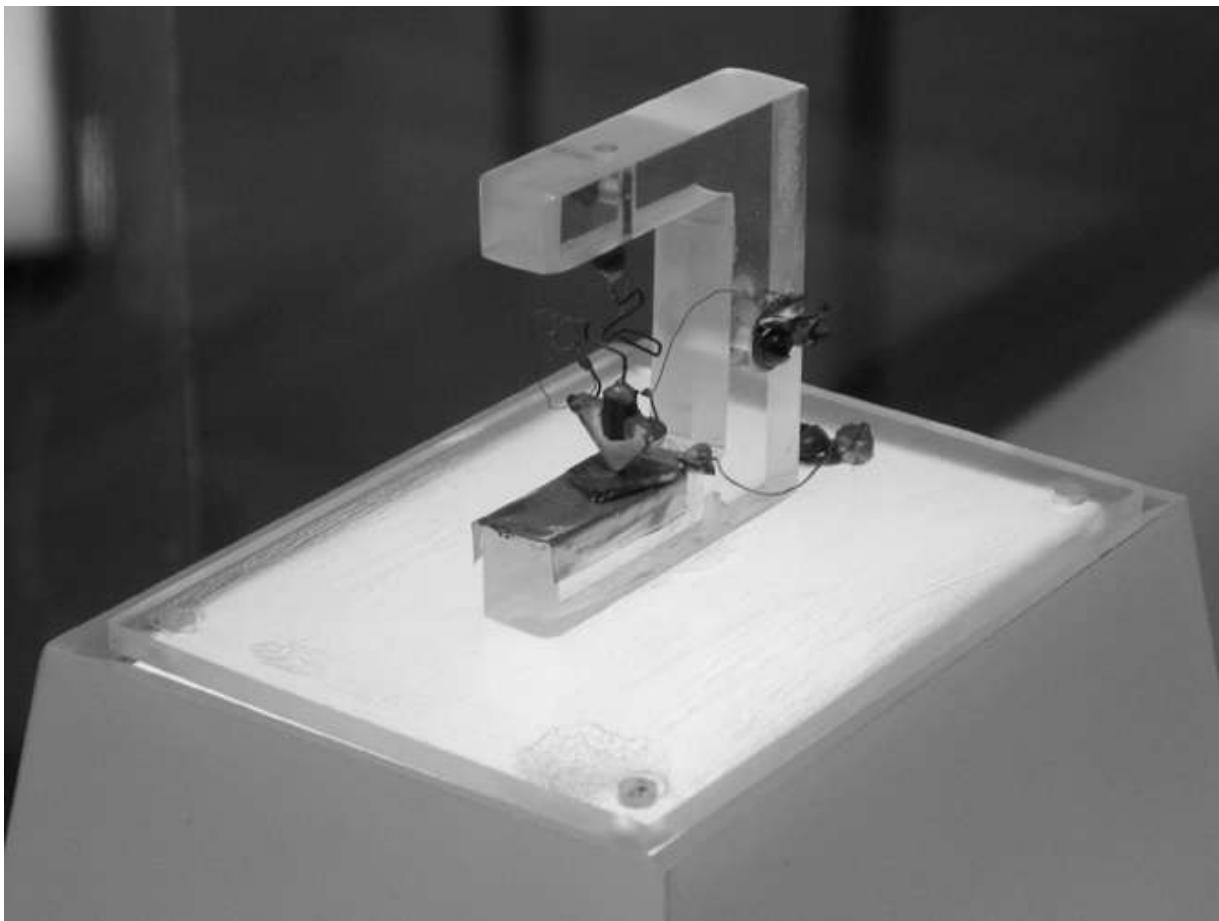
Shockley - người thứ ba là một người đàn ông khó tính, về sau bị phê phán vì ủng hộ thuyết ưu sinh và là tác giả của các tính toán thương vong mà Tổng thống Truman dùng làm căn cứ khi quyết định thả bom nguyên tử ở Hiroshima và Nagasaki - đã chế tạo thành công transistor đầu tiên. Nhờ công trình này mà họ giành được Giải Nobel Vật lý năm 1956: trong bài giảng của mình, Shockley nói rằng từ thành tựu của họ mà “có lẽ nhiều phát minh không thể đoán trước sẽ ra đời”. Thực tế đã vượt xa suy nghĩ của ông.



John Bardeen, William Shockley và Walter Brattain (trái sang phải), cùng giành giải Nobel Vật lý 1956 vì đã khám phá ra “hiệu ứng transistor”. Bardeen còn giành thêm một giải Nobel nữa vào năm 1972 cho công trình về chất bán dẫn, trở thành một trong bốn người duy nhất hai lần đạt giải Nobel

Phát minh của họ chưa được gọi là “transistor” – thuật ngữ này ra đời một năm sau đó, lắp ghép từ hai thuật ngữ chỉ các tính chất điện là *transfer* (chuyển đổi) và *resistor* (điện trở). Và thiết bị họ tạo ra không thể được gọi là nhỏ. Nguyên mẫu hiện đang được lưu giữ trong một lọ thủy tinh ở Bell Labs, tổ hợp dây dẫn và linh kiện bán dẫn làm từ germani, một á kim ánh bạc trước đó ít được nhắc tới, to cỡ bàn tay trẻ nhỏ.

Thế nhưng chỉ trong vài tháng, thiết bị có chức năng tạo ra hiệu ứng transistor này bắt đầu được thu gọn và đến giữa những năm 1950, khi radio bán dẫn đầu tiên được bán ra thị trường, người ta đã quen mắt với nó – một cái tai thủy tinh với ba dây dẫn đặc trưng đi ra từ một đầu, bao gồm một cực cửa để đưa điện áp lên hai đầu transistor và hai cực còn lại được gọi bằng cái tên không mấy hấp dẫn là cực nguồn và cực máng, chỉ hoạt động khi điện áp được cấp qua cực cửa.



### **Bóng bán dẫn đầu tiên của Phòng thí nghiệm Bell**

Transistor đầu tiên, phát minh tại Bell Labs ở New Jersey ngay sát Giáng sinh 1947. Có thể nói đây là phát minh có ảnh hưởng lớn nhất của thế kỷ XX, đánh dấu bước ngoặt của công nghệ chính xác từ các máy móc cơ khí chuyển động sang các máy móc điện tử bất động, và từ vật lý Newton sang vật lý Einstein (bản quyền hình ảnh thuộc Windell H. Oskay, [www.evilmadscientist.com](http://www.evilmadscientist.com))

Tuy có kích thước khiêm tốn và khả năng kỳ diệu, các tai thủy tinh dây dẫn này không thể được gọi là tí hon. Transistor tí hon chỉ trở nên khả dĩ về lý thuyết sau khi transistor làm từ đĩa bán dẫn silicon ra đời vào năm 1954, và tiến thêm một bước quan trọng vào năm 1959 khi các thiết bị hoàn toàn phẳng được chế tạo. Gordon Moore lúc

này đã trải qua nhiều năm nghiên cứu khoa học tại Berkeley, Caltech, và Johns Hopkins, đã rời bỏ thế giới học thuật để tìm kiếm cơ hội kinh doanh trong ngành công nghiệp bán dẫn mới ra ràng. Người mời gọi ông chính là William Shockley, đã rời Bell từ năm 1956 và đi về hướng Tây tới Palo Alto để thành lập công ty riêng, Shockley Transistors, nhằm hiện thực hóa các phát minh “không thể đoán trước” mà ông từng tuyên bố.

Hành động của Shockley đánh dấu điểm khởi đầu của Thung lũng Silicon, thánh đường tương lai của ngành công nghiệp máy tính. Shockley, nhờ tiền thưởng từ giải Nobel và danh tiếng của mình, có đủ tiềm lực tài chính để tuyển dụng bất kỳ người nào ông muốn, và nhanh chóng tập hợp một đội ngũ khoa học xuất chúng, bao gồm Gordon Moore trong vai trò nhà hóa học trưởng, và nhiều kỹ sư, nhà vật lý trẻ xuất sắc khác.

Shockley sớm khiến tất cả bọn họ phát điên. Chỉ trong một năm, 8 trong số những nhân viên đầu tiên của ông rời bỏ công ty vì không chịu nổi kiểu điều hành độc đoán, bí mật cũng như tính đa nghi của ông (và bởi không hiểu vì lý do gì mà ông lại đưa silicon ra ngoài phạm vi nghiên cứu chất bán dẫn của công ty). Nhóm 8 người này, sau đó được biết tới với biệt danh mà Shockley miệt thị đặt cho họ, Tám Kẻ Phản Bội, thành lập một công ty mới vào năm 1957 mà sau này sẽ làm thay đổi thế giới. Công ty start-up<sup>[\*]</sup> của họ, Fairchild Semiconductor, sẽ tạo ra hàng loạt sản phẩm từ silicon, và không ngừng thu nhỏ chúng, cho chúng khả năng

tính toán sánh ngang với những máy tính to bằng một căn buồng.

Phát minh ra transistor phẳng là một trong hai thành tựu vĩ đại nhất của Fairchild, tạo tiền đề để thu nhỏ kích thước transistor và là cảm hứng để Gordon Moore đưa ra dự đoán nổi tiếng của mình. Tác giả của phát minh này gần như đã bị quên lãng bên ngoài ngành bán dẫn. Jean Amédée Hoerni, một trong số 8 người bỏ Shockley để thành lập Fairchild, là một nhà vật lý lý thuyết sinh trưởng trong một gia đình làm ngân hàng ở Thụy Sĩ, gia nhập Fairchild ở tuổi 32, đồng thời là một nhà leo núi và một nhà tư tưởng tận tụy.

Phát minh của ông ngay lập tức thay đổi toàn bộ cách chế tạo transistor. Trước đó, quá trình sản xuất chúng về bản chất là một quá trình cơ khí. Các rãnh tí hon được khắc lên đĩa silicon, các dây dẫn bằng nhôm được đặt vào các rãnh, tạo ra địa hình mesa (núi mặt bàn) (vì thế mà sản phẩm của Fairchild được gọi là transistor mesa). Các đĩa silicon sau đó được bọc trong các hộp kim loại với dây dẫn đi ra từ ba cực.

Các transistor thời bấy giờ vẫn là vật thể có phần cồng kềnh, thô thiển. Trong khi ấy, sau khi *Sputnik* được phóng lên quỹ đạo, ngành công nghiệp vũ trụ của Hoa Kỳ có nhu cầu cấp thiết về thiết bị điện tử vừa siêu nhỏ vừa ổn định và có chi phí thấp. Các transistor mesa của Fairchild không được ổn định lắm: các hạt nhựa, vảy hàn, hoặc bụi thường xuyên vương lại sau công đoạn khắc, di chuyển trong vỏ kim loại và khiến hoạt động của transistor trở nên thất thường,

thậm chí ngừng hẳn. Cần có một transistor mới, nhỏ và không có khiếm khuyết trong vận hành.

Jean Hoerni, một người đơn độc, khắc khổ và tính khí thất thường, đề xuất dùng lớp mạ ôxít silicon bên trên một tinh thể silicon tinh khiết để làm chất cách điện, một phần quan trọng trong transistor, và bỏ các rãnh và ụ (mesa) để giảm thể tích. Ông quả quyết transistor chế tạo theo cách này sẽ nhỏ hơn và ổn định hơn transistor mesa nhiều. Để chứng minh, ông đã nhờ một kỹ thuật viên làm một nguyên mẫu kích thước to không quá một dấu chấm, đường kính tầm 1 mm, và còn nhổ nước bọt vào nó để cho thấy nó vẫn hoạt động bất kể đủ kiểu quấy phá. Đúng là nó hoạt động hoàn hảo: một transistor tí hon, hoạt động tốt, và có vẻ không thể phá hủy - hay ít nhất là có thể chống chịu mọi tác động của con người. Hơn nữa, nó còn có chi phí thấp, do đó ngay lập tức trở thành sản phẩm chủ đạo của Fairchild.

Nhưng đây chỉ là một trong hai sản phẩm mang tính cách mạng của Fairchild. Sản phẩm còn lại sinh ra từ một ý tưởng vẽ trên bốn trang giấy trong một cuốn sổ ghi chép<sup>[\*]</sup>, bởi một thành viên “tị nạn” khác từ Shockley tên là Robert Noyce. Sáng kiến của ông như sau: với transistor phẳng sắp được hiện thực hóa, liệu chúng ta có thể tạo ra phiên bản phẳng của các cấu phần khác trong mạch điện (diện trở, tụ điện, bộ dao động, đi-ốt, vân vân) và đưa chúng lên bề mặt ôxít silicon bao phủ đĩa silicon không? Và như vậy phải chăng chúng ta đã có một mạch điện *tích hợp*?

Và nếu tất cả các cấu phần đều được thu nhỏ thành tí hon và quan trọng nhất là được làm phẳng, chẳng phải chúng ta có thể in mạch điện đó lên đĩa silicon tương tự như in ảnh, dựa trên các nguyên tắc của việc phóng ảnh hay sao?

Nguyên tắc của việc phóng ảnh trong phòng tối chính là cơ sở cho ý tưởng trên. Máy phóng ảnh nhận một hình ảnh âm bản trên một mảnh xenluloit tí hon (ví dụ như một tấm phim 35 mm từ máy ảnh) và dùng thấu kính để tạo ra một phiên bản lớn hơn của hình ảnh, hoặc để chỉnh sửa một phần của hình ảnh, và in nó lên giấy nhạy sáng. Noyce viết trong sổ rằng nguyên tắc này có thể sử dụng theo chiều ngược lại. Người thiết kế có thể vẽ sơ đồ mạch điện tích hợp lên một môi trường trong suốt, sau đó dùng một thiết bị tương tự như máy phóng ảnh nhưng với thấu kính không phóng đại mà thu nhỏ hình ảnh để in mạch điện lên bề mặt ôxít silicon của đĩa silicon.

Một thiết bị có khả năng làm vậy, gọi là máy in li-tô, đã có sẵn trên thị trường. Cùng thời gian này, các nhà in dập nổi bắt đầu chuyển sang sử dụng đĩa polime với cùng một nguyên tắc. Thay vì sử dụng các chữ cái bằng chì và lắp ráp bằng tay, nhà in chỉ cần đánh máy trang cần in, đưa trang đó vào máy in ảnh li-tô, và nhận lại chính trang đó in trên một tờ polyme dẻo. Các chữ cái và những ký tự khác giờ đây được in nổi trên mặt đĩa polyme và sẵn sàng để được dập lên tờ in, ví dụ bằng một bàn in phẳng, tạo cảm giác cổ điển cho tờ in tương tự như in dập thủ công. Tạo sao chúng ta không cải tạo một cái máy in ảnh như vậy để in mạch điện

thay vì chữ nghĩa, để in lên đĩa silicon thay vì polyme hay giấy?

Để hiện thực hóa ý tưởng này hóa ra không đơn giản chút nào - các hình ảnh được in có kích thước cực nhỏ nên mọi công đoạn đều phải được thực hiện với độ chính xác cao nhất và dung sai nghiêm ngặt nhất, và các sản phẩm đầu tiên đều có khiếm khuyết. Tuy nhiên, vào đầu những năm 1960, sau hàng tháng mày mò, Robert Noyce, Gordon Moore và các cộng sự của Moore ở Fairchild cuối cùng đã thành công - với thành phẩm là các mạch phẳng, thể tích nhỏ, tiêu tốn ít điện năng, tỏa ít nhiệt, nằm trên một chất nền phẳng. Họ gọi chúng là mạch tích hợp.

Đây là một đột phá lớn. Lilienfeld là người đầu tiên nghĩ ra ý tưởng vào những năm 1920; Shockley và các cộng sự được giải Nobel ở Bell Labs đã đi những bước chập chững đầu tiên, sau đó, với phát minh của Hoerni về transistor phẳng cấu tạo từ các lớp phẳng thay vì các tinh thể riêng rẽ, mạch điện đã có thể được thu gọn, sẵn sàng cho ra sự ra đời của các thiết bị điện tử ngày càng nhỏ và nhanh.

Các transistor trong mạch kiểu mới có thể được bật và tắt liên tục trong thời gian cực ngắn bằng cách cấp các nguồn điện nhỏ. Những tạo tác silicon nhỏ nhắn này đánh dấu bước ngoặt trong lịch sử phát triển của máy tính, vốn thực hiện các tính toán nhị phân, trên hai trạng thái bật và tắt của transistor. Có càng nhiều transistor và transistor hoạt động càng nhanh, máy tính càng mạnh và chi phí hoạt động càng thấp. Vì thế, sự ra đời của mạch tích hợp là tiền đề cho sự ra

đời của máy tính cá nhân - và của hàng chục, hàng trăm thiết bị khác, tất cả đều có trái tim là vi mạch tích hợp được những bộ óc thiên tài ở Fairchild phát minh ra.

Song tình hình tài chính của Fairchild lại vô cùng thảm hại, một phần vì các start-up khác, chẳng hạn như Texas Instruments<sup>[\*]</sup>, có đủ tiền đầu tư hoặc được công ty mẹ bảo trợ để thâm nhập vào các thị trường mới nổi. Thất vọng với khả năng cạnh tranh của công ty, các nhà sáng lập Fairchild rời bỏ nó và một lần nữa thành lập công ty mới, chỉ chuyên thiết kế và sản xuất thiết bị bán dẫn. Công ty mới này, thành lập bởi Gordon Moore và Robert Noyce - họ được gọi là “fairchildren” - ra đời vào tháng 7 năm 1968 dưới cái tên Intel Corporation.

Trong vòng ba năm kể từ khi thành lập, bộ vi xử lý (máy tính trên một chip) thương mại đầu tiên được chính thức công bố. Đó là Intel 4004, con chip “bốn không không bốn” lừng danh. Minh chứng cho tầm mức chính xác mà loại công nghệ mới này đòi hỏi: bên trong trong bộ xử lý dài 1 inch là một khối silicon, rộng 12 mm, trên đó khắc một mạch tích hợp với không dưới 2.300 transistor. Năm 1947, một transistor có kích thước bằng bàn tay của một đứa trẻ. Năm 1971, 24 năm sau, các transistor trong bộ vi xử lý chỉ rộng 10 mi-cro-mét, 1/10 đường kính của một sợi tóc. Từ tay đến tóc. Nhỏ đến tí hon. Thế giới đang đứng trước ngưỡng cửa của một thay đổi sâu sắc.

Ban đầu, chip 4004 của Intel được sản xuất riêng cho Busicom, một hãng sản xuất thiết bị tính toán của Nhật, khi

ấy đang gặp vấn đề tài chính và phải hạ chi phí sản xuất. Hãng quyết định đưa chip máy tính vào thiết bị tính toán của mình và tiếp cận Intel. Theo truyền thuyết của Intel, tại một phiên thảo luận trong một khách sạn ở thành phố cổ Nara của Nhật Bản, một phụ nữ không còn được nhớ tên đã thiết kế ra kiến trúc cơ bản bên trong của thiết bị tính toán. Theo thiết kế này, Intel, với khả năng thu nhỏ chip độc nhất vô nhị, sẽ chịu trách nhiệm cung cấp bộ xử lý.

Kết quả là một máy tính được công bố vào tháng 11 năm 1971, được quảng cáo là chiếc máy tính để bàn đầu tiên trên thế giới có bảng mạch tích hợp, một bộ vi xử lý có sức mạnh tương đương các máy tính ENIAC huyền thoại to ngang một căn phòng. Một năm sau, công ty yêu cầu Intel hạ giá xuống 25 đô-la một chip. Intel đồng ý, với điều kiện công ty có quyền đưa phát minh của mình ra bên ngoài thị trường, một điều kiện mà công ty của Nhật miễn cưỡng chấp thuận. Chip 4004 sau đó được đưa vào một máy pinball của Bally và theo lời đồn (sai) là được sử dụng trong tàu thăm dò vũ trụ *Pioneer 10* của NASA. NASA đúng là đã tính đến việc sử dụng con chip này nhưng sau đó cho rằng nó quá mới. *Pioneer 10*, không có chip, được phóng lên không gian vào năm 1972 và lang thang trong Hệ Mặt trời 31 năm cho đến khi pin của nó bị hỏng vào năm 2003, con tàu khi đó đang ở cách Trái đất hơn 11 tỷ ki-lô-mét.

Danh tiếng của 4004 lan truyền và Intel quyết định chuyển hướng kinh doanh chủ đạo sang sản xuất vi xử lý, lấy kim chỉ nam là niềm tin của Gordon Moore (được công bố lần đầu năm 1965, sáu năm trước khi 4004 ra đời, và cho

thấy tầm nhìn xa của tác giả) rằng mỗi năm kích thước của con chip phải giảm xuống một nửa và sức mạnh của nó phải được nhân đôi. Theo thời gian, tí hon đã biến thành hiển vi, rồi hạ hiển vi, rồi quy mô nguyên tử. Sau khi biết được cách thức vận hành của 4004 và các thách thức trong công tác thiết kế, Moore sửa lại dự đoán của mình từ một năm thành hai năm - một lời tiên tri liên tục tự ứng nghiệm kể từ năm 1971.

Chip máy tính bắt đầu phát triển theo cấp số mũ - với kích thước ngày càng nhỏ và độ chính xác ngày càng cao, hai ưu thế hàng đầu trong mắt tất cả các giám đốc tài chính của các hãng sản xuất chip, bao gồm Intel: chip càng nhỏ, chi phí sản xuất càng thấp. Và càng nhỏ thì hiệu suất càng lớn: transistor nhỏ hơn sẽ đòi hỏi ít điện năng hơn và hoạt động nhanh hơn, vì vậy có hiệu suất vận hành lớn hơn.

Chẳng có ngành công nghiệp nào thích sự nhỏ gọn (ví dụ như chế tác đồng hồ đeo tay) mà lại để nhỏ gọn đi đôi với rẻ tiền cả. Chỉ trừ ngành sản xuất vi xử lý. Một chiếc đồng hồ đeo tay mỏng hơn nhìn chung sẽ tốn chi phí sản xuất hơn. Trong khi đó, ngành sản xuất chip về bản chất có tính lũy thừa: tổng số transistor trên chip là bình phương số transistor theo mỗi chiều. Đặt 1.000 transistor lên trên cùng một hàng, bạn đã có một con chíp chứa 1 triệu transistor mà không tốn thêm chi phí nào đáng kể. Đây dường như là một chiến lược kinh doanh không có điểm yếu.

Kích thước chip thường được diễn tả bằng một khái niệm hơi khó hiểu là *tiến trình*, đại khái là khoảng cách giữa hai

transistor lân cận, hoặc thời gian để xung điện truyền từ transistor này sang transistor khác. Phép đo bằng nốt xử lý cho phép các chuyên gia bán dẫn hình dung tốc độ và sức mạnh của bảng mạch một cách chân thực. Đối với người ngoài ngành, số lượng transistor trên đĩa silicon lại là khái niệm trực quan hơn, dù một số lượng đáng kể transistor trên chip có chức năng không liên quan gì tới hoạt động của chip.

Kích thước nốt giảm dần theo đúng dự đoán của Gordon Moore. Năm 1971, khoảng cách giữa các transistor trên Intel 4004 là 10 mi-cro-mét - nói cách khác, 2.300 transistor trên bo mạch cách nhau một khoảng to cỡ một giọt sương. Năm 1985, nốt trên chip Intel 80386 chỉ còn 1 mi-cro-mét, kích thước một vi khuẩn điển hình, và đa số chip có hơn một triệu transistor. Nhưng số transistor trên chip sẽ tiếp tục tăng trong khi nốt xử lý sẽ tiếp tục giảm. Các chip như Klamath năm 1995, Copermine năm 1999, Wolfdale, Clarkdale, Ivy Bridge và Broadwell ra đời trong 15 năm đầu tiên của thiên niên kỷ mới, là kết quả của một cuộc đua không hồi kết.

Với những chip gần nhất, các nốt không được tính bằng mi-cro-mét mà bằng na-no-mét, một phần ngàn mi-cro-mét và một phần tỷ của một mét. Khi họ chip Broadwell được tạo ra vào năm 2016, kích thước nốt giảm xuống chỉ còn mười bốn phần một tỷ của một mét (tương đương kích thước của những virus nhỏ nhất), một con số nằm ngoài sức tưởng tượng trong quá khứ, và mỗi đĩa silicon chứa không dưới 7 tỷ transistor. Tại thời điểm cuốn sách này được viết, chip

Skylake của Intel có kích thước transistor còn chưa đến một phần sáu mươi bước sóng ánh sáng mà mắt người nhìn thấy, có thể gọi là vô hình theo nghĩa đen (transistor trên 4004 có thể dễ dàng thấy được qua kính hiển vi của trẻ em).

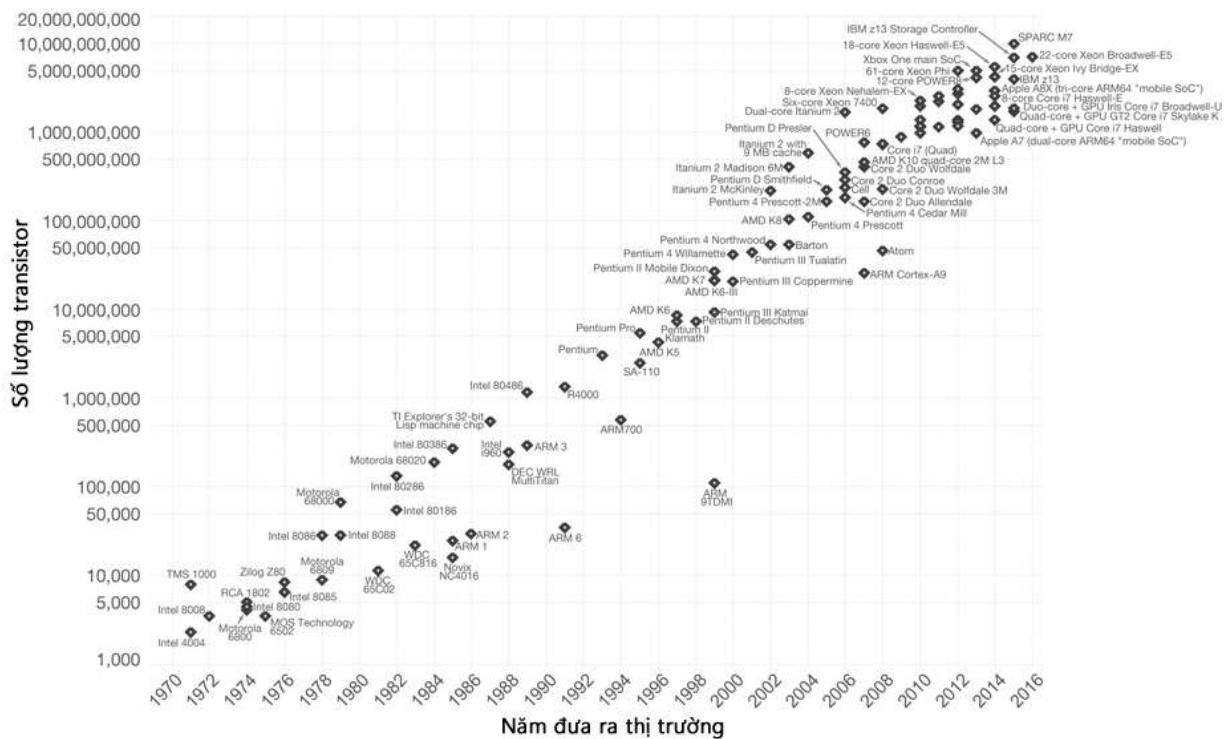
Tương lai sẽ tiếp tục đem đến những con số đáng kinh ngạc hơn, những kích thước nốt và transistor khó hình dung hơn - và vẫn tuân theo quy luật Moore đưa ra năm 1965. Ngành công nghiệp chip, với tuổi đời nửa thế kỷ, vì các động cơ kinh tế mà đang cố gắng hết sức để luật Moore tiếp tục ứng nghiệm, năm này qua năm khác. Một quản lý của Intel từng tự tin dự đoán số transistor trên một chip tạo ra vào năm 2020 sẽ vượt quá số nơ-ron thần kinh trong não người - cùng với các tác động không thể tính trước.

Những cỗ máy khổng lồ, bao gồm 15 máy được đưa từ Amsterdam tới Chandler fab của Intel năm 2018, là công cụ biến mục tiêu trên thành hiện thực. Nhà sản xuất ASML - tên gốc là Advanced Semiconductor Materials International (Các vật liệu bán dẫn tiên tiến quốc tế) - được thành lập năm 1984, là công ty con của Philips, một công ty Hà Lan nổi tiếng trong quá khứ với các sản phẩm như dao cạo râu và bóng đèn điện. Công nghệ ánh sáng của Philips đóng vai trò quan trọng vì các máy công cụ mà công ty sản xuất trong những ngày đầu của mạch tích hợp đã sử dụng những chùm sáng cường độ cao để khắc các vết hóa chất nhạy sáng lên chip. Về sau, laze và các nguồn cường độ cao khác được sử dụng trên các con chip kích cỡ ngày càng tí hon.

## Luật Moore - Số lượng transistor trên một con chip mạch tích hợp (1971-2016)

Theo luật Moore, cứ hai năm một lần, số lượng transistor trên các mạch tích hợp sẽ tăng gấp đôi. Sự tăng trưởng này là rất quan trọng vì các tiến bộ công nghệ khác - ví dụ như tốc độ xử lý và giá thành sản phẩm điện tử - đều có mối liên hệ mật thiết với luật Moore.

Our World  
in Data



## Biểu đồ thể hiện quá trình phát triển từ Intel 4004 tới SkyLake

Bắt đầu từ mạch tích hợp Intel 4004, nhồi 2.300 transistor trên một đĩa silicon rộng 12mm, cho tới những con chip ngày nay với ít nhất 10 tỷ transistor rời rạc trên một đĩa silicon còn nhỏ hơn, biểu đồ này cho thấy sự ứng nghiệm của luật Moore (bản quyền hình ảnh thuộc MaxRoser/Creative Commons BY-SA-2.0)

**QUÁ TRÌNH SẢN XUẤT** một chip vi xử lý kéo dài ba tháng, bắt đầu từ một khối silicon nung chảy hình trụ nặng 200kg. Khối này sau đó được cắt bằng cưa dây thành các đĩa to cỡ đĩa ăn với độ dày 2/3mm. Bề mặt đĩa được đánh bóng bằng hóa chất, rồi được nạp vào máy ASML, ở đó bắt đầu một quá trình dài dằng dặc cho ra đời một chip máy tính.

Mỗi đĩa sẽ được cắt theo dạng lưới, tạo ra 1.000 khối con đồng nhất, mỗi khối trong số đó sẽ mang hàng tỷ transistor và trở thành trái tim của mọi máy tính, điện thoại di động, thiết bị trò chơi, hệ thống định vị, máy tính bỏ túi trên Trái đất, và mọi vệ tinh, tàu vũ trụ trên không gian. Các thao tác diễn ra trước khi chip được cắt từ đĩa được thực hiện ở quy mô nhỏ không tưởng. Sơ đồ mảng transistor được vẽ hết sức tỉ mỉ lên một mặt nạ thạch anh nung chảy trong suốt, sau đó laze bắn xuyên qua các mặt nạ này, đi qua một loạt thấu kính và phản chiếu trên một loạt gương, để rồi cuối cùng in sơ đồ đó, ở kích thước thu nhỏ đáng kể, lên một điểm trên đĩa. Cứ như vậy, sơ đồ này được tái tạo ở các điểm khác trên mặt đĩa, mỗi điểm tương ứng với một chip.

Sau đợt bắn laze đầu tiên, đĩa silicon được tháo ra, rửa sạch và phơi khô, sau đó lại được đưa vào máy, và được in lên một sơ đồ khác. Công đoạn này lặp lại cho đến khi 30, 40, thậm chí 60 sơ đồ cực nhỏ được in chồng lên nhau (mỗi lớp và mỗi phần trong một lớp tương ứng với một mảng mạch phức tạp). Khi công đoạn in đã hoàn tất và đĩa silicon, sau nhiều lần in laze, được rửa, phơi khô, hầu như không dày hơn chút nào so với ban đầu, cho thấy sự vi tế trong các thao tác của máy.

Mọi thứ phải được giữ sạch sẽ tuyệt đối. Hãy tưởng tượng chuyện gì sẽ xảy ra nếu một hạt bụi tí hon đậu vào bên trên mặt nạ thạch anh. Tuy hạt bụi này nhỏ hơn bước sóng ánh sáng nhìn thấy và vô hình đối với mắt người, bóng của nó, qua các thấu kính và gương, sẽ tạo ra một đốm tối lớn trên đĩa silicon, làm hỏng hàng trăm con chip và hao tổn hàng

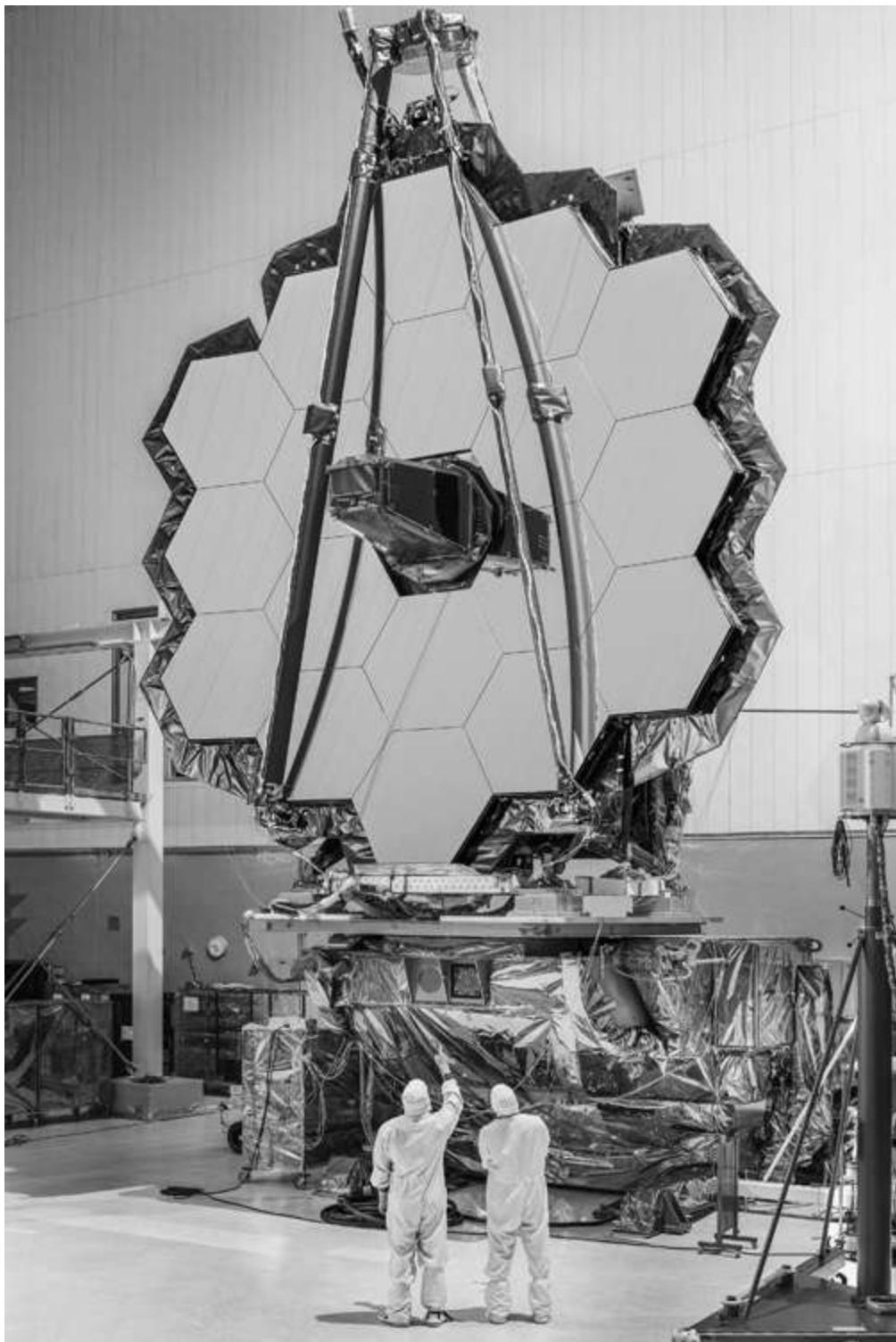
nghìn đô-la. Đó là lý do vì sao mọi công đoạn bên trong ASML đều được thực hiện trong các buồng sạch sẽ hơn thế giới bên ngoài gấp hàng ngàn lần.

Có các tiêu chuẩn quốc tế về phòng sạch dành cho sản xuất, và tuy các phòng sạch ở Trung tâm Phi hành Không gian Goddard, nơi NASA lắp ráp Kính viễn vọng Không gian James Webb, được coi là sạch, chúng chỉ đạt ISO 7, tức là có không quá 352.000 hạt kích thước 0,5 mi-cro-mét trong mỗi mét khối không khí. Các phòng trong nhà máy ASML ở Hà Lan sạch hơn thế nhiều, thỏa mãn tới tiêu chuẩn ISO 1, cho phép không quá mười hạt kích cỡ 0,1 mi-cro-mét trong mỗi mét khối không khí, và không cho phép tồn tại hạt kích cỡ lớn hơn. Độ sạch trên lớn hơn độ sạch của môi trường sống bình thường 5 triệu lần. Điều đó cho thấy thách thức của việc sản xuất mạch tích hợp hiện đại, với những môi trường sản xuất gần như siêu thực.

Với các thiết bị in li-tô mới nhất, chúng ta có thể tạo ra các con chip chứa đến 7 tỷ transistor trên một bo mạch, 100 triệu transistor trên 1mm. Nhưng những con số như thế cũng hàm chứa một cảnh báo. Chắc chắn chúng ta đang gần chạm tới giới hạn. Con tàu rời bến năm 1971 có lẽ sắp dừng lại, sau hành trình nửa thế kỷ huy hoàng. Giới hạn tuyệt đối ngày càng có khả năng cao trở thành hiện thực, một phần vì khoảng cách giữa các transistor đang nhanh chóng tiệm cận đường kính nguyên tử. Trong những không gian nhỏ như thế, các thuộc tính của trạng thái một transistor (điện, điện tử, nguyên tử, quang tử, lượng tử) sẽ tác động đến một transistor khác. Nói cách khác, mạch sẽ bị

chập, và tuy không tạo ra tia lửa điện hay cháy nổ nhưng tác động gây ra đối với ngành sản xuất chip vẫn rất lớn.

Đó là lời cảnh báo. Nhưng những người quả quyết rằng thế giới sẽ tốt đẹp hơn nếu luật Moore được tuân theo sẽ lại lầm nhầm câu thần chú quen thuộc: “Chỉ một lần nữa. Một lần nữa thôi.” Một lần nữa nhân đôi sức mạnh, một lần nữa cắt đôi kích thước. *Bất khả thi* là từ cấm kỵ đối với ngành sản xuất chip, không được nói ra, nếu nói ra cũng không được lắng nghe, nếu được nghe thấy cũng không được chú ý. Các giới hạn mà hiện thực mới mang đến mâu thuẫn với tôn chỉ mà thế giới máy tính đã tuân theo từ hàng chục năm nay, và những tín đồ của thế giới ấy từ chối công nhận rằng sẽ đến lúc tham vọng của họ nằm ngoài tầm với của họ.



Gương chính của Kính viễn vọng Không gian James Webb. Với đường kính hơn 7,3 m và đặt cách Trái đất nhiều triệu cây số, nó sẽ giúp tăng cường đáng kể khả năng nghiên cứu những vùng xa xôi thậm chí đến tận rìa của vũ trụ, và các hiện tượng xảy ra khi vũ trụ mới hình thành.

Kính viễn vọng Không gian James Webb dự tính sẽ được phóng vào năm 2019

Các nhà sản xuất máy sản xuất chip (đặc biệt là các công ty Hà Lan đã đổ hàng tỷ đô-la đầu tư vào ngành này và rất cần thành công được tiếp diễn để bảo toàn vốn của họ) đang tìm mọi cách để thỏa mãn yêu cầu của khách hàng, những yêu cầu mà theo một số quan điểm là giấc mơ hoang đường. Các thiết bị thế hệ mới của họ có vẻ có thể giúp các hãng sản xuất chip thu nhỏ kích thước hơn cái ngưỡng mà trước đây được coi là khả thi và khôn ngoan.

Các máy mới không còn sử dụng laze ánh sáng khả kiến nữa, mà sử dụng bức xạ tử ngoại cực xa (EUV), có bước sóng 13,5 phần tỷ của một mét, cho phép tạo ra về lý thuyết các transistor có kích thước nguyên tử, một tầm mức chính xác siêu hiển vi, đồng thời vẫn phải duy trì ưu thế thương mại.

EUV không phải là thứ dễ điều khiển. Nó chỉ có thể truyền trong chân không. Không thể hội tụ nó bằng thấu kính hay phản chiếu bằng các gương thông thường. Thay cho gương, người ta phải dùng một thiết bị đa lớp rất đặc đẽ gọi là gương Bragg. Hơn nữa, cách tốt nhất để tạo ra bức xạ EUV là dùng plasma, tức là dạng khí của kim loại bị nóng chảy ở nhiệt độ cao, tạo ra bằng cách dùng laze cường độ cao bắn phá kim loại.

Một công ty Mỹ (sau đó được ASML mua lại) đã phát triển một phương thức độc đáo để tạo ra bức xạ EUV cần thiết. Có ý kiến cho rằng đây là một phương pháp gần như điên rồ, và không khó để hiểu tại sao.

Thiếc kim loại cực kỳ tinh khiết được nung chảy thành dung dịch nóng. Sau đó, những tia tí hon dung lượng 50.000 giọt mỗi giây của dung dịch này được phun vào một buồng chân không. Người ta bắn một tia laze vào các giọt này, làm chúng dẹp ra như bánh kếp và tăng diện tích bề mặt. Tia thứ hai, laze cacbon đioxit, có năng lượng cao hơn nhiều, sẽ biến mỗi giọt được làm phẳng thành một cụm plasma nhiệt độ cao phát xạ EUV. (Các giọt thiết bị bắn phá cũng tạo ra các giọt vụn và một luồng khí hydro được dùng để thổi đi những giọt vụn này tránh cho chúng đóng đặc tại chỗ.)

Bức xạ EUV sinh ra trong môi trường như địa ngục trên sẽ đi qua các mặt nạ vẽ sơ đồ mạch tích hợp, phản chiếu trên các gương Bragg và đi theo tuyến đường hình bậc thang tới đĩa silicon. Tia EUV làm việc trên đĩa silicon theo dung sai cỡ một phần năm tỷ đến một phần bảy tỷ của một mét. Nếu không có vấn đề gì - và tại thời điểm viết sách, chưa có vấn đề nào được phát hiện - những con chip sản xuất theo cách này sẽ bắt đầu được tung ra thị trường kể từ năm 2018. Luật Moore, sau 53 năm, một lần nữa ứng nghiệm.

THẾ NHƯNG, một câu hỏi vẫn còn bỏ ngỏ: luật Moore còn tiếp tục ứng nghiệm đến khi nào? Máy EUV có thể cho phép thu nhỏ kích thước transistor trong vài năm nữa, nhưng sớm muộn chúng ta sẽ vấp phải hàng rào vật lý và cuộc chơi buộc phải dừng lại. Một transistor Skylake chỉ dày tương đương 100 nguyên tử, và tuy việc tắt và bật để tạo ra các con số 0 và 1 - huyết mạch của máy tính - vẫn được thực hiện bình thường, việc transistor chứa quá ít nguyên tử như thế khiến hoạt động của chúng gặp không ít thách thức. Đã

có một vài phương án được đưa ra để khắc phục giới hạn và cho ra đời thêm một vài phiên bản chip “truyền thống”, chẳng hạn như chồng các con chip lên nhau và nối chúng với nhau bằng những dây điện cực nhỏ, cho phép tăng số lượng transistor trong bo mạch mà không cần giảm kích thước các transistor riêng lẻ.

Ngoài ra còn có các vật liệu thay thế, các kiến trúc thay thế. Người ta đang thảo luận về việc sử dụng graphene, một dạng cacbon đơn chất cấu tạo từ các màng đơn phân tử, để thay thế silicon, cũng như mô-líp-đen disulfua, phốtpho đen, và hợp chất phốtpho-bo, tất cả nhằm kéo dài khả năng thu nhỏ transistor. Máy tính lượng tử, hoạt động dựa trên các hiệu ứng kỳ lạ của cơ học lượng tử được Werner Heisenberg mô tả năm 1927, đang được coi là bước phát triển tiếp theo.

Nhưng ở quy mô này, việc đo lường trở nên lỏng lẻo, sự mơ hồ vượt qua sự chính xác, sự chính xác lạc vào thế giới nghịch lý, các giới hạn trở nên vô nghĩa, những con số tan biến thành một màn sương mù lượng tử - trừ những hằng số của định luật vật lý. Có lẽ quan trọng nhất là độ dài Planck, độ dài nhỏ nhất mà tại đó những khái niệm vật lý cổ điển về không-thời gian còn áp dụng được. Dưới nó, khái niệm kích thước trở nên vô nghĩa.

Độ dài Planck có một giá trị cụ thể, hoặc chí ít là nó có giá trị nếu bạn tin hai hằng số cơ bản của vũ trụ - vận tốc ánh sáng và hằng số trọng lực của Newton - là những hằng số bất biến. Độ dài Planck có giá trị bằng  $0,000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 016\ 229$  (38) mét, tức là nhỏ

hơn đường kính của một nguyên tử hydro khoảng mươi mǔ hai mươi lần. Từ đây, chúng ta có thể tính được khoảng thời gian cần thiết để photon di chuyển một quãng đường bằng độ dài Planck là:  $5,39 \times 10^{-44}$  giây.

Tại giới hạn này, chính xác bắt đầu trở nên nhập nhằng. Việc đi xuống không ngừng không khả thi. Tuy các trung tâm đo lường và phòng thí nghiệm quốc gia đang nghiên cứu một số kỹ thuật để thâm nhập vào các giới hạn nguyên tử - ví dụ kỹ thuật ép ánh sáng cho phép thực hiện một số đo lường thực tế (chứ không phải tính toán, như việc tính toán hai con số rất nhỏ ở trên) ở các chiều kích của cấp độ hạ nguyên tử - tất cả các nhà khoa học đều thừa nhận có một giới hạn vật lý mà chúng ta không thể đo lường hay chế tạo bất kỳ thứ gì nhỏ hơn giới hạn này.

TUY CHÚNG TA đã bắt đầu tiếp cận các giới hạn không thể vượt qua ở quy mô nguyên tử, vẫn còn nhiều cơ hội ở thái cực còn lại, nơi việc chế tạo các dụng cụ và thiết bị chính xác vẫn còn đem lại nhiều lợi ích, chẳng hạn như để khám phá những vùng không gian xa xôi bằng kính viễn vọng như Kính viễn vọng Không gian James Webb, hoặc để trả lời các câu hỏi lớn về vũ trụ lâu nay vẫn ám ảnh nhân loại.

Đó là lý do các giới hạn chính xác nhất của công nghệ chính xác đang được thử nghiệm chế tạo các dụng cụ khổng lồ trong các khu LIGO bang Washington và Louisiana, cũng như ở vùng đồng bằng phía tây Ấn Độ. LIGO nằm ở thái cực bên kia về quy mô so với vi mạch tích hợp, với kích thước hàng ki-lô-mét thay vì hàng na-no-mét, nhưng cũng đòi hỏi

sự chính xác không kém cạnh. Điều này được minh họa rõ rệt tại tiền đồn cô quạnh của LIGO, nơi các nhà khoa học đang nghiên ngẫm những câu hỏi thâm cǎn cố để nhất về vũ trụ của chúng ta.

HƠN MỘT THẾ KỶ TRƯỚC, Einstein đã phỏng đoán khả năng các sự kiện vũ trụ xa xôi có thể tạo ra các gợn sóng trong cấu trúc không-thời gian - ông gọi chúng là sóng hấp dẫn - và chúng sẽ thay đổi hình dạng của Trái đất khi đi ngang qua chúng ta. Các trung tâm LIGO được xây dựng để đo lường thay đổi siêu vi trong hình dạng thế giới, để tìm bằng chứng cho sự tồn tại của các sóng hấp dẫn.

Muốn kiểm chứng một thay đổi nhỏ như vậy trong hình dạng của hành tinh, các nhà khoa học cần một giao thoa kế khổng lồ và siêu nhạy. Đó là lý do vì sao năm 1991, LIGO, viết tắt của Lazer Interferometer Gravitational-Wave Observatory (Đài quan trắc Sóng Hấp dẫn bằng Giao thoa kế Laze), ra đời (hay chính xác hơn là được phê duyệt ngân sách). Trong LIGO là các bộ phận có thể được coi là các tác phẩm chính xác nhất trong lịch sử nhân loại. Điều đó cho thấy không chỉ các quan sát quy mô cận nguyên tử mà các quan sát ở quy mô thiên hà và lớn hơn cũng đòi hỏi sự chính xác ở mức độ cực đoan nhất.

Một giao thoa kế điển hình sử dụng một nguồn sáng đơn sắc ở cường độ cao và bước sóng xác định. Tia sáng được chiếu qua một thấu kính tới một gương bán mạ và bị tách làm hai tia. Hai tia ánh sáng đỏ đơn sắc này sau đó đi theo hai hướng vuông góc tới hai gương và bị phản xạ từ hai

gương này về gương bán mạ, nhập vào nhau, chồng chập lên nhau, cuối cùng đi tới một máy dò.

Nếu hai tia sáng đi cùng một quãng đường, chúng sẽ cộng hưởng và tia sáng kết hợp sẽ có cường độ như tia sáng đi ra từ nguồn. Mặt khác, nếu hai tia sáng có quãng đường khác nhau, chúng sẽ giao thoa và triệt tiêu nhau, và các vân giao thoa sẽ cho người quan sát biết mức độ khác biệt trong quãng đường.

LIGO về cơ bản là một thí nghiệm sử dụng một cặp (trong tương lai gần có lẽ là một tổ hợp ba) giao thoa kế khổng lồ hoạt động theo nguyên tắc đơn giản nêu trên. Nếu bay ở độ cao 8km qua hoang mạc Washington hoặc những rừng rậm ở trung nam Louisiana và nhìn xuống, những người từng sử dụng giao thoa kế sẽ dễ dàng nhận diện bản chất giao thoa kế của LIGO: hai cánh tay dài tạo thành một góc 90 độ, tòa nhà nơi hai cánh tay gặp nhau là nơi đặt gương bán mạ, và các cấu trúc khác chứa nguồn laze, máy dò, và các thiết bị phân tích, đặt ở một miền thiên nhiên hoang vu không chịu tác động của con người, dù trên hoang mạc bụi bặm phía bắc hay giữa những tán sồi và mộc lan phía nam. Những đường thẳng băng của LIGO trông giống như những hình vẽ khổng lồ của cao nguyên Nasca và đối chọi với quang cảnh thiên nhiên xung quanh.

Mục tiêu của thí nghiệm LIGO là kiểm tra xem hai cánh tay nêu trên có thay đổi độ dài tương đối so với nhau không - nếu có, dù ở mức độ nhỏ nhất có thể tưởng tượng, có khả

năng nguyên nhân chính là sóng hấp dẫn truyền qua Trái đất.

Đứng ở dưới mặt đất quan sát, chúng ta sẽ thấy trước mắt mình là các thiết bị khổng lồ, hai cánh tay (to như đường tàu điện ngầm, kéo dài tít tắp) gấp nhau trong một tổ hợp máy móc và thiết bị điện tử phức tạp đến hoa mắt. Tại đây, công nghệ sử dụng dầu máy và công nghệ sử dụng silicon cộng sinh với nhau một cách hoàn hảo. Máy bơm chân không bơm, nguồn laze chiếu laze, động cơ servo tạo ra những tinh chỉnh cực nhỏ, các máy tính trong phòng điều khiển làm việc suốt ngày đêm để phân tích dữ liệu truyền về từ máy dò trong lúc các tia sáng đi qua đi lại hàng trăm lần mỗi giây giữa các tấm gương. Một hy vọng le lói của những người làm việc ở đây là có một khoảnh khắc nào đó, hai ống mà chùm tia laze di chuyển bên trong sẽ thay đổi độ dài tương đối với nhau.

Và điều đó đã xảy ra vào thứ Năm ngày 14 tháng 9 năm 2015, khi các nhà khoa học lần đầu tiên quan sát được hiện tượng mà Einstein đã dự đoán từ hơn một thế kỷ trước. Các máy tính trong buồng điều khiển Livingston phát hiện một bất thường, một thay đổi rất nhỏ trong tín hiệu, vào 05:51 sáng hôm ấy, nửa tiếng trước khi mặt trời ló rạng ở Louisiana, và khi những con cá sấu đầm lầy vẫn còn say giấc. Các nhà quan sát ở Louisiana có lẽ lúc ấy đang mệt mỏi và buồn ngủ, nhưng những thành viên khác trong mạng lưới toàn cầu có tên là Hợp tác Khoa học LIGO, ở những múi giờ tỉnh táo hơn, cũng nhận được thông báo. Thời gian ở Hanford, Washington, là 03:51, giữa đêm khuya, nhưng ở

Leibnitz là 12:51; ở Delhi là 17:21; ở Tokyo là 20:51; và ở Đại học Monash, Melbourne là 22:51.

Phát hiện này cũng đến với những ngóc ngách khác của thế giới khoa học. Một mức tăng đột ngột trong tín hiệu được quan sát ở Livingston và lặp lại ở các máy dò của Hanford. Không phải máy dò nào cũng được bật lên: các đài quan sát này đang được chạy kỹ thuật, trong đó các bộ phận sẽ được kiểm tra tỉ mỉ trong nhiều tháng liền về độ trung thực và chính xác. Bình thường - dù trong thế giới của sóng hấp dẫn, không có mấy thứ có thể coi là “bình thường” - các nhà khoa học chỉ theo dõi các đợt chạy quan trắc. Thế nhưng, tất cả các đợt chạy quan trắc trong vòng 13 năm trở lại đây đều không mang lại kết quả - LIGO đầu tiên được xây dựng vào cuối những năm 1990 và bắt đầu quan sát sóng hấp dẫn từ năm 2002 - và với hàng trăm triệu đô-la tiền thuế của người dân đổ vào dự án mà chẳng có gì để khoe, dễ hiểu khi những người điều hành LIGO đang hết sức mong ngóng một kết quả.

Thế nên, sau khi nhận được thông báo đầu tiên từ người quan sát ở Pasadena vào nửa đêm giờ địa phương với tiêu đề “Một sự kiện rất đáng chú ý trong đợt chạy kĩ thuật 8,” cộng đồng LIGO nhao nhao dấy lên nghi vấn.



### **Góc nhìn trên cao của Đài quan trắc sóng hấp dẫn bằng giao thoa kế laze (LIGO) ở Hanford**

Có hai đài quan trắc LIGO ở Mỹ, một ở Louisiana và trên hình là đài quan trắc nằm tại hoang mạc miền trung Bang Washington, nhìn từ trên cao. Đài thứ ba đang được xây dựng tại một miền khô hạn thuộc Tây Ấn Độ

Không thể nào, họ nói. Thiết bị đang được kiểm tra, đương nhiên sẽ có lúc máy móc cho dữ liệu không đúng. Vả lại, một phần trong quy trình hoạt động của LIGO là việc cố ý “tiêm” dữ liệu sai vào hệ thống để giữ cho các nhà vật lý thiên văn luôn cảnh giác cao độ và không hấp tấp tin vào mọi thứ nhận được từ máy móc.

Nhiều ngày, nhiều tuần, rồi nhiều tháng trôi qua, các nhà quan sát trên toàn cầu nhận được câu hỏi: Anh/chị có tiêm dữ liệu sai vào hệ thống không? Tất cả đều trả lời

không. Và khi dữ liệu từ hai đài quan trắc cũng như từ các trạm nhỏ hơn được mở xé, soi xét dưới con mắt của các chuyên gia phân tích và các nhà khoa học ngày một lão luyện, sự ngỡ vực dần tan biến. Kết quả được đăng trên tạp chí *Physical Review Letters*, sau đó công bố trong một buổi họp báo chật kín phóng viên ở Washington, DC vào ngày 11 tháng 2 năm 2016, một công bố làm rung chuyển giới khoa học và thu hút sự chú ý của cả công chúng không chuyên.

Sau màn giới thiệu nhã nhặn của giám đốc Quỹ Khoa học Quốc gia (là đơn vị chấp nhận một loạt rủi ro tài chính lớn khi cam kết 1,1 tỷ đô-la tài trợ trong 4 năm kể từ khi dự án được khởi động), đến phiên giám đốc LIGO thời điểm ấy, David Reitze từ Caltech, đứng bên cạnh là người đồng nghiệp, nhà vật lý thiên văn Kip Thorne, đưa ra tuyên bố chính thức: bằng *các phương tiện đo lường chính xác nhất từng được chế tạo*, sóng hấp dẫn đã được phát hiện, hay đúng hơn là sự tồn tại của chúng đã được suy ra từ các tính toán.

“Chúng ta đã thành công,” ông nói, và cả khán phòng vỡ òa trong tràng pháo tay. Một kỷ nguyên mới của thiên văn học đã được mở ra, một phương thức mới để khám phá những bí ẩn kỳ diệu của vũ trụ. Hơn nữa, đây cũng là một kỷ nguyên của hòa bình. Ai đó ví thời điểm ấy như khi Galileo lần đầu tiên nhìn qua kính viễn vọng 400 năm trước. Người ta khóc vì tự hào và vui sướng.

CÙNG NHÌN VÀO MỘT BÊN là những cỗ máy ASML nặng 160 tấn của Hà Lan, cho phép đặt 7 tỷ transistor vào một

đĩa silicon có kích thước không quá một cái móng tay, và bên kia là những cỗ máy LIGO to như một ga tàu dùng để dò tìm thứ mà một tác giả ví von là “lời thì thầm của lực hấp dẫn”, chúng ta không khỏi nhận ra một sự tương phản thú vị.

Cả hai cỗ máy này đều được chế tạo để làm việc ở những quy mô vi tế nhất, với những tín hiệu mờ nhạt nhất, nhưng đồng thời chính bản thân chúng lại là những tạo tác kỳ vĩ, vượt trội về kích thước so với những cỗ máy con người tạo ra trong quá khứ – những cỗ máy ở thời kỳ non trẻ của công nghệ chính xác, làm việc với hơi nước, sắt thép, máy tiện, định vít, bánh điều tốc ly tâm, bánh đà, không ngừng tỏa ra sức nóng, tiếng ồn, không ngừng rung lắc. Nếu trước đây, trong công nghệ chính xác các cỗ máy nhỏ được dùng để tạo ra những thứ to lớn, giờ đây những cỗ máy to lớn lại được dùng để tạo ra hay dò tìm những thứ tí hon.

## CÒN CÓ MỘT SỰ TRÙNG HỢP SÂU KÍN HƠN.

Thiết bị đầu tiên có thể được coi là “chính xác” là một chiếc xi lanh, được đúc từ một khối kim loại đặc trong xưởng sắt Cumberland năm 1776, một cấu phần trong động cơ hơi nước của James Watt, đánh dấu sự khởi đầu của cuộc Cách mạng Công nghiệp. Ngày nay, cấu phần trung tâm của thứ mà giám đốc LIGO David Reitze mô tả là “phương tiện đo lường chính xác nhất từng được chế tạo” cũng là một khối trụ. Không giống với xi lanh của Wilkinson, đây là một khối trụ đặc, nặng 40 kg, được gọi là “trọng vật”, làm từ silica nung chảy có khả năng phản xạ tất cả 3,3 triệu photon đi tới

nó trừ một photon duy nhất. Silica được gia công, quấn và đánh bóng tới độ phẳng hoàn hảo. Nó được treo trong một cái nôi bởi một mạng lưới sợi silica dày 400 mi-cro-mét, cân bằng bởi một tổ hợp các quả cân thủy tinh và kim loại, các nam châm và cuộn dây nhôm kiểm thử nó. Một tia laze sẽ chiếu vào nó 280 lần trong khoảng thời gian chưa đến một giây, cho phép các nhà khoa học đo chiều dài của đường ống nối từ nó đến trung tâm và xác định liệu sóng hấp dẫn có truyền qua hay không – một hiện tượng đã được phát hiện tổng cộng bốn lần cho tới thời điểm hiện tại.



### **Trọng vật của LIGO**

“Trọng vật” làm từ silica nung chảy chính xác của LIGO (về cơ bản là một gương phản xạ siêu chính xác đặt bên trong một hệ thống giảm chấn phức tạp) có chức năng phản xạ lại các chùm sáng laze cường độ cao bắn tới qua một đường hầm thuần chân không dài 4 km. Hệ thống này có thể phát hiện những thay đổi hiển vi trong chiều dài của đường hầm và chứng thực sự tồn tại của sóng hấp dẫn. Ở thời điểm viết sách, LIGO đã chứng minh sự tồn tại của bốn sóng hấp dẫn như vậy (bản quyền hình ảnh thuộc Caltech/MIT/Phòng thí nghiệm LIGO)

Xilanh của John Wilkinson được đặt vừa vặn bên trong động cơ hơi nước của James Watt ở độ chính xác bằng độ dày của một đồng Shilling Anh cổ, khoảng hơn 2 mm. Ở thời điểm ấy, độ chính xác này là chưa từng có tiền lệ. Nhưng kể từ đó, công nghệ chính xác chỉ có tiến lên và tiến lên hơn nữa.

Hai thế kỷ rưỡi sau, các kỹ sư của LIGO cũng chế tạo trong vật có kích thước hình trụ. Vật liệu họ dùng là silica nung chảy - về cơ bản là dạng nguyên chất của cát, một hợp chất cơ bản chẳng kém gì sát trong xi lanh của Wilkinson cả về nghĩa đen và nghĩa bóng.

Các trọng vật trong những thiết bị LIGO tại bang Washington và Louisiana chính xác đến nỗi quãng đường đi của tia sáng do chúng phản xạ có thể đo tới dung sai 1/10.000 đường kính của một proton. Chúng còn có thể giúp tính toán ở mức chính xác cao khoảng cách giữa Trái Đất và ngôi sao Alpha Centauri A gần nó cách Trái đất 4,3 năm ánh sáng.

4,3 năm ánh sáng tương đương gần 40,7 nghìn tỷ ki-lô-mét, hay 40.700.000.000.000 km. Ngày nay, chúng ta biết chắc chắn rằng các trọng vật của LIGO có thể giúp đo khoảng cách ấy mà không sai lệch quá *chiều rộng của một sợi tóc người*.

Chính xác như thế đấy.

## Chương 10 - Sự thiết yếu của cân bằng

*Dấu hiệu của một bộ óc xuất sắc là khả năng mang cùng lúc hai ý tưởng đối lập nhau mà vẫn có thể vận hành bình thường*

- F. Scott Fitzgerald, The Crack-Up (1936)

Thế nhưng, sự chính xác ngày càng cao tồn tại trong những vật thể thường nhật xung quanh chúng ta và được coi là yếu tố sống còn của các nghiên cứu khoa học ngày nay cũng gợi lên hàng loạt nghi vấn triết học. Liệu việc theo đuổi sự hoàn hảo như thế có thật sự cần thiết cho sức khỏe và hạnh phúc của chúng ta không? Liệu những lợi ích mà nó đem lại có thực sự lớn hơn những mất mát phải đánh đổi trong cuộc sống cá nhân và trong xã hội? Liệu chúng ta có thực sự hạnh phúc và mãn nguyện hơn khi sở hữu và sử dụng nó hằng ngày? Liệu chúng ta có nên tôn thờ và cảm tạ tất cả những người như Wilkinson, Bramah, Maudslay và Shockley vì đã ban cho chúng ta ý niệm rằng chúng ta phải không ngừng đẩy lùi giới hạn của chính xác?

Và hơn nữa, liệu có những nhóm người – một cộng đồng hay đất nước đâu đó trên thế giới – với những góc nhìn khác biệt tinh tế về lợi điểm của công nghệ chính xác, băn khoăn với việc coi nó là lý tưởng của khát vọng không? Liệu đâu đó có những người trân trọng thái cực đối lập của chính xác – nói cách khác là họ cũng yêu mến cả những thứ không chính xác? Một dân tộc trân trọng cả hai thái cực đó mà vẫn có thể “vận hành bình thường?”

Theo quan điểm của tôi, Nhật Bản là một nơi như vậy.

**NHẬT BẢN NỔI TIẾNG** vì sự trân trọng những thứ hoàn hảo, cả ở hiện tại và trong quá khứ xa xưa. Có lẽ nổi tiếng nhất là những ngôi đền cổ ở Kyoto, với vô số nét kiến trúc hoàn mỹ, từng xà, từng chóp mái, từng cổng gỗ đều được thiết kế và chạm trổ để lưu lại ngàn đời, vốn đề cao chủ nghĩa hoàn hảo, và cho đến ngày nay vẫn gợi lên sự thành kính trong lòng những người may mắn được chiêm ngưỡng chúng.

Ngày xưa đã thế, ngày nay vẫn vậy. Đa số chúng ta nghĩ về Nhật Bản thời hiện đại như là cường quốc của những tạo vật chính xác đến chi ly - các thấu kính mài và đánh bóng đến hoàn hảo, những chiếc máy ảnh với dung sai nằm ngoài tầm với của các nhà sản xuất đối thủ, các động cơ, máy đo, tên lửa vũ trụ và đồng hồ cơ với chất lượng đáng ghen tỵ - đặc biệt đối với người Đức và người Thụy Sĩ - nói cách khác là những thứ được coi là hiện thân của sự chính xác. Ở Nhật Bản, chính xác trong mọi thứ - không chỉ trong sự đúng giờ đã đi vào huyền thoại của ngành đường sắt, nơi chỉ vì một tàu cao tốc khởi hành sớm hơn 20 giây vào năm 2017 mà người đứng đầu công ty phải đứng ra xin lỗi... có thể coi là một phần trong tín ngưỡng quốc gia.

Và như Kyoto cho thấy, người Nhật từ lâu đã tôn thờ sự chính xác: đối với nhiều người Nhật, lưỡi kiếm samurai hàng trăm năm tuổi cũng là một tuyệt phẩm công nghệ chẳng kém những sản phẩm hiện đại của Nikon, Canon, Seiko, Mitutoyo hay Kyocera. Phải chăng ở Nhật, người ta dành sự

tôn kính cho cả những máy móc chính xác thời hiện đại và những sản phẩm thủ công của quá khứ?

Để trả lời câu hỏi này, tôi đã bay tới đất nước Phương Đông này. Từ Tokyo, tôi khởi hành tới hai thành phố ở miền Bắc Nhật Bản. Tôi nghỉ tại một khách sạn gần Ga Tokyo, để tiện bắt hai chuyến tàu tới miền quê Honshu. Điểm đến đầu tiên là nhà máy đồng hồ đeo tay Seiko ở thành phố Morioka, nơi tôi nghĩ sẽ tìm được đáp án cho câu hỏi của mình.

TẠI GA ĐƯỜNG SẮT chính của Morioka, một thành phố ở phía Bắc Nhật Bản với khoảng một phần tư triệu dân, nằm nép mình dưới những sườn dốc của núi lửa Iwate, có những tiệm bán hàng lưu niệm mà bạn có thể mua đặc sản của địa phương: một ấm trà bằng gang màu đen gọi là tetsubin. Các thợ sắt địa phương đã đúc những dụng cụ như vậy từ hàng trăm năm nay, một điều gợi nhắc rằng ở Nhật Bản, cái đẹp được thể hiện trong những điều bình phàm, thường nhật nhất.

Tuy xã hội Nhật Bản hiện đại đầy rẫy những kỳ quan của công nghệ chính xác cao - tiêu biểu như những tàu điện cao tốc bóng loáng, được chế tạo hoàn hảo và vận hành trơn tru, ổn định, yên lặng và an toàn, với lịch trình không sai một ly - phần lớn người Nhật vẫn công khai thể hiện niềm tự hào về các nghề thủ công của đất nước, vẫn ngưỡng mộ những người chế tác, mua bán, sưu tầm, hay đơn giản là sở hữu những vật phẩm mang vẻ đẹp cổ điển, cho dù chúng có là những vật tầm thường nhất và thiếu hoàn hảo nhất. Chất lượng và thiết kế của ấm tetsubin thủ công ở Morioka đã nổi

tiếng khắp mọi miền đất nước, và khi nhìn thấy một cái ấm mới mua, người ta không khỏi tấm tắc khen ngợi, cũng như biết ngay bạn đã ghé qua đây.

Nhưng đó là di sản của ngày hôm qua. Thành phố Morioka thời hiện đại còn được biết tới với một sản phẩm tân tiến hơn, và cũng như ấm trà thủ công và tàu điện đúng giờ, thể hiện cùng lúc hai mặt đối lập trong sự yêu chuộng của Nhật Bản đối với những sản phẩm chất lượng cao. Kể từ sau chiến tranh, Morioka là trụ sở sản xuất của công ty đồng hồ Seiko - và hai mặt đối lập nêu trên hiện ra một cách sống động ở hai bên một bức tường không trang trí nằm ở tầng hai nhà máy chính của Seiko.

TRUYỀN THUYẾT VỀ SỰ RA ĐỜI của công ty là một câu chuyện kỳ thú. Nhà sáng lập Kintaro Hattori, sinh ra ở trung tâm Tokyo cuối thế kỷ XIX và lớn lên trong bối cảnh đất nước đang trải qua những thay đổi nhanh chóng và sâu sắc. Vì thế, chính ông cũng chịu ảnh hưởng bởi hai lối sống và tập tục khác nhau. Thời điểm ông sinh ra, năm 1860, Nhật Hoàng Mutsuhito<sup>[\*]</sup> vẫn là một nhân vật mờ nhạt sống ở Kyoto cách đó hàng chục cây số và đất nước vẫn nằm dưới chế độ Mạc phủ (Shogun) đóng đô ở Tokyo, thời ấy tên là Edo. Tuy nhiên, khi cậu bé Hattori lên tám tuổi, toàn đất nước đã chuyển mình bắt đầu thời kỳ hiện đại hóa. Vị tướng quân (shogun) cuối cùng đã thoái vị; Nhật hoàng đã chuyển về Edo mà giờ thành phố này được gọi là Tokyo (nghĩa là thủ đô ở phía Đông); và khắp nơi diễn ra cải cách và hiện đại hóa (về nhiều mặt thực chất là Âu hóa) ở mọi phương diện.

Trong số các cải cách này có một chủ đề mà cậu thiếu niên Hattori đặc biệt hứng thú: sự trôi đi của thời gian. Cậu bé có một niềm say mê đối với đồng hồ, một chủ đề vô cùng phức tạp đối với nước Nhật thời đó. Bởi việc đếm giờ của người Nhật rất đặc thù. Những thợ đồng hồ Nhật đã học các nguyên tắc làm đồng hồ cơ học từ các giáo sĩ Dòng Tên, nhưng chính các giáo sĩ này lại đầu hàng vì sự lạm dụng trong cách đếm giờ của người địa phương. Giờ của Nhật Bản xưa có độ dài khác nhau. Chuông đồng hồ Nhật trong tai người phương Tây có vẻ hết sức lộn xộn: sáu hồi vào lúc mặt trời lặn, chín hồi vào nửa đêm, tám, sau đó là bảy hồi vào các thời điểm trước bình minh. Các khoảng thời gian cũng dài ngắn khác nhau phụ thuộc vào mùa. Các đồng hồ thậm chí còn cần nhiều mặt hơn (có thể phải đến sáu mặt) khi hệ thống giờ của phương Tây du nhập vào Nhật Bản và các đồng hồ phải cùng lúc phục vụ những người ủng hộ cải cách và những người theo hệ thống cũ. Cậu thiếu niên Hattori, khi ấy đang học việc với một thợ đồng hồ ở Ginza từ năm 1873, vì thế lớn lên trong sự giao thoa và tranh đấu của những hệ thống đếm giờ khác nhau, và điều này về sau đem lại cho Hattori nhiều lợi ích không ngờ.

Bởi vào năm 1881, khi Hattori lấy tiền tiết kiệm cá nhân cùng một chút tiền hỗ trợ của gia đình để thuê một tiệm đồng hồ và trang sức nhỏ ở Kyobashi, cách Ga Tokyo mới xây không xa - các tuyến đường sắt đã được xây dựng ở Nhật Bản từ năm 1872 mà khởi đầu là tuyến đường sắt do Anh xây nối từ Tokyo đến Yokohama, chạy chín chuyến mỗi ngày - Nhật Bản bắt đầu chuyển hướng đi theo tiêu chuẩn

đếm giờ của phương Tây. Kể từ khi mở cửa hiệu, Hattori vẫn vui vẻ nhận sửa đồng hồ *wadokei* cũ mà khách hàng đem tới, nhưng đồng thời cũng rất nhiệt tình bán cho khách những chiếc đồng hồ mới với 12 con số chỉ giờ và 60 phút mỗi giờ của phương Tây. May mắn cho người chủ cửa hiệu trẻ tuổi là những chiếc đồng hồ đó lại đột nhiên trở thành trào lưu. Nước Nhật thời ấy vẫn chưa giàu có nhưng nhìn chung, tầng lớp trung lưu ở Tokyo đủ tiền mua một chiếc đồng hồ bỏ túi, và phần lớn các doanh nhân, những người bắt đầu ăn vận theo lối phương Tây và quay lưng với những tập quán Mạc phủ cũ kỹ, muốn được lôi một chiếc đồng hồ quả quýt từ túi của họ ra để xem giờ như người phương Tây.

Công ty Hattori làm ăn rất phát đạt. Trong vòng bốn năm, Hattori đã bắt đầu nhập khẩu những đồng hồ tinh xảo của Đức và Thụy Sĩ. Ông cũng thành lập một công ty để sản xuất đồng hồ, đặt tên là Seikosha, hay “ngôi nhà của những kỹ nghệ tinh xảo”. Nhờ đầu tư thận trọng và mở rộng sản xuất theo hướng chậm mà chắc (và kiên định chiến lược kinh doanh tích hợp ngành dọc, theo đó công ty sẽ sở hữu hoặc kiểm soát phần lớn các nhà cung ứng vật liệu thô và linh kiện), công ty mới của Hattori ngày một hưng thịnh.

Sự nổi lên của Hattori là một câu chuyện ly kỳ. Ông xây dựng một nhà máy kiểu Mỹ để sản xuất đồng hồ hàng loạt, tuân theo nguyên tắc cấu phần đổi lần bắt nguồn ở New England hai thế kỷ trước. Đến năm 1919, chiến lược tích hợp ngành dọc của Hattori đã đạt được sự hoàn thiện đến mức mọi cấu phần của mọi đồng hồ đều được sản xuất bởi một công ty thuộc sở hữu của ông, mà đến nay vẫn còn tồn tại.

Đến đầu thế kỷ XX, công ty của ông đã trở thành nhà sản xuất đồng hồ hàng loạt lớn nhất nước Nhật và bắt đầu xuất khẩu ra nước ngoài, chủ yếu là bán đồng hồ treo tường cho Trung Quốc. Sau đồng hồ treo tường là đồng hồ bỏ túi sản xuất theo dây chuyền, nổi tiếng nhất là dòng đồng hồ đưa ra thị trường năm 1910 với cái tên như dự đoán trước tương lai của nước Nhật - đồng hồ Đế quốc. Sau đó, ra đời vào năm 1913 là dòng đồng hồ nhỏ và bền đầu tiên của công ty với cái tên hiền lành hơn, Laurel, thiết kế để đeo trên cổ tay, một lợi thế đối với binh sĩ, cho phép họ phối hợp để đồng loạt lao lên từ các chiến hào.

Hattori đã bày các sản phẩm của mình tại một cửa hàng lớn kiêm phòng trưng bày mà ông cho xây ở Ginza, một quận mua sắm ở Tokyo. Cửa hàng này có lẽ cũng là nơi đầu tiên ở Nhật Bản dựng một tháp đồng hồ - Hattori tin sẽ thu được lợi ích quảng cáo lớn cho công ty khi những người qua đường ngẩng đầu lên và nhìn thấy cái tên “Công ty Hattori” mỗi lần họ muốn xem giờ.

Song cũng như phần lớn các công trình khác ở Tokyo, kiến trúc tráng lệ này đã bị phá hủy hoàn toàn trong trận Đại thảm họa động đất Kanto (và hỏa hoạn kéo theo sau đó) năm 1923. Trong tình cảnh đó, Hattori đã quyết định cho xây lại tòa tháp. Không chỉ vậy, theo lịch sử chính thức của Seiko, ông còn cho thay thế toàn bộ 1.500 chiếc đồng hồ bỏ túi mà ông có trong xưởng sửa chữa. Một khối kim loại đồng đặc đặt trong hộp trưng bày tại bảo tàng của công ty ở Đông Bắc Tokyo là kết quả nung chảy tất cả các đồng hồ trong xưởng; và người ta nói chúng đều được đổi bằng một

chiếc mới miễn phí. Trụ sở chính được xây lại của Seiko sau trận động đất vẫn đứng vững đến ngày nay, tọa lạc tại một trong những góc phố náo nhiệt nhất ở Ginza, tuy đã được biến thành một trung tâm bách hóa từ lâu. Tháp đồng hồ của nó với mặt đồng hồ chiếu sáng nổi bật đã trở thành một cột mốc địa phương và luôn thể hiện tên “Seiko” theo một hợp đồng có thời hạn vĩnh viễn. Tên của công ty, “Seikosha” sau một thời gian ngắn đã chuyển thành “Công ty Hattori”, sau đó thành “Seiko”, cái tên được giữ nguyên cho đến hiện tại.

Vì không lâu trước đó, đồng hồ bỏ túi Seiko đã được Đường sắt Nhật Bản chọn làm đồng hồ chính thức cho hệ thống đường sắt khổng lồ và luôn đúng giờ của đất nước, vì tất cả các đồng hồ đeo tay ở Ginza và xa hơn đều được chỉnh theo chiếc đồng hồ trên ngọn tháp của cửa hàng bách hóa Wako - bên trái là Gucci, bên phải là ngọc trai Mikimoto - sẽ là không ngoa nếu nói toàn bộ nước Nhật đã chạy theo giờ của Seiko. Phải có lý do mà tên của công ty được nhiều người Nhật đánh đồng với từ “chính xác”, và hẳn là không có đất nước nào chính xác hơn nước Nhật.



### **Tòa nhà có tháp đồng hồ của công ty Seiko ở Ginza**

Seiko – trong tiếng Nhật có nghĩa là “kỹ nghệ tinh xảo” hoặc theo một số cách dịch là “chính xác” – phát minh ra đồng hồ quartz vào thập niên 1960. Chiếc đồng hồ dựng bên trên một tòa nhà được xây dựng từ đầu thế kỷ XX của công ty, giờ là một cửa hàng bách hóa và cột mốc ở Ginza, một quận trung tâm Tokyo, được cho là kết nối với một đồng hồ nguyên tử và giúp hàng triệu khách mua sắm cũng như người qua đường biết thời gian chính xác (bản quyền hình ảnh thuộc Oleksiy Maksymenko Photography)

TUY NHIÊN, sự đối lập nêu ở trước vẫn hiện diện, một sự đối lập không bao giờ được nói công khai, ẩn sâu trong tâm hồn Nhật Bản, giữa một bên là quan niệm hiện đại về tính thiết yếu của cái hoàn hảo và bên kia là sự trìu mến không

dứt dành cho cái không hoàn hảo, đi kèm với nhiều quan điểm khác nhau về tầm quan trọng của mỗi bên. Tiếng Nhật có một từ chỉ sự trân trọng những thứ tự nhiên, thô ráp, cũ kỹ: wabi-sabi, một quan niệm thẩm mỹ trong đó cái bất cân xứng, cái thô kệch, cái phù du được đề cao không kém cái chính xác và cái không tì vết. Và đây chính là điều khiến tôi đã lặn lội lên miền Bắc để khám phá: một góc nhìn khác, trong đó sự chính xác không phải lúc nào cũng tốt và tồn tại một con đường thứ ba.

Chính tại Seiko mà quan điểm này được thể hiện rõ nhất, thông qua một trong những phát minh vĩ đại nhất của công ty... và có thể nói là của cả thế kỷ XX: đồng hồ đeo tay điện tử quartz, được Seiko đưa ra thị trường dưới thương hiệu Astron vào Giáng sinh năm 1969.

QUARTZ LÀ MỘT LOẠI TINH THỂ thạch anh có khả năng dao động với một tần số xác định khi đặt trong điện trường. Do đó, nó có thể được dùng để đo thời gian một cách chính xác và ứng dụng này đã được đưa vào thực tiễn ngay sau khi hiện tượng dao động được phát hiện vào cuối những năm 1920, tuy những hộp đồng hồ quartz đời đầu có kích cỡ tương đương một bốt điện thoại.

Từ những năm 1950, Seiko đã khởi động một dự án bí mật nhằm thu nhỏ kích thước đồng hồ quartz dưới mặt danh có phần khô khan đến không tưởng: 59A. Năm 1958, công ty cung cấp một chiếc đồng hồ quartz cho đài phát thanh Nagoya nhưng hộp đồng hồ vẫn to cỡ một tủ hồ sơ. Tuy nhiên, đến đầu những năm 1960, đồng hồ quartz của Seiko

đã đủ nhỏ để sử dụng trong buồng lái của các tàu cao tốc thế hệ đầu tiên. Vào năm 1964, khi Seiko thắng thầu cung cấp đồng hồ cho Thế vận hội năm đó, công ty ngày càng tự tin rằng sớm muộn các kỹ sư của họ cũng sẽ tạo ra một đồng hồ quartz đủ nhỏ để đeo trên cổ tay - và điều này trở thành hiện thực năm năm sau đó. Đồng hồ Astron, với mặt đồng hồ cổ điển duyên dáng nhưng có cấu tạo điện tử bên trong - không bánh răng, không dây tóc, và gần như không bánh xe - thỏa mãn mọi mong muốn của người tiêu dùng: giá cả phải chăng, cực bền, chống sốc, chống chịu nhiệt, chống nước, và là đồng hồ chính xác nhất từng được chế tạo ở thời điểm ấy.

Tuy chiếc đồng hồ có tính năng chống sốc nhưng chính nó lại tạo ra một cú sốc về kinh tế và xã hội trong ngành đồng hồ. Chỉ trong chưa đầy năm năm, nó gần như hạ gục ngành đồng hồ của Thụy Sĩ. Đột nhiên không ai quan tâm đến những chiếc đồng hồ đeo tay nặng nề, ồn ào và phải lén dây hằng ngày nữa. Thay vào đó, với chi phí thấp hơn hẳn, bạn có thể mua một chiếc đồng hồ đeo tay không bao giờ phải lén dây hay quay số bằng tay, có mặt hiển thị những con số xếp theo hình tròn, biểu diễn thời gian chi tiết đến một phần mấy giây và ở mức chính xác mà trước đây chỉ đạt được trong các phòng thí nghiệm. Trước cuộc cách mạng (hay khủng hoảng thạch anh) năm 1969, có tới 1.600 nhà sản xuất đồng hồ ở Thụy Sĩ. Đến cuối thập kỷ tiếp theo, con số này chỉ còn lại 600, với lực lượng nhân công chỉ còn một phần tư.

Song Seiko đã không giành được bằng sáng chế cho phát minh của mình và các nhà khoa học của công ty cũng thừa nhận cơ chế đo thời gian bằng quartz có được là nhờ đóng góp của rất nhiều bên. Công ty hài lòng để các đối thủ cạnh tranh chạy đuổi đằng sau. Ngành đồng hồ của Thụy Sĩ trỗi dậy nhờ hiện tượng Swatch năm 1983 nhưng đến lúc này, Seiko đã là một thương hiệu danh tiếng với doanh số đồng hồ quartz đáng gờm và lợi nhuận đáng kể.

Tất cả những thành công này lại khiến ban lãnh đạo của công ty - thế hệ sau của gia đình Hattori vẫn tham gia công ty nhưng ở vai trò giám sát cấp cao khi Seiko đại chúng hóa vào thập niên 1980 - chịu một cuộc khủng hoảng lương tâm, xuất phát từ lòng sùng kính của công ty đối với kỹ nghệ của thợ chế tác đồng hồ.

Thế tiến thoái lưỡng nan mà Seiko nói riêng và toàn bộ nước Nhật nói chung rơi vào có liên hệ mật thiết với những hoài nghi nảy sinh trong tôi khi lái xe từ LIGO qua hoang mạc Washington để tới Sân bay Seattle.

Phải chăng trong thế giới rộng lớn hơn này, chúng ta thực sự đang có *thừa sự chính xác*? Phải chăng khi tôn sùng công nghệ chính xác, chúng ta đang lãng quên và đánh mất một khía cạnh khác của con người?



### **Đồng hồ đeo tay Quartz**

Mỗi ngày, có hơn 25.000 chiếc đồng hồ quartz, nổi tiếng vì sự chính xác và giá cả phải chăng, được xuất ra từ dây chuyền lắp ráp robot ở nhà máy chính của Seiko ở Morioka, miền bắc Nhật Bản (bản quyền hình ảnh thuộc Museumsfoto/ Creative Commons BY-SA-3.0 de)

Tôi tới thăm nhà máy lớn nhất của Seiko ở Morioka vào một ngày đầu thu lất phất mưa rơi và nặng trĩu những tầng mây che khuất quang cảnh hùng vĩ của ngọn núi Iwate. Vì quản lý cấp cao của công ty đồng hành cùng tôi trong chuyến tàu từ Tokyo xin lỗi vì thời tiết xấu dù tôi đã nói với anh rằng tôi thấy thời tiết như thế này khá dễ chịu sau khi tắm hơi ở Tokyo. Nhà máy nằm chêch về phía Tây của thành phố, giữa một rừng trúc và những hàng cây đọng nước dưới

cơn mưa phùn mát mẻ, những con đường nhỏ quanh co ẩn hiện giữa sương mù.

Nhà máy là một khối kiến trúc hiện đại, chân phương, không màu mè, không ồn ào. Ở sảnh lẽ tân và những phòng khác mà tôi ghé qua, tất cả đều yên tĩnh kỳ lạ, cứ như thể cả nhà máy đang ở trong kỳ nghỉ và chỉ có những người được sắp xếp để gấp tôi mới đi làm.

Tôi đã lo lắng thừa. Tầng trên đó, nơi đặt dây chuyền sản xuất đồng hồ, không thiếu người và máy móc - dù vẫn thấm nhuần một không khí yên ả. Không nơi nào ở đây ồn ào hay bụi bặm đến mức người ta phải bịt lỗ tai hay đeo khẩu trang, tất cả đều trật tự, sạch sẽ, gọn gàng. Nơi đây trông giống một học viện hơn là một nhà máy công nghiệp, giống một thánh đường hơn một xí nghiệp.

Một nhóm bốn người đưa tôi đi tham quan và điểm đến đầu tiên là khu điện tử, nơi lắp ráp đồng hồ quartz. Có một hành lang dài với các cửa sổ kính cho phép khách tham quan quan sát dây chuyền sản xuất của nhà máy, cao ngang hông, nơi các cấu phần đồng hồ được robot lắp ráp. Dây chuyền chạy qua những khu khác nhau trong căn phòng rộng như nhà kho, mỗi khu có nhiệm vụ lắp ráp một mẫu đồng hồ riêng, nhưng về tổng thể đều có chung một quy trình sản xuất. Các bộ phận được đưa từ phễu vào thanh truyền, sau đó, giống như toa tàu được đưa lên đường ray chuyển động, chúng được đưa lên băng chuyền ngay tại thời điểm chúng được cần tới: khi các cảm biến trọng lượng phát hiện sự xuất hiện của mỗi bộ phận, các thiết bị đâu đó

trong băng chuyền lập tức thực hiện các thao tác để đưa bộ phận đó vào đúng vị trí trong phôi đồng hồ. Sau đó phôi được chuyển tới một nơi khác để lắp ráp bộ phận tiếp theo, và tiếp theo nữa. Dây chuyền sản xuất được các công nhân trẻ mặc đồ tráng giám sát - căn phòng được giữ sạch bụi ở mức cao nhất có thể - thi thoảng họ cúi xuống để điều chỉnh hoặc tra thêm một hai giọt nhớt đâu đó.

Dây chuyền sản xuất này hoạt động không ngừng cả ngày lẫn đêm. Khoảng hơn 1.000 chiếc đồng hồ đeo tay được ra lò mỗi giờ để thỏa mãn nhu cầu không đáy của thị trường xuất khẩu mà Seiko đã gầy dựng. Một cảnh tượng mê hoặc: dây chuyền sản xuất trông như một đường ray xe lửa thu nhỏ, với những cỗ máy chạy ro ro, tanh tách, vun vút, cắt, ép, nung nóng, khía, khoan, mài cạnh, siết vít, lắp mặt đồng hồ, lắp nắp kính vào mặt đồng hồ, lắp dây vào gá cài, đóng đồng hồ vào hộp - dù thành thật mà nói đây không phải là yếu tố trung tâm của sản xuất đồng hồ đeo tay, và có lẽ các vị chủ nhà cũng để ý vẻ buồn chán thoảng qua trên gương mặt tôi, một người trong số họ cười nói: “Đằng sau bức tường này là cái ông muốn thấy đấy.”

Năm 1960, khi công ty mới chỉ đang sản xuất đồng hồ cơ, Seiko đã tạo ra dòng đồng hồ cao cấp nhất của mình: Grand Seiko. Chiếc đồng hồ được chế tạo thủ công theo những tiêu chuẩn nghiêm ngặt, với thiết kế theo lối cổ điển, đơn giản là vì những người tạo ra chúng cũng là những thợ đồng hồ kỳ cựu. Chiếc đồng hồ bán chạy và nhận các giải thưởng từ một ủy ban trao giải của Thụy Sĩ có phần trích thượng, nhưng chỉ

được bán trong nước mà không đưa ra thị trường nước ngoài.



### **Những người thợ làm nên chiếc đồng hồ cơ Grand Seiko**

Trên cùng một sàn đặt dây chuyền lắp ráp đồng hồ giá thành thấp, một nhóm nhỏ công nhân lành nghề cũng đang lắp ráp thủ công đồng hồ cơ Grand Seiko. Đội ngũ công nhân này (chụp khi đang thực hiện một trong các bài tập thể chất giữa giờ bắt buộc) tạo ra khoảng 100 đồng hồ một ngày, tất cả các bộ phận đều được chế tạo bởi Seiko ở Nhật

Sau đó diễn ra một cuộc cách mạng. Seiko phát minh ra đồng hồ đeo tay quartz vào năm 1969 và chiếc Astron cùng hậu duệ của nó bắt đầu được sản xuất quy mô lớn. Tuy nhiên, chính thành công này lại là con dao hai lưỡi đối với công ty. Chiếc đồng hồ cơ Grand Seiko ngay lập tức bị vứt xó. Giá thành là một phần. Lý do thứ hai là sự thiếu chính xác - đồng hồ quartz chỉ bị sai lệch vài giây sau một năm, trong khi đồng hồ cơ may mắn mới lệch dưới năm giây sau một ngày, đã thế lại đắt đỏ hơn hẳn. Seiko nói riêng và nước Nhật nói chung quay lưng lại với Grand Seiko, doanh số tụt dốc, sản lượng cắt giảm, những thợ đồng hồ thủ công lớn tuổi bị cho nghỉ và đến năm 1978 thì việc sản xuất ngừng hẳn.

Thế nhưng - và đây là thời khắc quyết định khi lòng thành kính của người Nhật đối với nghề thủ công trỗi dậy - chỉ trong mười năm, lãnh đạo công ty quyết định *tái sản xuất* Grand Seiko. Một nỗ lực nửa vời nhằm tạo ra phiên bản quartz của Grand Seiko chết yểu. Sau đó gia đình Hattori, không cần viện tới khảo sát hay nghiên cứu người dùng (vốn có lợi ích không rõ ràng), nhận ra người tiêu dùng Nhật Bản luôn dành một sự trìu mến nhất định đối với đồng hồ cơ, và sẵn sàng chi không ít tiền của để nuôi sống kỹ nghệ thủ công tinh xảo.

Giữa thập niên 1980, các nhà quản lý công ty vẫn nắm trong tay tên và địa chỉ của tất cả các thợ đồng hồ mà họ đã cho nghỉ, phòng trường hợp khách hàng mang đồng hồ Grand Seiko đến sửa. Theo lời mời của công ty, các thợ đồng hồ này quay về làm việc, và họ vừa chế tạo đồng hồ vừa

đào tạo thế hệ kế cận cho công ty... và những người trẻ tuổi được đào tạo đó hiện vẫn ở lại công ty, trong các xưởng ở phía bên kia bức tường của nhà máy.

Không dây chuyên, không robot. Khi ngồi trên chiếc sofa lớn đằng sau cửa sổ quan sát ở hành lang, chúng ta có thể thấy khoảng vài chục bốt làm việc cá nhân ốp gỗ mun và một băng ghế 270 độ trang bị mọi dụng cụ một thợ đồng hồ cần đến: ánh sáng cường độ cao, kính lúp, màn hình máy tính, dụng cụ cá nhân xếp thành từng kệ, nhíp, tua-vít mini, mỏ, giũa, chổi quét bụi, kìm bấm, kính hiển vi, máy rửa siêu âm, hộp đá quý, trực chính, bánh răng, dây cót, thiết bị định thời gian. Tất cả những báu vật ấy được xếp ngay hàng thẳng lối trước những người thợ đồng hồ vận áo choàng trắng và ngồi trên chiếc ghế được thiết kế đặc biệt, đặt ở chiều cao vừa vặn để tay họ không bị mỏi.

Khi tôi bước đến cửa sổ và nhìn vào, tất cả các thợ đồng hồ đang im lặng nhìn một bộ phận tí hon nào đó qua kính lúp rọi sáng - các thợ đồng hồ được đào tạo bài bản ở đây làm việc với dung sai 1/100mm, thậm chí chặt chẽ hơn. Tất cả các bộ phận, từ bánh xe cân bằng cho đến dây tóc, từ bánh răng truyền động đến bánh xe gai, từ núm len dây đến mấu chữ Y, đều chế tạo thủ công tại một căn phòng khác. Sử dụng nhíp mini, người thợ đồng hồ sẽ gắn bộ phận tí hon này vào khoảng trống tí hon kia hay vào rãnh tí hon nọ trong sự tập trung cao độ nhất, chỉ thi thoảng mới ngẩng đầu lên và nếu thấy bóng một vị khách tham quan bên cửa sổ, họ sẽ mỉm cười, cúi chào, rồi lại quay về với công việc của mình.

Cứ mỗi giờ, tất cả các thợ sẽ có mười phút giải lao để đứng lên, giãn cơ, thả lỏng, chuẩn bị cho đợt làm việc tiếp theo. Sản phẩm của họ là một trong những đồng hồ đeo tay xuất sắc nhất. Những chiếc đồng hồ này có thể không lùng lẫy tiếng tăm như Patek, như Rolex hay Omega, nhưng chúng liên tục giành các giải thưởng đồng hồ của Thụy Sĩ và những người có chuyên môn coi chúng là thượng hạng.

Một trong các thợ đồng hồ ngừng tay để nghỉ giải lao: một người đàn ông 45 tuổi có phần phương phi và hết sức thân thiện tên là Tsutomi Ito, và anh tự giới thiệu mình là chuyên gia về dây tóc. Anh yêu cái cách những cuộn dây tóc lượn sóng khi bị chạm vào, tất nhiên với điều kiện chúng phải được chế tạo hoàn hảo. Tsutomi Ito dành phần lớn sự nghiệp của mình tại Seiko và dự định tiếp tục gắn bó với công ty cho đến khi mắt mờ tay chậm, và hiện chúng vẫn hết sức khéo léo, tinh tường. Mỗi nhà máy chỉ có một đến hai nghệ nhân bậc thầy như Ito.

Khi mới vào nghề, anh làm việc trong khu đồng hồ điện tử với nhiệm vụ chạy dây chuyền sản xuất. Nhưng nguyện vọng của anh luôn là được làm việc tại xưởng đồng hồ cơ vì đó là nơi lấy kỹ nghệ con người làm trung tâm thay vì hiệu suất robot ở dây chuyền quartz. Hiện mỗi ngày anh chỉ làm ra hai, đôi khi ba, đồng hồ đeo tay. Buổi tối, anh đi câu và sử dụng mỗi nhân tạo do chính anh thiết kế và làm ra. Anh cũng sưu tầm đồng hồ đeo tay cao cấp từ khắp nơi trên thế giới. Ito nhận ra chiếc Rolex Explorer trên cổ tay tôi nhưng không bình luận gì về nó. Tôi hỏi: “Anh có thích đồng hồ quartz không?” Anh đáp: “Hmm, chúng chính xác hơn nhiều

so với những chiếc đồng hồ do tôi làm." "Nhưng anh có dùng chúng không?" Anh lắc đầu, gần như rùng mình. Sau đó anh cười và nhìn xuống đồng hồ đeo tay của mình, một đồng hồ cơ Grand Seiko dành cho thợ lặn rồi đứng dậy, xin cáo lỗi để quay trở lại bàn làm việc. Anh đang phải điều chỉnh một dây tóc và trường hợp này đặc biệt khó nhăn nên anh muốn xử lý xong trước khi hết ngày để không phải về trễ. Anh nhìn chiếc Rolex của tôi khi chúng tôi bắt tay, và tôi cảm thấy trong nụ cười của anh có ý chê bai.

Seiko làm ra 25.000 chiếc đồng hồ quartz mỗi ngày, bảy ngày một tuần. Trong khi đó, Ito và vài chục đồng nghiệp của anh chỉ cho ra cùng lăm khoảng 120 chiếc mỗi ngày, từ thứ Hai đến thứ Sáu. Trên sảnh lễ tân đặt một tủ kính trưng bày các mẫu đồng hồ mới nhất kèm theo ghi chú rằng bạn có thể nhờ lễ tân lấy ra chiếc đồng hồ bạn thích và quẹt thẻ visa để sở hữu nó. Sau một giây – một tích tắc của đồng hồ cơ – lưỡng lự, tôi hỏi: "Liệu quý vị có muốn đổi nó lấy chiếc Rolex của tôi không?" và họ cười phá lên. Tôi hiểu câu trả lời là không. Tôi bước ra ngoài khi trời vẫn mưa và nhìn ra con đường giữa hai hàng tre, cảm nhận một vẻ đẹp trầm mặc tản mát trong sương thu.

**QUANG CẢNH ĐÓN CHỜ TÔI** vài ngày sau đó không được thơ mộng như vậy khi tôi bắt chuyến tàu thứ hai từ Tokyo lên miền bắc, tới thị trấn cảng Minamisanriku. Đây là một trong những nơi bị tàn phá bởi trận Đại Động đất và sóng thần Tohoku ngày 11 tháng 3 năm 2011 và hơn sáu năm sau vẫn đang trong quá trình tái thiết.

Trước khi sóng thần ào tới chiều hôm đó, Minamisanriku là một cảng cá nhộn nhịp và hưng thịnh, dù dân số và tầm quan trọng đang trên đà đi xuống. Tuy nơi đây nhìn ra một vịnh lớn và được che chắn, cũng chẳng có mấy ngư dân mạo hiểm ra khơi Thái Bình Dương. Chỉ ngay sau các vách đá là nơi giao nhau của hai dòng hải lưu, một nóng, một lạnh, tạo ra một môi trường thủy sản hết sức phong phú.

Các ngư dân địa phương nuôi hàu, sò điệp, bạch tuộc, cá hồi, và một sinh vật đặc biệt xấu xí gọi là *hoya* (dứa biển), một sản vật được các đầu bếp ưa mạo hiểm của Tokyo ưa chuộng. Hải sản đánh bắt được sẽ đi chuyến tàu tối tới ga đầu mối ở Sendai, sau đó được đưa lên một trong các chuyến tàu cao tốc về Tokyo cách đó 320km: các tiểu thương ở chợ sáng Tsukiji sẽ mặc cả để mua chúng với giá tốt. Nhờ vậy, người dân Minamisanriku có một cuộc sống no ấm, yên ổn – tuy luôn nhận thức được các mối đe dọa từ đại dương. Một trận sóng thần năm 1960 đã gây ra hư hại nặng nề ở đây. Do nguyên nhân của trận sóng thần này là một trận động đất ở Chile, người Nhật lấy tượng đầu người *moai* trên đảo Phục sinh (cùng với con bạch tuộc truyền thống) làm linh vật cho thị trấn để lấy may.

Trong chưa đầy một tiếng của thứ Sáu, ngày 11 tháng 3 năm 2011, sóng thần đã biến những thứ mà người dân Minamisanriku dày công xây dựng ổn định suốt thời gian dài thành một bãi tàn tích đầy những gỗ trôi dạt, sắt biển dạng, và xác người chết đuối. Dù Minamisanriku không phải là nơi duy nhất thuộc bờ biển Tohoku chịu tàn phá, sự khốn khổ của cộng đồng địa phương được ghi dấu bởi một bi kịch đặc

biệt: một phụ nữ 24 tuổi tên là Miki Endo được giao nhiệm vụ báo động cho người dân về sóng thần và vào đúng ngày hôm đó, cô bám trụ vị trí của mình trong Trung tâm Quản lý Khủng hoảng của Thị trấn - một ngày tháng Ba lạnh lẽo. Bất chấp nước lũ đang dâng lên xung quanh, cô vẫn quả cảm tiếp tục làm nhiệm vụ - rung chuông, mở nhạc hiệu báo động và phát thanh chi tiết về chiều cao và địa điểm của sóng qua loa địa phương, giống như những nhạc công trên con tàu *Titanic*, cho đến khi nước làm đứt mạch và cái loa tắt ngấm.

Các đoạn phim quay lại cho thấy nước dâng lên quanh tòa nhà ba tầng và mọi người sơ tán trên sân thượng. Một vài người trèo lên ăng-ten radio cho đến khi chỉ còn một hai người trụ lại, cố sức bám víu trên đó hàng giờ cho đến khi nước bắt đầu rút. Đằng sau họ là cảnh nước lũ xâm xịt tràn qua những cửa sổ tầng trên của bệnh viện thị trấn - một cảnh tượng của ngày tận thế. Sự yên lặng của loa báo động cho thấy số phận của Endo, người hùng của thị trấn vì đã hy sinh trong khi làm nhiệm vụ.

Khung thép hoen rỉ của tòa nhà nơi Endo hy sinh vẫn tồn tại đến hôm nay. Hiện người ta đang tranh luận kịch liệt về việc có nên để nó lại cho mục đích tưởng niệm, tương tự như nhà mái vòm của Hiroshima hay không. Nhiều người dân địa phương muốn tháo dỡ nó và quyết định vẫn đang được quan chức địa phương để ngỏ.

Endo chỉ là một trong số 1.200 người chết ở Minamisanriku, trong tổng số dân 17.000 người. Những ngọn

đồi dốc bao quanh thị trấn cảng đã trở thành nơi trú ẩn của hàng ngàn người trong thảm họa, bao gồm cả những người vốn sống ở đó, giữa những rặng thông, tuyết tùng - hay quan trọng hơn - trong rừng tre, và cả những người hoảng hốt lái xe lên đó qua những con đường dốc mà nếu có tuyết sẽ phải quấn xích vào lốp. Chiều hôm đó cũng có tuyết nhưng rất may là không nhiều. Từ trên cao, người dân Minamisanriku tuyệt vọng nhìn nơi ở của mình bị nuốt chửng bởi những đợt sóng cao vời vợi và tàn phá đến không thể nhận ra. Theo hầu hết thông tin đưa ra, họ chờ nước rút rồi đi xuống và bắt tay dọn dẹp đống đổ nát, quay trở lại công việc của mình mà không phàn nàn một lời.

Một câu hỏi đặt ra là còn việc gì cho họ làm? Còn lại gì sau những đợt sóng? Hắn là sẽ chẳng còn lại mấy thứ được chế tạo chính xác.

Trong những gì còn trụ lại ở Minamisanriku, hầu như không có thứ nào làm từ titan, thép, hay thủy tinh. Tàu thủy với động cơ chế tạo chính xác đã bị đánh chìm; ô tô với các thiết bị chính xác vương vãi như vỏ trấu; các thiết bị điện tử với trái tim vi xử lý chứa hàng triệu transistor trở nên vô dụng, những tòa nhà như cơ quan của Miki Endo chỉ còn là đống điêu tàn, hoen rỉ. Khắp nơi hiện diện bằng chứng cho thấy chính xác chỉ là phù du.

Những loài cây cao quý như thông và tuyết tùng cũng bị lũ đánh đổ. Nhiều người bị cành cây rơi trúng hoặc bị cuốn theo một đám gỗ vụn ra biển, vĩnh viễn mất tích.

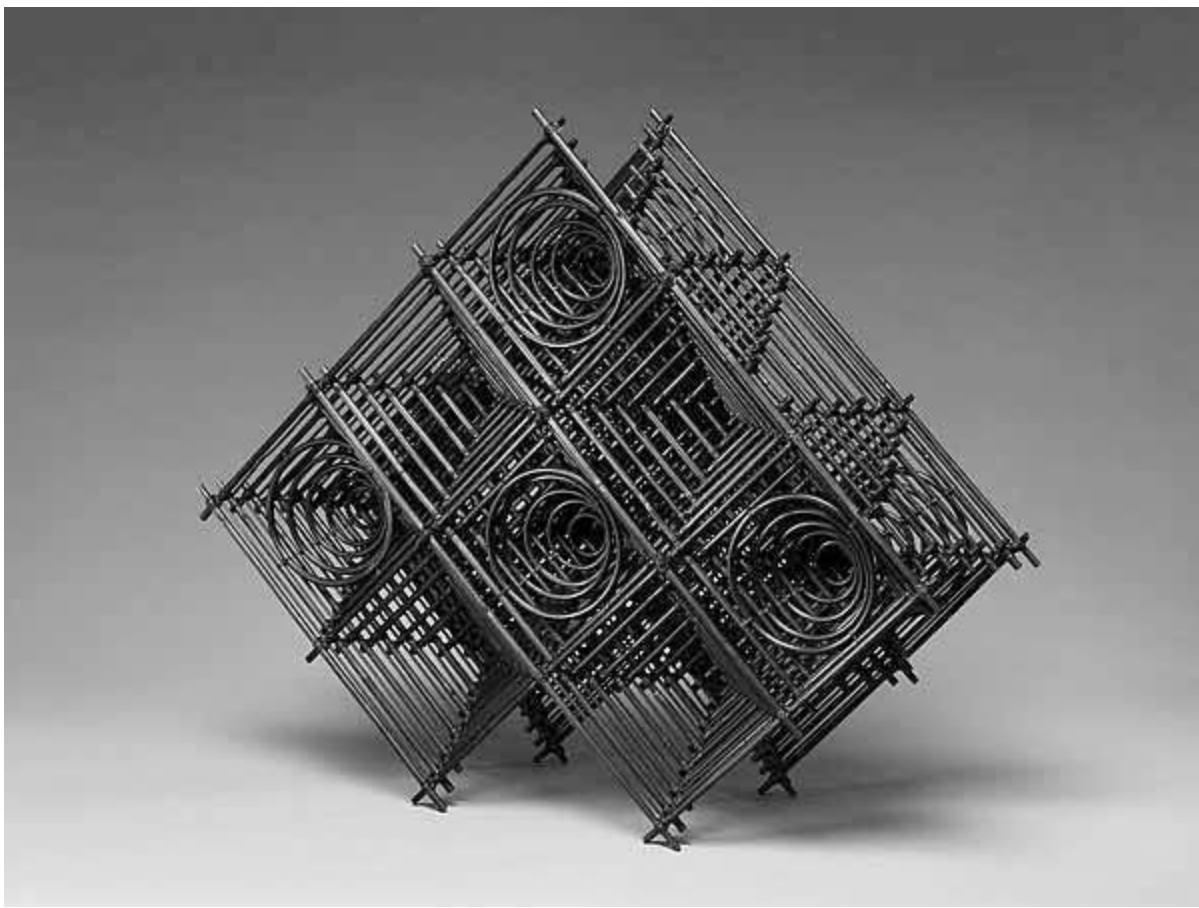
Nhưng những thứ ít chính xác nhất vẫn còn đó. Trong những cánh rừng xung quanh thị trấn vẫn dồi dào các bụi tre tươi tốt. Tuyết tùng và thông đã bị đánh gục nhưng tre vẫn đứng đó - không chính xác, không hoàn hảo, nhưng sống sót.

Tre, vật liệu vô cùng phổ biến trong đời sống hàng ngày của Trung Quốc và Nhật Bản (làm giỏ, quần áo, mũi tên, mũ, giáp; làm dụng cụ lao động; vật liệu xây nhà) thực chất là một loài cỏ, tuy vẻ ngoài của nó giống như một cây thân gỗ sinh trưởng nhanh. Tre nổi tiếng vì sự mềm dẻo và bền bỉ của nó, và dù có phải đương đầu với bao trận sóng thần đi nữa, loài cây này vẫn sẽ sinh sôi nảy nở và đem lại biết bao lợi ích cho con người. Nó có thể uốn rạp nhưng sẽ bật trở lại hoặc lên chồi mới. Ở Minamisanriku, các cây tre hoặc là bị thương nhưng vẫn sống sót, hoặc tái sinh gốc rễ, cao thêm một mét mỗi ngày khi mặt trời mùa xuân bắt đầu sưởi ấm mặt đất, và ngay lập tức lại trở nên hữu dụng đối với con người. Tre là một loại cây không hoàn hảo về hình học nhưng lại hoàn hảo về ích lợi thực tiễn.

Cùng thời gian tôi khởi hành từ New York tới Nhật Bản vào mùa thu năm 2017, Bảo tàng Nghệ thuật Metropolitan cũng khai trương một triển lãm về nghệ thuật với tre. Phần lớn các hiện vật được trưng bày (với con số vài ngàn, được giám tuyển khéo léo và giành được nhiều sự chú ý của công chúng) dùng để trang trí hơn là phục vụ mục đích thực tiễn: lẵng hoa và đồ trà đạo, hộp quà và các loại mỗ miện. Nhưng cuộc triển lãm cũng giới thiệu tới công chúng các Quốc Bảo

Sống của Nhật Bản, danh hiệu mà nước Nhật dùng để tôn vinh những nghệ nhân thủ công xuất chúng nhất của họ.

Điều này thể hiện nét văn hóa đặc thù của nước Nhật: thái độ tôn kính của công chúng đối với vẻ đẹp của thủ công mỹ nghệ. Tuy công nghệ chính xác vẫn có chỗ đứng vững chắc trong lòng người Nhật, tồn tại song song với đó là sự tôn vinh những giá trị không thể đo đếm được đối với xã hội của nghề thủ công, của giá trị đích thực mà những tạo tác bằng tay và thiếu chính xác này đem lại.



**Tác phẩm làm từ tre tại triển lãm Bảo tàng Nghệ thuật Metropolitan**

Một vật trang trí hiện đại của Nhật Bản được trưng bày tại một cuộc triển lãm tổ chức tại Thành phố New York năm 2017. Cấu trúc hết sức cầu kỳ bằng tre nói lên niềm kiêu hãnh của Nhật Bản về sản phẩm thủ công và sự thiếu chính xác, dù quốc gia này cũng nổi tiếng về những sản phẩm có độ chính xác cao (bản quyền hình ảnh thuộc Bảo tàng Nghệ thuật Metropolitan)

Quốc Bảo Sống đại diện cho một nhóm nhỏ các nghệ nhân có tay nghề cao, gồm cả nam và nữ, và thường ở độ tuổi còn trẻ, những người đã dành cả đời để tòi luyện tài nghệ và mài giũa tay nghề của mình trong những lĩnh vực thiếu chính xác về bản chất như sơn mài, gốm sứ, đồ gỗ, đồ kim khí, và nhờ đó được cả xã hội trọng vọng.

Phẩm chất trung tâm trong nghề thủ công là đức tính kiên nhẫn: kiên nhẫn học nghề và kiên nhẫn làm nghề.

*Urushi*, nghề sơn mài truyền thống của Nhật là một ví dụ điển hình về nghệ thuật của những thứ không chính xác, một kỹ nghệ đã được mài giũa qua hơn bảy ngàn năm lịch sử của Nhật Bản.



### **Ví dụ về tác phẩm tranh sơn mài (urushi) cao cấp**

Urushi, hay sơn mài thủ công, là ngành mỹ nghệ cổ truyền có tuổi đời hàng ngàn năm tuổi và được ưa chuộng ở Nhật Bản. Quá trình tạo thành một sản phẩm sơn mài, từ khi lấy nhựa cây sơn (một loài cây được bảo vệ nghiêm ngặt) cho đến thành phẩm có thể kéo dài hàng tháng trời. Nước Nhật hết sức đề cao việc bảo tồn kỹ nghệ thủ công, đến mức các bậc thầy sơn mài được phong tặng danh hiệu “Quốc Bảo Sống” (bản quyền hình ảnh thuộc Bảo tàng Mỹ nghệ dân gian Nhật Bản)

Chất liệu tự nhiên được sử dụng trong sơn mài là nhựa của cây sơn, một loài cây rụng lá có độc tính cao: *Toxicodendron vernicifluum*<sup>[\*]</sup>, được biết đến nhiều nhất ở Trung Quốc và Ấn Độ nhưng cũng được trồng trong những khu rừng được bảo vệ nghiêm ngặt ở Hàn Quốc và Nhật Bản

từ nhiều thế kỷ qua. Sử dụng các lưỡi dao nhỏ và xô, người thu nhựa sẽ tỉ mỉ cắt những rãnh nhỏ như lông vũ trên thân cây và hứng nhựa nhỏ ra từ vết cắt. Cây nào bị cắt ở mùa này sẽ không bị động tới trong mùa tiếp theo. Số nhựa thu hoạch mỗi cây là khoảng nửa chén. Sau khi thu hoạch, nhựa được thêm phẩm để tạo ra các màu sắc đa dạng từ đỏ thẫm, vàng đậm đến nâu thuốc lá, sau đó được đóng kín chờ tới lúc được nghệ nhân sử dụng, đánh bóng và trang trí.

Thông thường, sơn sẽ được quét lên gỗ, phổ biến nhất là gỗ long não và gỗ bách. Nền gỗ được phơi khô một vài năm để đảm bảo không xảy ra hiện tượng cong và rạn, sau đó được cắt và gọt cho đến khi cực mỏng: đủ mỏng để khi nhìn xuyên từ phía bên kia có thể phân biệt được sáng tối, dù không đủ mỏng để đọc báo.

Sau đó, sơn được quét lên nền gỗ mỏng manh này bằng cọ lông thú và dao bay nhỏ, theo các lớp mỏng nhất có thể. Sau khi được quét xong, mỗi lớp được phơi khô trong không khí ẩm và ấm để thúc đẩy quá trình ôxy hóa và sản sinh các enzyme làm lớp sơn cứng lại và trở nên trong suốt, sau đó lớp tiếp theo được quét lên trên. Có thể có đến hai chục lớp sơn ở trên cùng một nền, lớp nào cũng được đánh bóng và sự mượt mà của lớp trên phụ thuộc vào sự nhẵn bóng của lớp dưới. Kết quả cuối cùng là một bề mặt cứng và trơn mượt như lụa, vừa che đậy vừa làm nổi bật cấu trúc gỗ bên dưới.

Cứ như vậy, người nghệ nhân quét sơn, chờ sơn khô, đánh bóng với than tre và đá tan, với da cừu và lụa nhúng trong

đất sét, cho đến khi bề mặt sơn mài phản chiếu một thứ ánh sáng êm dịu, vô cùng sống động, sẵn sàng để phủ bụi vàng hay kẻ chỉ bạc. Công đoạn trang trí cuối cùng này có thể kéo dài nhiều tuần, thậm chí nhiều tháng trước khi cho ra những hũ mực, hộp *bento*, ấm nước và đặc biệt là tách trà với vẻ trang nhã sẽ còn tồn tại mãi cùng thời gian, những vật sẽ lưu giữ kỹ nghệ của đất nước cho lớp lớp thế hệ sau.

Sự nhẫn nại và vật liệu hảo hạng hòa quyện nhờ sự sáng tạo của người nghệ sĩ - người đã lùi về sau tác phẩm của mình - là những yếu tố trung tâm của nghệ thuật thủ công Nhật Bản. Và với tầng lớp văn hóa cao của Nhật, việc nghệ thuật này được thể hiện trên sơn mài, gốm sứ, gỗ hay kim loại không quan trọng bằng việc nó ra đời từ quá trình lao động kiên trì, tỉ mỉ và từ cả tình yêu lẫn lòng thành kính. Đó là quá trình mà bàn tay con người là yếu tố then chốt - dù không phải là yếu tố thống trị, vì người nghệ nhân Nhật hướng đến hợp tác thay vì gò ép vật liệu của mình. Không có máy móc nào được sử dụng, thay vào đó là những dụng cụ thủ công đã tồn tại và tiến hóa từ thế hệ này qua thế hệ khác. Sản phẩm tạo ra đại diện cho cả đất nước và dân tộc: nhìn vào một tách trà sơn mài là nhìn thấy nước Nhật trong truyền thống thủ công mỹ nghệ với bề dày hàng trăm năm.

Ở một khía cạnh nào đó, tất cả những điều trên là một cách tôn vinh sự vô thường. Không có mĩ quốc gia trên thế giới cùng lúc trân trọng và ngưỡng mộ cả công nghệ chính xác và thủ công mỹ nghệ, cả máy móc hiện đại và bàn tay con người như Nhật Bản. Đó là sự trân trọng ngang bằng dành cho cả titan và thứ cây truyền thống của Nhật, bao

phủ các sườn đồi của Minamisanriku và được trưng bày tại Bảo tàng Nghệ thuật Metropolitan ở New York: tre.

Con người ngày nay ngưỡng mộ và ám ảnh với những thứ thắng hoàn hảo, phẳng hoàn hảo mà thế giới công nghệ cho ra. Nhưng chúng ta cũng cần trân trọng không kém trật tự của tự nhiên. Bởi nếu chúng ta coi thường, sẽ đến lúc thiên nhiên sẽ chiến thắng và cỏ cây - và cả tre - sẽ mọc tràn lên những phát minh của chúng ta, bất kể dung sai của chúng nhỏ bằng độ dày đồng xu hay đường kính hạt proton.

Trước sự không chính xác của thiên nhiên, tất cả đều bị khuất phục, dù chính xác đến đâu.

## Lời bạt - Đo vạn vật

*Sự hoàn hảo bắt nguồn từ thời gian.*

- Bishop Joseph Hall, Works (1625)

Ngay từ những ngày đầu thiết lập nền văn minh, con người đã tìm cách đo đếm mọi thứ. Khoảng cách từ con sông này đến ngọn núi kia là bao xa? Người này cao bao nhiêu? Cây kia cao chừng nào? Mình nên đổi bao nhiêu sữa? Con bò đó nặng bao nhiêu? Mảnh vải phải dài bao nhiêu là đủ? Đã bao lâu rồi kể từ khi mặt trời mọc? Và bây giờ là mấy giờ? Cuộc sống con người luôn phụ thuộc vào việc đo lường, dù ít dù nhiều, và trong những ngày đầu tiên của tổ chức xã hội, dấu hiệu dễ nhận biết nhất phản ánh sự tiến bộ của một xã hội chính là cách thiết lập, chuẩn hóa, thống nhất và ứng dụng các hệ đo lường.

Việc đặt tên cho các đơn vị đo tất nhiên là một trong những nhiệm vụ phải làm đầu tiên của các nền văn minh sơ khai - cubit của người Babylon có lẽ là đơn vị đo độ dài đầu tiên, ngoài ra còn có *unciae* của người La Mã, hạt, carat, *toise*, cân - rồi đến yard, nửa yard, gang tay, ngón tay, móng tay của người Anh cổ.

Tuy nhiên, sự phát triển của công nghệ chính sau này không cần đến quá nhiều các đơn vị đo với những cái tên lạ tai, mà đòi hỏi các *tiêu chuẩn* đáng tin cậy để đánh giá độ dài, khối lượng, thể tích, thời gian và tốc độ.

Sự phát triển của các tiêu chuẩn đo lường do đó là một hiện tượng non trẻ hơn nhiều so với sự hình thành các đơn vị

đo - và theo thời gian, cách chúng ta bàn về cơ sở cho các tiêu chuẩn cũng dần thay đổi: từ bộ phận trên cơ thể người (ngón cái hoặc đốt ngón tay làm cơ sở cho đơn vị inch), đến các vật thể nhân tạo (các thanh đồng, các khối trụ platin), và cuối cùng là các khía cạnh bất biến của tự nhiên.

CHÍNH GALILEO là người đặt những viên gạch đầu tiên: năm 1582, một điều tưởng như rất tầm phào lại thu hút sự chú ý của ông. Có thể là sự thật hoặc cũng có thể chỉ là truyền thuyết, truyện kể rằng khi ngồi trên bảng ghế trong thánh đường ở Pisa, ông thấy chiếc đèn lồng treo ở chính điện lắc qua lắc lại, và phát hiện ra tốc độ lắc không phụ thuộc vào khối lượng quả nặng, mà phụ thuộc vào độ dài của chính con lắc. Con lắc càng dài, khoảng thời gian đi từ cực này đến cực kia càng lớn. Một con lắc ngắn sẽ tạo ra một nhịp tíc-tắc-tíc-tắc dồn dập hơn. Từ quan sát này của Galileo, thời gian và độ dài hóa ra có liên hệ với nhau - một mối liên hệ cho phép tính toán độ dài không thông qua đốt ngón tay hay số bước chân, mà thông qua thời gian, một điều chưa từng được nghĩ đến trước đây.

Một thế kỷ sau, một mục sư người Anh tên là John Wilkins đề xuất sử dụng khám phá của Galileo để tạo ra một đơn vị cơ bản hoàn toàn mới, không liên quan gì đến các tiêu chuẩn truyền thống mà người Anh vẫn dùng - một cây gậy được quy là bằng độ dài của một yard. Trong một bài viết xuất bản năm 1668, Wilkins đưa ra ý tưởng đơn giản như sau: tạo ra một con lắc với chu kỳ đúng một giây và chiều dài của con lắc chính là đơn vị mới. Ông phát triển ý tưởng này thêm một bước nữa: tạo ra một đơn vị thể tích từ đơn vị

độ dài mới này, và tạo ra một đơn vị khối lượng bằng cách đổ đầy một lượng nước tinh khiết có thể tích bằng với đơn vị thể tích vừa thu được. Cả ba đơn vị độ dài, thể tích, khối lượng được để xuất có thể được nhân và chia mười lần – nhờ đề xuất này mà Cha Wilkins có thể được coi là người sáng lập ra hệ đo lường, chí ít là trên danh nghĩa. Không may là Ủy ban được thành lập để đánh giá đề xuất của Wilkins<sup>[\*]</sup> không bao giờ báo lại kết quả, và thế là đề xuất của ông dần chìm vào quên lãng.

Tuy nhiên, một thế kỷ sau, ý tưởng của Wilkins lại được xướng lên bên kia Eo biển Măng-sơ, bởi một mục sư và nhà ngoại giao có vị thế Paris tên là Talleyrand. Đề xuất chính thức mà Talleyrand đệ trình lên Quốc hội hai năm sau cuộc Cách mạng, vào năm 1791, giống hoàn toàn với đề xuất của Wilkins, trừ một cải tiến nhỏ: con lắc chu kỳ một giây sẽ được treo ở một vị trí đã biết nằm trên vĩ tuyến 45 độ Bắc. (Các trường hấp dẫn khác nhau sẽ làm cho con lắc hoạt động theo nhiều cách khác nhau: bám vào một vĩ độ sẽ giúp giảm thiểu vấn đề đó.)

Nhưng đề xuất của Talleyrand lại không phù hợp với quan điểm cách mạng thời đó. Lịch Cộng hòa vừa được công bố kèm theo các diễn xướng hùng hồn; và trong một khoảng thời gian, người Pháp rối tung với các tháng mới được đặt tên (như Fructidor, Pluviôse và Vendémiaire), các tuần dài mười ngày (bắt đầu từ *primidi* và kết thúc vào *décadi*), các ngày dài mười giờ – mỗi giờ dài 100 phút, mỗi phút dài 100 giây. Giây trong đề xuất của Talleyrand không khớp với giây trong Lịch Cách Mạng (ngắn hơn 13,6% so với giây của Chế

độ Cũ). Quốc hội đang hùng hực khí thế trong cơn nhiệt tình cách mạng, đã phủ nhận sạch sẽ đề xuất.

Và thế là phải đến hai thế kỷ sau, vai trò nền tảng của giây mới được chấp nhận. Bấy lâu nay, trong suy nghĩ của các đại biểu quốc hội Pháp thế kỷ XVIII, chiều dài là một khái niệm rất phù hợp với thời gian.

Trong khi khước từ Talleyrand, họ lại chào đón một ý tưởng khác, cũng hoàn toàn mới, lấy cơ sở từ khía cạnh tự nhiên, do đó theo họ có tính cách mạng triệt để hơn. Theo đó, người ta sẽ đo độ dài của kinh tuyến hoặc xích đạo Trái Đất và chia thành 40 triệu phần bằng nhau, phần được chia ra sẽ là đơn vị độ dài mới. Sau các tranh luận sôi nổi, Quốc hội lựa chọn kinh tuyến, một phần vì có đường kinh tuyến đi qua Paris; sau đó, nhằm đảm bảo tính khả thi của dự án, họ quyết định không đo toàn bộ đường kinh tuyến mà chỉ đo một phần giữa Bắc Cực và xích đạo - nói cách khác là một phần tư đường kinh tuyến. Phần tư này sau đó sẽ được chia thành 10 triệu phần và đơn vị mới được đặt tên là mét (xuất phát từ từ μέτρον trong tiếng Hy Lạp có nghĩa là đo).

Ngay sau đó, Quốc hội Pháp đã chỉ định tiến hành một cuộc khảo sát quy mô lớn để xác định độ dài chính xác của kinh tuyến được chọn - hay đúng hơn là một phần mười của nó, một cung căng 9 độ (vì một phần tư kinh tuyến có góc 90 độ nên ta phải tính một phần mười của 90 độ), mà theo đơn vị ngày nay có độ dài vào khoảng 1.000 km. Với nước Pháp thế kỷ XVIII, độ dài này sẽ được đo bằng các đơn vị truyền thống như toise (khoảng 3,8m), mỗi toise bằng sáu

*pied du roi*, mỗi *pied* bằng 12 *pouce*, mỗi *pouce* bằng 12 *ligne*. Nhưng dùng đơn vị nào cũng không quan trọng, quan trọng là tổng chiều dài đo được và chia cho mười triệu, kết quả bằng bao nhiêu cũng sẽ trở thành đơn vị mới, món quà mà nước Pháp tặng cho thế giới.

Đường kinh tuyến được đề xuất chạy từ Dunkirk ở phía Bắc tới Barcelona ở phía Nam, cả hai đều là thành phố cảng, do đó nằm ở mực nước biển. Cung 9 độ này nằm ở đâu đó giữa đường kinh tuyến - Dunkirk 51 độ Bắc và Barcelona ở 4 độ Bắc, trung điểm 45 độ Bắc là làng Saint Médard-de-Guizières ở Gironde. Người ta cho rằng ở khoảng này, hình cầu dẹt của Trái Đất thể hiện rõ nhất (phình ra ở giữa, dẹt hai cực, khiến Trái Đất trông giống một quả cam hơn là một trái bóng), do đó dễ khắc phục trong tính toán hơn. (Để xác minh hình dạng của Trái đất, Viện Hàn lâm Khoa học Pháp còn thực hiện hai chuyến khảo sát bổ sung ở Peru và Lapland để xem chiều dài một độ ở vĩ tuyến cao thì dài bao nhiêu: cả hai đều chứng minh hình dạng Trái Đất mà Newton dự đoán nhiều thế kỷ trước.)

Câu chuyện đo kinh tuyến từ Pháp tới Tây Ban Nha, thực hiện bởi Pierre Méchain và Jean Baptiste Delambre trong hơn sáu năm hậu cách mạng đẫm máu là một cuộc phiêu lưu như trong truyền thuyết. Hai người đã nhiều lần thoát cảnh đổ máu (nhưng không thoát cảnh ngục tù) trong đường tơ kẽ tóc. Chi tiết của câu chuyện này nằm ngoài phạm vi cuốn sách, điều quan trọng hơn đối với công nghệ chính xác của tương lai - và đối với các kỹ sư ở mọi quốc gia, vì hệ mét sử dụng ngày nay đi từ kết quả khảo sát này - là người Pháp

làm gì tiếp theo khi có kết quả trong tay. Và việc họ làm là đúc các thanh đồng và platin.

Kết quả khảo sát được công bố vào tháng 4 năm 1799. Độ dài của phần tư kinh tuyến được ngoại suy từ kết quả đo đạc là 5.130.740 *toise*. Việc còn lại cần làm là đúc các thanh kim loại có độ dài bằng đúng một phần mười triệu của con số trên - 0,5130740 *toise*. Và độ dài này sẽ được sử dụng làm đơn vị tiêu chuẩn - mét - của nước Pháp sau cách mạng.

Hội đồng sau đó yêu cầu đúc một thanh platin để làm một étalon - một chuẩn. Một người từng làm thợ kim hoàn cho hoàng gia tên là Marc Étienne Janety được giao nhiệm vụ này, và được triệu hồi từ Marseille, nơi ông đang trú ẩn để tránh Khủng bố. Thành quả lao động của ông vẫn tồn tại đến ngày nay - *Mètre des Archives*, một thanh platin nguyên chất rộng 25mm, dày 4mm, dài đúng 1m. Thanh mét được chính thức đệ trình lên Quốc hội vào ngày 22 tháng 6 năm 1799.

Nhưng chưa hết: ngoài thanh platin xác định mét, vài tháng sau một khối trụ dùng làm étalon khối lượng, ki-lô-gam, ra đời. Khối trụ này cũng do Janety đúc và cũng làm từ platin nguyên chất, cao 39mm, đường kính 39mm, đặt trong một hộp bát giác gắn nhãn chi tiết đúng kiểu Pháp thời Napoleon: “*Kilogramme Conforme à la loi du 18 Germinal An 3, présenté le 4 Messidor An 7.*”

Giờ đây, hai khái niệm chiều dài và khối lượng đã được liên hệ mật thiết với nhau. Bởi vì một khi tiêu chuẩn độ dài đã được xác định và do đó tiêu chuẩn thể tích cũng được

xác định, tiêu chuẩn khối lượng cũng có thể được xác định từ khối lượng của một vật chất tiêu chuẩn có thể tích tiêu chuẩn<sup>[\*]</sup>. Vậy là ở Paris, khi thế kỷ XVIII đầy biến cố dần khép lại, người ta quyết định tạo ra tiêu chuẩn mới cho khối lượng bằng một công thức đơn giản đến thanh lịch. Một phần mười của mét – một đêximét – sẽ được dùng làm chiều dài cạnh của một khối lập phương. Khối lập phương này sẽ được gọi là một lít, và sẽ được chế tạo chính xác nhất có thể từ thép hoặc bạc. Sau đó nó sẽ được đổ đầy nước tinh khiết nhiệt độ  $4^{\circ}\text{C}$ , nhiệt độ mà nước có mật độ ổn định nhất. Khối lượng nước này sau đó được định nghĩa là một kilogram.

Khối platin do người thợ kim hoàn M. Janety chế tạo được đúc một cách chính xác, và được điều chỉnh sao cho nó cân bằng chính xác với khối lượng của một đêximét khối nước. Khối platin này – tất nhiên là có kích thước nhỏ hơn nhiều so với khối nước vì mật độ platin cao hơn gần 22 lần mật độ nước – kể từ ngày 10 tháng 12 năm 1799 có tên gọi chính thức là kilogram.

*Kilogramme des Archives* và *Mètre des Archives* là hai đơn vị cơ bản khởi đầu cho một hệ đo lường mới của thế giới. Hệ mét chính thức ra đời.

Hai tiêu chuẩn sáng lập của hệ mét vẫn tồn tại đến ngày nay, trong một két an toàn bằng thép nằm sâu bên trong Viện Lưu trữ Quốc gia Pháp ở Marais, trung tâm Paris, đặt trong một hộp bát giác bọc da đen và một hộp chữ nhật dài bọc da nâu đỏ.

Chỉ có điều - và điều này là thường tình trong khoa học đo lường - hai vật thể đẹp đẽ này hóa ra lại có khiếm khuyết lớn.

Nhiều năm sau khi chúng được đúc, người ta đã khảo sát lại đường kính tuyến cơ sở của chúng. Trước sự thất vọng tràn trề của công chúng, người ta đã tìm ra lỗi trong kết quả của cuộc khảo sát kéo dài sáu năm mà Delambre và Méchain thực hiện hồi thế kỷ XVIII, do đó độ dài kinh tuyến mà họ tính ra không đúng. Không lệch quá nhiều, nhưng đủ để thanh *Mètre des Archives* bị ngắn hơn hai phần mươi milimét so với phiên bản được tính toán lại. Và nếu mét sai, đeximét khối cũng sai, lít cũng sai, và kilogram cũng sai nốt.

Và thế là người ta thiết lập một quy trình rườm rà để tạo ra một bộ nguyên mẫu hoàn toàn mới, một cách chính xác và hoàn hảo nhất trong khả năng của khoa học thế kỷ XIX. Cộng đồng quốc tế từng mất đến bảy thập kỷ mới đạt được tiếng nói chung và thêm nhiều năm nữa để tạo ra các thanh chữ nhật và khối trụ biểu diễn các đơn vị đo. Các cơ chế tạo ra chúng đã minh họa cho sự phát triển vượt bậc của công nghệ chính xác kể từ thời điểm John Wilkinson khoan xi lanh cho James Watt. Nhu cầu chế tạo ra các thanh và khối tiêu chuẩn sao cho tiệm cận đến sự hoàn hảo nhất có thể đã trở thành một nỗi ám ảnh.

50 đại biểu quốc tế - tất cả đều là đàn ông và thuộc chủng tộc da trắng, và hầu hết có bộ râu dài ấn tượng - tụ họp tại cuộc họp đầu tiên của Ủy ban Mét Quốc tế ở Paris vào tháng 9 năm 1872. Nơi diễn ra hội nghị từng là tu viện

trung cổ St. Martin des Champs, sau này được cải tạo thành Trường Kỹ nghệ Quốc gia Pháp, một trong những nơi lưu giữ những dụng cụ khoa học vĩ đại nhất thế giới<sup>[\*]</sup>.

Các quốc gia tham gia sự kiện quyết định tương lai của hệ đo lường thế giới là các cường quốc phương Tây thời đó - Anh, Hoa Kỳ, Nga, Áo-Hung, Đế chế Ottoman - nhưng đặc biệt lại không có Trung Quốc và Nhật Bản. Các phiên họp và các hội nghị bên lề - đáng chú ý nhất là Hội nghị Ngoại giao về Mét với nội dung chủ yếu xoay quanh chính sách quốc gia thay vì khía cạnh kỹ thuật của việc sản xuất nguyên mẫu - kéo dài đằng đẵng.

Cuối cùng, tất cả các cuộc họp cũng kết thúc. Vào ngày 20 tháng 5 năm 1875, Hiệp ước Mét được ký kết. Hiệp ước quy định sự thành lập của BIPM, tiền thân của Văn phòng Cân đo Quốc tế ngày nay, đặt trụ sở ở Pavillon de Breteuil, bên ngoài Sèvres (hiện nay vẫn sử dụng). Các tổ chức của Hiệp ước Mét chính là những nơi chỉ định chế tạo các nguyên mẫu làm tiêu chuẩn đo lường mới.

Phải đến gần 15 năm sau, một bộ tiêu chuẩn quốc tế mới được thiết lập, làm cơ sở để đúc các nguyên mẫu. Ngày 28 tháng 9 năm 1889, chúng được phân phát trong một buổi lễ tổ chức ở Paris.

Người ta đã chọn ra hai nguyên mẫu tốt nhất, hoàn mỹ trong diện mạo và chính xác về kích thước, rồi đề cử chúng làm nguyên mẫu quốc tế: Mét Nguyên mẫu Quốc tế, ký hiệu bằng chữ M kiểu blackletter, và Kilogram Nguyên mẫu Quốc tế, *Le Grand K*, ký hiệu bằng chữ K kiểu blackletter. Cả hai

được làm từ hợp kim platin-iridi và sẽ được lưu giữ cho các thế hệ sau dưới sự bảo vệ nghiêm ngặt tại tầng hầm Pavillon de Breteuil.

Các nguyên mẫu khác, của ngày tháng 9 ấy, được trưng bày ở đài thiên văn của Pavilion. Các khối kilogram tròn tria phản chiếu ánh sáng lấp lánh dưới các lồng kính (tiêu chuẩn quốc gia được đặt trong hai lồng kính, tiêu chuẩn quốc tế được đặt trong ba lồng), các thanh mét dài và hẹp đặt trong các ống gỗ, ống gỗ lại đặt bên trong ống đồng với bộ gá đặc biệt để đảm bảo an toàn khi vận chuyển.

Giấy chứng nhận tính xác thực của các nguyên mẫu được nhà in Stern của Paris dập trên giấy dày Nhật Bản. Thông tin thuộc tính trên mỗi giấy chứng nhận được thể hiện theo công thức: ví dụ khối trụ platin-iridi Số 39 được ghi “46.402mL 1kg - 0.118mg”, có nghĩa là nó có thể tích 46,042ml và có khối lượng nhẹ hơn 0,118mg so với 1kg. Chứng nhận cho các thanh mét phức tạp hơn một chút: ví dụ, một thanh mét được đề là “ $1^m + 6^\mu.0 + 8^\mu.664T + 0^\mu.00100T^2$ ” nghĩa là ở 0 độ C nó dài hơn 6 mi-cro-mét so với 1m và ở 1 độ C nó sẽ dài hơn 8,665 mi-cro-mét.

Trong phòng còn có một bệ, trên đó đặt ba bình chứa các mẫu giấy ghi số hiệu của các nguyên mẫu còn lại – chúng sẽ được phân phát cho các nước thành viên bằng cách bốc thăm. Vậy là vào một buổi chiều thứ Bảy ấm áp của mùa thu, cả thế giới xếp hàng như thể đang chờ mua vé xem thể thao. Các quan chức gọi tên từng nước theo thứ tự bảng chữ cái, bảng tiếng Pháp. Allemagne (Đức) đầu tiên, Suisse

(Thụy Sĩ) cuối cùng. Việc này diễn ra trong một giờ. Kết quả chung cuộc là Hoa Kỳ nhận Kilogram 4 và 20, Mét 21 và 27<sup>[\*]</sup>. Anh nhận Mét 16 và Kilogram 18; Nhật Bản (đến thời điểm này đã ký Hiệp ước 1875)<sup>[\*]</sup> nhận Mét 22 và Kilogram 6.

Đến cuối ngày, các đại biểu trở về nước cùng những món vật phẩm vô giá đặt trong hộp (các khối kilogram được dỡ khỏi lồng kính để vận chuyển) sau khi thanh toán chi phí. Các nguyên mẫu này không hề rẻ: một mét platin-iridi có giá 10.151 franc, còn một kilogram có giá thành dễ chịu hơn một chút: 3.105 franc. Chỉ trong vòng vài ngày đến vài tuần (các đại biểu Nhật Bản đi về bằng tàu thủy), các nguyên mẫu tiêu chuẩn mới đã được giao cho các viện đo lường đang mọc lên tại các thủ đô trên toàn thế giới. Chúng được cất giữ an toàn - dù không gì sánh được với sự bảo vệ dành cho Nguyên mẫu Quốc tế, M và K, nằm trong bóng tối của một tầng hầm tại Paris. Trong các két gần đó có sáu *témoins* - thanh kiểm chứng, được dùng để định kỳ đối sánh với bản gốc. Chúng luôn chính xác và bất khả xâm phạm mãi mãi.

Nhưng mọi chuyện vẫn chưa kết thúc. Các giám sát viên chịu trách nhiệm quản lý các đơn vị cơ bản này luôn tìm kiếm những tiêu chuẩn tốt hơn. Và cuối cùng họ cũng tìm ra.

**NHỮNG MANH MỐI ĐẦU TIÊN** về sự tồn tại của một hệ đo lường ưu việt hơn đã xuất hiện vài năm trước đó, năm 1870, trước khi những thanh platin được chế tác thành nhiều hình dáng và kích cỡ. Nhà vật lý học Scotland James Clerk Maxwell, tại hội nghị thường niên của Hiệp hội vì Sự tiến bộ

Khoa học Anh ở Liverpool, đã có một bài diễn thuyết làm đảo lộn mọi thứ. Lời của ông vẫn còn vang vọng trong tâm trí các nhà đo lường học khắp thế giới. Ông nói với thính giả rằng bộ môn đo lường hiện đại khởi nguồn từ các cuộc khảo sát và tái khảo sát đường kinh tuyến nước Pháp, với kết quả là đơn vị mét:

*Thế nhưng, xét cho cùng, dù các kích thước của Trái đất và chu kỳ quay của nó có liên quan tới các phương pháp so sánh hiện có của chúng ta, dù chúng có tính vĩnh cửu thì cũng không cần thiết. Trái đất có thể co lại khi được làm mát, hoặc to ra và đón nhận các thiên thạch, hoặc tốc độ quay của nó chậm dần, nhưng Trái đất vẫn cứ là Trái đất. Nhưng một phân tử, ví dụ như hydro, nếu thay đổi khối lượng hay tốc độ dao động dù ở mức nhỏ nhất cũng không còn là phân tử hydro nữa.*

*Vì thế, nếu chúng ta muốn có được các tiêu chuẩn về độ dài, thời gian và khối lượng phải tuyệt đối cố định, chúng ta không được tìm chúng trong các chiều kích, chuyển động hay khối lượng của hành tinh này, mà phải truy nguyên từ bước sóng, chu kỳ dao động, và khối lượng tuyệt đối của các phân tử vĩnh cửu, thường hằng, và hoàn toàn giống nhau.*

Ở đây, Maxwell đã đặt nghi vấn về cơ sở khoa học của tất cả các hệ đo lường từ trước đến giờ. Hiển nhiên là một hệ thống lấy cơ thể người làm cơ sở - ngón tay cái, cánh tay,

bước chân, vân vân - là chủ quan, không nhất quán, không đáng tin cậy và không thể sử dụng. Nhưng Maxwell cũng khẳng định những tiêu chuẩn tưởng như đáng tin cậy trước đây, như kinh tuyến Trái đất, chu kỳ con lắc hay độ dài một ngày, cũng không hẳn là cố định. Ông tuyên bố hằng số duy nhất của tự nhiên là các hằng số ở cấp độ nguyên tử.

Đến thời điểm này, các tiến bộ khoa học đã bắt đầu cho phép con người quan sát thế giới nguyên tử, hé lộ các cấu trúc và thuộc tính không thể ngờ. Những cấu trúc và thuộc tính này về bản chất là không bao giờ thay đổi, theo lời Maxwell, vì thế chúng nên được dùng làm tiêu chuẩn đo lường mọi thứ khác. Làm khác đi chỉ đơn giản là phi logic. Tự nhiên ở tầng mức cơ bản sở hữu những tiêu chuẩn tuyệt hảo nhất, đích thực duy nhất, vậy tại sao chúng ta không sử dụng chúng?

Bước sóng ánh sáng là hằng số cơ bản đầu tiên được sử dụng để xác định tiêu chuẩn độ dài, mét. Xét cho cùng, ánh sáng là một dạng bức xạ nhìn thấy được do sự kích thích của các nguyên tử gây ra - trong các nguyên tử bị kích thích, các electron sẽ nhảy từ mức năng lượng này sang mức năng lượng khác. Các nguyên tử khác nhau tạo ra các bước sóng ánh sáng khác nhau với màu sắc khác nhau, dễ dàng xác định bằng một quang phổ kế.

Phải mất thêm 100 năm nữa, cộng đồng quốc tế mới chấp nhận việc dùng ánh sáng và bước sóng ánh sáng để định nghĩa đơn vị độ dài. Đối với những vị già cả cổ hủ nhưng lại nắm quyền điều hành, hy sinh những thứ kiên cố của Trái

đất để đi theo hành vi của ánh sáng chẳng khác nào tin rằng các lục địa có thể chuyển động - một suy nghĩ nhảm nhí. Nhưng cũng như vào năm 1965, khi thuyết kiến tạo mảng được chứng thực và trôi dạt lục địa đột nhiên được thừa nhận rộng rãi, hiện thực ẩn giấu đã sừng sững ngay trước mắt các nhà đo lường học: đến một ngày, ý tưởng sử dụng nguyên tử và bước sóng ánh sáng mà chúng phát ra làm tiêu chuẩn đo lường bỗng nhiên trở nên hoàn toàn hợp lý.

Người đầu tiên nhận ra điều này là một thiên tài cuối thế kỷ XIX Massachusetts tên là Charles Sanders Peirce. Ông là một trong số ít những bộ óc xuất chúng nhất của thế hệ mình - vừa nghiên cứu toán học, triết học, trắc địa, logic, vừa là một tay đào hoa hàng đầu, vừa bị hành hạ vì đau đớn (một vấn đề về thần kinh mặt), vì bệnh tâm lý (theo phỏng đoán là mắc chứng rối loạn lưỡng cực trầm trọng), và có tính cách nóng nảy không thể kiểm soát. Điểm cộng: ông có thể đứng trước bảng đen và cùng lúc viết lý thuyết toán học bằng tay phải và viết lời giải bằng tay trái. Điểm trừ: ông từng bị đầu bếp cũ kiện vì dùng gạch đánh người. Ông bê bết rượu chè, dùng thuốc phiện, kết hôn nhiều lần và thường xuyên ngoại tình.

Nhưng cũng chính Pierce là người đầu tiên lấy một nguồn ánh sáng natri màu vàng chói và tinh khiết rồi gắng sức đo - bằng đơn vị mét, qua đó thiết lập quan hệ giữa ánh sáng và độ dài - thông qua các vạch quang phổ màu đen mà nó tạo ra khi chạy qua một lưới nhiễu xạ, một dạng lăng trụ chính xác cao. Một trong những điều đáng buồn trong 75 năm

cuộc đời Pierce là thí nghiệm trên chưa bao giờ thành công - vì các vấn đề với sự giãn nở của thủy tinh trong lưới nhiễu xạ và với nhiệt kế dùng để đo nhiệt độ thủy tinh. Tuy nhiên, ông vẫn công bố một bài báo ngắn trên *Tạp chí Khoa học Mỹ*, do đó được coi là người đầu tiên thực hiện các thí nghiệm như vậy. Nếu thành công, có lẽ ông đã danh nổi như cồn. Thực tế, ông qua đời trong thịnh lặng vào năm 1914, trong cảnh nghèo túng tột cùng, phải xin bố thí bánh mì từ lò nướng bánh địa phương. Peirce bị tất cả lãng quên, chỉ trừ một nhóm nhỏ những người có cùng quan điểm với Bertrand Russell, người gọi Peirce là “bộ óc Mỹ lỗi lạc nhất mọi thời đại”.

Đến năm 1927, sau áp lực liên tiếp từ các nhà khoa học đồng tình với Maxwell, cộng đồng cân đo thể giới tuy có phần miễn cưỡng nhưng cuối cùng cũng chấp thuận. Trước hết họ chính thức chấp thuận rằng bước sóng của một nguyên tố cụ thể có thể tính được, thể hiện bằng một phần cực nhỏ của một mét. Sau đó, họ đồng ý rằng một mét sẽ được định nghĩa là bội số của bước sóng đó - một bội số rất lớn, có ít nhất bảy chữ số. Nhận bước sóng đo được với bội số, chúng ta sẽ có mét chuẩn.

Nguyên tố được dùng trong tính toán này là cađimi - một kim loại giống như kẽm, màu trắng ánh xanh, và khá độc, từng được sử dụng (cùng với kẽm) để làm pin và thép chống ăn mòn và hiện được dùng (cùng với télua) để làm tấm pin mặt trời. Nó phát ra một ánh sáng đơn sắc màu đỏ khi bị hâm nóng, với bước sóng có thể được tính toán từ vạch quang phổ - và tính chính xác tới mức Hiệp hội Thiên văn

học Quốc tế sử dụng bước sóng này để định nghĩa một đơn vị độ dài mới, Ångström – một phần mươi tỷ của một mét,  $10^{-10}$ m.

Bước sóng của phát xạ cađimi đã được đo và xác định là 6.438,46963 Ångströms. 20 năm sau, khi các quan chức cân đo của Paris chấp nhận cả nguyên tắc sử dụng quang phổ phát xạ và lựa chọn nguyên tố cađimi (nhưng bớt đi chữ số 3 cuối cùng và biến con số trên thành 6.438,4696Å), 1m có thể được định nghĩa rất đơn giản là 1.553.164 bước sóng phát xạ cađimi. (Nhân 1.553.164 với  $6.438,4696 \times 10^{-10}$  sẽ được 1,000.)

Thế nhưng – trong lịch sử lắt léo của hệ mét, điều này không quá bất ngờ – cađimi vẫn chưa đủ tốt. Vạch quang phổ của nó, khi kiểm tra kỹ, hóa ra không đơn sắc và tinh khiết như vẫn tưởng – mẫu cađimi được dùng có lẽ chứa nhiều đồng vị khác nhau và cho ra phổ phát xạ phức hợp. Cuối cùng cađimi, tuy được dùng để định nghĩa nhiều đơn vị, lại không được dùng để định nghĩa đơn vị mét thiêng liêng. Thanh mét bằng platin-iriđi vẫn chưa được cho nghỉ ngơi, bất chấp hàng loạt cuộc họp của Ủy ban đo lường và việc xem xét quang phổ phát xạ của các nguyên tố khác – cho đến năm 1960.

Thế giới thống nhất dùng krypton. Khí trơ này mới chỉ được khám phá hiện diện trong không khí năm 1898, và ứng dụng phổ biến nhất của nó có lẽ là đèn neon (các đèn neon thực ra không mấy khi sử dụng khí neon). Quan trọng hơn cả, trong hành trình dài đi tìm định nghĩa cho mét theo bước

sóng, krypton có một phổ phát xạ cực kỳ sắc nét. Krypton-86 là một trong sáu đồng vị krypton ổn định tồn tại trong tự nhiên<sup>[\*]</sup>, và vào ngày 14 tháng 10 năm 1960, Ủy ban Cân Đo Quốc tế đã ra quyết định với số phiếu đồng thuận gần như tuyệt đối: sử dụng khí này để định nghĩa mét, tương tự như việc dùng cađimi để định nghĩa Angstrom. Lý do là phổ phát xạ màu cam đỏ của đồng vị này có tính đồng pha và giá trị bước sóng của nó được xác định rõ ràng (6.057,80211Å).

Các thành viên ủy ban, sau khi dẫn ra rằng định nghĩa mét hiện dùng “không đủ chính xác để phục vụ nhu cầu đo lường ngày nay”, đã thống nhất một định nghĩa mới, trong đó một mét là “độ dài bằng 1.650.763,73 lần bước sóng trong chân không của bức xạ tương ứng với sự chuyển dịch giữa hai trạng thái 2p10 và 5d5 của nguyên tử krypton-86.”

Tuyên bố đơn giản trên cũng đồng nghĩa với việc thông báo rằng: thanh mát platin đã trở nên vô hiệu. Từ năm 1889, nó đã là tiêu chuẩn tối thượng cho mọi phép đo độ dài: Ludwig Wittgenstein từng nhận định một cách dí dỏm: “Có một thứ mà chúng ta không thể nói là nó dài một mét và cũng không thể nói nó không dài một mét, đó là thanh mát chuẩn ở Paris.” Vị thế này đã chấm dứt vào ngày 14 tháng 10 năm 1960, và kể từ đó thế giới không còn thanh mát chuẩn đặt ở Paris hay ở bất cứ đâu nữa. Chuẩn đo lường đã rời khỏi thế giới vật liệu thông thường và đi vào thế giới của những hằng số vũ trụ vĩnh cửu.

HỘI NGHỊ NĂM 1960 nằm trong chuỗi các hội nghị được tổ chức theo chu kỳ 4 năm/lần, thường ở Paris, và hội nghị lần này được coi là một trong những sự kiện trọng đại nhất của lịch sử khoa học đo lường. Đáng nhớ nhất là sự thành lập chính thức của *Hệ Đo lường Quốc tế*, thường được gọi là SI, viết tắt từ tiếng Pháp *Système International d'Unités*. Phần lớn nhân loại hiện đã biết tới, chấp nhận, thừa nhận và sử dụng SI - với bảy đơn vị đo lường: độ dài (mét); thời gian (giây); cường độ dòng điện (ampe); nhiệt độ nhiệt động học (kelvin)<sup>[\*]</sup>; cường độ sáng (candela); lượng vật chất (mole); và khối lượng (kilogram). Sáu trong số các đơn vị trên hiện được định nghĩa theo các hiện tượng tự nhiên - và nói chung là theo bức xạ, hành vi của nguyên tử.

Và hội nghị còn thu được nhiều kết quả khác: các đơn vị cơ bản; đơn vị truyền dẫn - héc, vôn, farad, ohm, lumen, becören, henry, culông, tiền tố chính thức cho các đơn vị lớn hơn hay nhỏ hơn đơn vị cơ bản, theo chiều tăng dần - deca, kilo, giga, tera, exa, zetta và yotta (từ  $10$  đến  $10^{24}$  lần) và theo chiều giảm dần - deci, milli, nano, pico, femto, zepto và yocto (tiền tố cuối cùng, để đảm bảo sự cân xứng, thể hiện  $10^{-24}$  lần đơn vị cơ bản).

Nhưng một điều mà hội nghị không đạt được là định nghĩa thay thế cho tiêu chuẩn kilogram cũ, *Le Grand K*. Các đại biểu - sau khi đã xây dựng một hệ đo lường hoàn toàn mới - đã rời Paris vào tháng 10 năm ấy và để lại phía sau một khối kilogram cô quạnh trong lồng kính, một di chỉ của thế kỷ trước. Phải đến gần 60 năm tiếp theo, chúng ta mới có định nghĩa kilogram thay thế và khối trụ platin to cỡ quả bóng

gôn kia mới được “từ nhiệm”. Cuối năm 2018, nó được chuyển ra khỏi lồng kính trong tầng hầm và đi vào một bảo tàng, với tư cách là di tích của một thời đại cũ.

Do định nghĩa mới của kilogram được đưa ra rất lâu sau định nghĩa mới của mét nên nó tận dụng được những tiến bộ công nghệ mới trong đo lường học. Kilogram của định nghĩa mới sẽ gắn liền với một đơn vị cơ bản khác, một đơn vị mà vị trí then chốt của nó đối với các đơn vị còn lại đã không được lưu ý đúng mức trong hàng thập kỷ qua: giây.

**LIÊN HỆ GIỮA GIÂY** và kilogram nằm ở khái niệm tần số, một khái niệm nghịch đảo của khái niệm thời gian: tần số của một hiện tượng là số lần xảy ra hiện tượng đó *mỗi giây*. Tần số xuất hiện trong định nghĩa của ít nhất sáu trong bảy đơn vị đo lường cơ bản ngày nay<sup>[\*]</sup>. Nói cách khác, tần số xuất hiện ở khắp mọi nơi.

Như minh họa qua ba ví dụ dưới đây.

Candel, đơn vị đo cường độ sáng của một nguồn sáng, thoát trôi có vẻ không liên quan gì tới thời gian. Nhưng thực ra là có liên quan: cộng đồng quốc tế hiện định nghĩa một candel là *cường độ chiếu sáng theo một hướng cho trước của một nguồn phát ra bức xạ đơn sắc ở tần số  $540 \times 10^{12}$  chu kỳ trong một giây và cường độ năng lượng ở hướng này là  $1/683$  watt trên steradian*. Như vậy là ánh sáng chính thức được liên hệ với giây, với khái niệm thời gian.

Một ví dụ khác là mét, hiện cũng được định nghĩa bằng giây - một mét là *chiều dài quãng đường đi được của một tia sáng trong chân không trong khoảng thời gian*

*1/299.792.458 giây.* Như vậy độ dài (theo định nghĩa kể từ năm 1983) cũng được liên hệ với thời gian, một mối liên hệ được tất cả các nhà khoa học nhất trí.

Và đơn vị kilogram lừng danh, cho đến gần đây vẫn được định nghĩa bằng khối platin ở Paris, hiện được định nghĩa theo tốc độ ánh sáng thông qua hằng số Planck nổi tiếng, với giá trị  $6,62607004 \times 10^{-34} \text{ m}^2\text{kg/s}$ . Như thể hiện trong thứ nguyên của nó, hằng số Planck cũng có liên hệ mật thiết với tần số và giây. Vậy là khối lượng cũng được định nghĩa bằng thời gian. Cả thế giới giờ đây đã đồng ý: thời gian là bệ đỡ cho tất cả.

Như Galileo đã nhận ra một cách chính xác khi ngược nhìn chiếc đèn lồng ở Pisa, như Wilkins sau đó đã đề xuất và Talleyrand đề xuất lại. Tất cả đều được kết nối bởi thời gian.

### THẾ NHƯNG – thời gian là gì?

“Nếu không bị ai hỏi,” Thánh Augustine nhận xét: “Tôi biết thời gian là gì. Nếu phải giải thích nó cho người khác, tôi lại không biết.” Tất cả chúng ta đều biết thời gian trôi. Nhưng nó trôi như thế nào? Trôi ở đây chính xác có nghĩa là gì? Và tại sao thời gian chỉ trôi theo một hướng – về tương lai? Chính xác thì hướng của thời gian là gì? Liệu chúng ta có thể tìm một định nghĩa chính xác hơn câu nói của Einstein, rằng thời gian là *thứ mà đồng hồ đo không*?

Tất cả những câu hỏi trên đột nhiên trở nên đặc biệt hệ trọng.

Cách chúng ta đo đếm thời gian - và cách chúng ta từng đo đếm thời gian trong quá khứ - chẳng qua là lựa chọn của chính chúng ta. Nhìn chung có sự nhất trí về phút, giờ và ngày<sup>[\*]</sup> - do việc mặt trời mọc và lặn từ lâu đã đóng vai trò trung tâm trong việc đếm thời gian, quy định bản chất của thời gian, và làm cơ sở để xã hội vận hành. Ngay cả vào thập niên 1950, một giây vẫn được định nghĩa là  $1/86.400$  của một ngày.

Các đơn vị lớn hơn ngày như *tuần*, *tháng* và *năm* thì khác. Chúng được quyết định bởi tôn giáo, tập quán, thậm chí bởi quan điểm cá nhân. Tuy nhiên, mục tiêu của các nhà khoa học đo lường hiện đại là có một định nghĩa nhất quán và phổ quát cho giây, đơn vị cơ bản nhất trong mọi đơn vị. Giây là thứ thiêng liêng không thể tùy tiện, những đơn vị lớn hơn thì tùy nơi tùy ý.

Cho đến năm 1967, giây vẫn được định nghĩa dựa trên hiện tượng tự nhiên - theo độ dài ngày - thông qua đồng hồ mặt trời hoặc con lắc giây (với chu kỳ được quyết định bởi độ dài của con lắc). Việc điều chỉnh độ dài con lắc để nó đi từ cực này đến cực kia trong quãng thời gian đúng bằng  $1/86.400$  quãng thời gian giữa hai thiên đỉnh (mà chúng ta gọi nôm na là giữa trưa) không phải là việc khó, tuy khá tốn thời gian. Dễ hơn nữa là việc tính toán theo công thức học sinh  $T = 2\pi\sqrt{lg}$ , trong đó  $l$  là độ dài con lắc,  $g$  là gia tốc trọng trường, và  $T$  là thời gian con lắc hoàn thiện một lần dao động tới lui.

Nói cách khác, suy từ ngày ra giây không phải là một vấn đề. Vấn đề, được nhìn nhận từ xa xưa, là thời gian của một ngày biến đổi liên tục vì nhiều lý do cả cục bộ - ví dụ như ma sát của thủy triều - và phổ quát - ví dụ như sự lắc lư (tuế sai) của trục Trái đất, và sự giảm tốc (hoặc tăng tốc) của tốc độ quay của hành tinh. Làm sao giây có thể được định nghĩa chính xác nếu chính cơ sở của định nghĩa đã không ổn định? Chúng ta lại quay về vấn đề mà Maxwell chỉ ra.

Vấn đề này thoát đầu được giải quyết bằng cách thay ngày bằng năm - thời gian Trái đất di chuyển trọn vẹn một vòng quanh mặt trời. Khái niệm *thời gian thiên văn* sinh ra từ đây - nghĩa là thời gian dựa trên sự di chuyển của các thiên thể như đã được ghi chép qua nhiều thế kỷ quan sát.

Các bảng gọi là lịch thiên văn (hay niên giám thiên văn) mỗi năm lại được cải thiện nhờ các quan trắc qua kính viễn vọng và sau này là vệ tinh. Khái niệm thời gian thiên văn hiện đại, do Phòng thí nghiệm Động cơ Phản lực ở Pasadena định nghĩa, trở thành tiêu chuẩn vào năm 1952.

Một giây được định nghĩa là  $1/31.556.925,975$  của một năm - không phải một năm bất kỳ, mà là năm 1990 bắt đầu từ ngày 0 tháng 1, tức 0 giờ ngày 1 tháng 1 - đêm 31 tháng 12 năm 1899 rạng sáng mùng 1 tháng 1 năm 1900, bất chấp thông lệ không dùng số 0 để chỉ ngày trong năm. Hệ thống đếm của chúng ta có số 0, đồng hồ của chúng ta có số 0 (ví dụ 00:23) nhưng lịch của chúng ta thì không có.

Nhưng một năm, một vòng quay của một hành tinh quanh một ngôi sao, cũng vẫn chưa đủ cơ sở vững chắc. Rất may

là một giải pháp tốt hơn đang chờ sẵn: câu trả lời của Maxwell. Một số thực thể trong tự nhiên, đặc biệt là các hạt ở quy mô nguyên tử và hạ nguyên tử, dao động với tần số không bao giờ, không bao giờ thay đổi. Hay chí ít là sự thay đổi của chúng quá bé để có thể đo được.

Quartz, như đã đề cập tới trong chương trước, là một ví dụ. Giây đếm bởi một đồng hồ quartz là một giây luôn chính xác, và có giây chính xác tức là có phút chính xác, giờ chính xác, và ngày chính xác.

Nhưng tương tự như việc lấy con người và chuyển động hành tinh làm cơ sở cho độ dài (mà Maxwell chỉ trích), việc lấy quartz làm cơ sở đo thời gian chỉ phục vụ được nhu cầu của người tiêu dùng mà không thỏa mãn được yêu cầu của các nhà khoa học hay các viện đo lường. Để giải quyết vấn đề này, các tiêu chuẩn thời gian và thiết bị đo buộc phải cải tiến, và đây là lý do đồng hồ nguyên tử ra đời.

Đồng hồ nguyên tử có cùng nguyên lý hoạt động với đồng hồ quartz – dựa trên dao động ở tần số cố định và có thể đo lường được của một vật chất tự nhiên. Ở tinh thể quartz, tính chất dao động với tần số xác định trong điện trường và dễ đo là lý do nó được ưa chuộng như thế. Dao động của một nguyên tử là một hiện tượng vi tế hơn, trong đó một electron chuyển động xung quanh hạt nhân của một nguyên tố cho trước nhảy từ quỹ đạo này lên quỹ đạo khác, hay nói cách khác là thực hiện một bước nhảy lượng tử. Khoa học thế kỷ XIX đã biết rằng khi electron thay đổi trạng thái năng

lượng, nó sẽ hấp thụ hoặc phát ra một bức xạ điện từ với tần số nhất định.

Bức xạ tạo ra từ sự dịch chuyển electron như trên luôn có một tần số duy nhất, không bao giờ thay đổi, và do đó có thể sử dụng để làm cơ sở đếm thời gian. Các nguyên tắc cơ bản đã được chứng thực tại Mỹ năm 1949 ở thiết bị ma-de (tiền thân của laze), sử dụng phân tử amôniắc.

Đồng hồ nguyên tử đầu tiên được phát minh vào năm 1955 bởi một người Anh tên là Louis Essen cùng cộng sự của mình là Jack Parry. Đồng hồ của họ được chế tạo dựa trên hiện tượng dịch chuyển electron trong kim loại xesi. Xesi là một lựa chọn bất ngờ: đây là kim loại mềm nhất trong tất cả các kim loại, có trạng thái lỏng ở gần nhiệt độ phòng, một chất màu trắng ánh kim tự bắt cháy trong không khí và phát nổ khi tiếp xúc với nước. Tuy nhiên nó lại là một nguyên tố vô cùng hữu dụng do bức xạ mà nó phát ra có một tần số ổn định, không đổi và vào năm 1967, sau nhiều áp lực từ phía Louis Essen và Phòng thí nghiệm Vật lý Quốc gia của Anh, các nhà khoa học ở Sèvres đồng ý dùng nó làm cơ sở để định nghĩa giây.

Và đó là định nghĩa sử dụng trong hiện tại, một định nghĩa khá đơn giản: *một giây là 9.192.631.770 chu kỳ tại tần số vi sóng của bức xạ ứng với sự chuyển tiếp giữa hai mức trạng thái cơ bản siêu tinh tế của nguyên tử xesi-133*. Con số mười chữ số trong định nghĩa trông có vẻ đáng sợ nhưng không có nhà đo lường học chân chính nào lại không biết, và người ta

thường đùa rằng đó là số điện thoại của ai đó ở Mỹ, vì đúng là nó có vẻ giống một số điện thoại của Mỹ.

Đồng hồ xesi hiện ở khắp mọi nơi, tuy vẫn còn khá cồng kềnh và đắt đỏ. Theo một thông tin, trên thế giới có tổng cộng 320 chiếc, tất cả được đồng bộ với nhau - các đồng hồ chủ ở Mỹ cứ 12 phút lại được đối sánh một lần để loại trừ các sai lệch cỡ nano-giây. Sau đó chúng còn được đối sánh với một tập hợp các đồng hồ còn chính xác hơn gọi là đồng hồ vòi phun xesi. Có mười hai đồng hồ kiểu này, trong đó laze được dùng để khuấy động các nguyên tử xesi bên trong một bể chứa bằng thép và nhờ vậy cho mức chính xác cao hơn các đồng hồ xesi đơn giản.

Ở Mỹ, các đồng hồ chủ nằm tại Maryland và Colorado, hệ thống GPS - hệ thống định vị bằng thời gian mô tả ở chương 8 - nhận dữ liệu thời gian từ không dưới 57 đồng hồ xesi nằm tại Cơ quan Quan trắc Hải quân<sup>[\*]</sup> ở Washington, DC. Các đồng hồ này được bổ trợ bởi 24 đồng hồ khác đặt tại một nơi bảo vệ nghiêm ngặt là Căn cứ Không quân Schriever Colorado.

Những đồng hồ này và cả những đồng hồ mới hơn hiện đang được chế tạo hoặc kiểm nghiệm - đồng hồ ytecbi hiện đang được thí nghiệm tại Viện Tiêu chuẩn và Công nghệ Quốc gia ở ngoại ô Gaithersburg, Maryland là một ví dụ - đạt mức độ chính xác khó tin. Chẳng hạn, Viện Tiêu chuẩn Anh tuyên bố rằng nếu một đồng hồ xesi thông thường chính xác đến  $10^{-13}$  giây, một đồng hồ vòi phun xesi tinh

chỉnh với tên NPL-CSF2 có độ chính xác lên tới  $2,3 \times 10^{-16}$ , hay 0,000 000 000 000 000 23 giây.

Nói cách khác, một đồng hồ như thế có thể chạy 138 triệu năm mà không sai tới một giây.

Hiện nay các nhà khoa học đã bàn tới đồng hồ logic lượng tử và đồng hồ quang học với độ chính xác còn cao hơn nữa, một trong số đó được cho là chính xác tới  $8,6 \times 10^{-18}$  giây, tức là có thể chạy chính xác liên tục *một tỷ năm*. Việc lấy một đồng hồ quả quýt ra khỏi túi và trùm mền chỉnh giờ cho nó có lẽ sẽ biến mất ngay cả trong trí tưởng tượng của con người.

**ĐO THỜI GIAN HIỆN** đã trở thành một lĩnh vực đặc biệt thu hút chú ý - cũng như thu hút tiền đầu tư, thiết bị, và nhân lực khoa học - vì một lý do đơn giản mà mọi nhà đo lường học đều thừa nhận, thời gian là *nền tảng của tất cả mọi thứ*. “Tất cả mọi thứ” ở đây bao gồm cả lực hấp dẫn. Trong hai chiếc đồng hồ để bàn chênh lệch 5cm về độ cao, một giây ở chiếc cao hơn sẽ dài hơn một giây của chiếc còn lại một chênh lệch cực nhỏ, gần như không thể đo được, nhưng là một chênh lệch có thật. Nguyên nhân là chiếc đồng hồ cao hơn cách xa tâm Trái Đất hơn và chịu một lực hấp dẫn yếu hơn.

**MỐI LIÊN HỆ GIỮA THỜI GIAN** và lực hấp dẫn đã được chứng minh. Ở Trung Quốc - nơi đang diễn ra nhiều nghiên cứu quan trọng về bản chất thời gian - điều này thú vị theo một cách bất ngờ. Các nhà đo lường học làm việc trong các phòng thí nghiệm tối tân và dồi dào kinh phí ở Bắc Kinh có một niềm vui nhỏ: đứng ngoài cửa tòa nhà là một món

quà từ viện đo lường chính của nước Anh, Phòng thí nghiệm Vật lý Quốc gia ở Teddington, Tây London.

Một cây táo non.

Vẻ ngoài của nó hết sức bình thường - chỉ là một cây trong nhiều cây khác. Nhưng đây lại là một cây táo đặc biệt. Nếu mùa hè Bắc Kinh ấm và không quá khô hạn, cây sẽ cho ra quả thuộc giống Flower of Kent, một quả giòn, mọng, và chua. Nhưng cây táo này không đặc biệt vì quả của nó mà vì tổ tiên của nó.

Thế hệ trước của cây táo này lớn lên từ một cành ghép vào những năm 1940 tại một trạm nghiên cứu cây ăn quả miền nam London, và cành đó được cắt từ một cây tại vườn của một tu viện trong Buckinghamshire, trồng vào những năm 1820. Cây này lại bắt nguồn từ một cây táo lớn bị đánh đổ khi một trận bão lịch sử tàn phá Trang viên Woolsthorpe tại Lincolnshire, cách đó một quãng về phía Bắc.

Và Trang viên Woolsthorpe là nhà của Sir Isaac Newton. Lincolnshire là nơi Newton ở sau khi di tản từ Cambridge năm 1666 và cũng là nơi mà vào mùa hè của *annus mirabilis* (năm kỳ diệu) đó ông nhìn thấy một quả táo rơi từ trên cây. Chính tại đây, khi ngẫm nghĩ về thứ khiến quả táo rơi, mà ông đã khám phá ra lực hấp dẫn, một lực tác động lên cây táo khiêm nhường kia và lên cả những sự chuyển động và khoảng cách của mặt trăng khi nó quay xung quanh Trái đất.

Và cây táo của Newton - hay chính xác hơn là hậu duệ của nó - đang đơm hoa kết trái trong một khu vườn Bắc

Kinh, gần nơi chôn cất của các Hoàng đế triều Minh, nhìn ra Vạn Lý Trường Thành quanh co trên những rặng núi, nơi thể hệ nhà khoa học mới nhất của Trung Quốc đang khẳng định tham vọng của họ bằng cách tính toán tác động của lực hấp dẫn lên sự di chuyển của thời gian.

Nói cách khác, họ đang tìm cách chứng minh mối liên hệ giữa một bên là thế lực bí ẩn khiến tất cả chúng ta dính chặt vào Trái Đất và bên kia là nhịp độ cơ bản của thời gian, nền tảng cho mọi phép đo lường và của công nghệ chính xác – động cơ của thế giới hiện đại.

## LỜI CẢM ƠN

Trong ít nhất bảy thế kỷ qua, mặt đĩa đồng trang trí của thước trắc tinh (astrolabe) được gọi là “rete”. Từ này trong tiếng Latin có nghĩa là “mạng lưới”, và dùng từ “rete” ở đây là hoàn toàn hợp lý vì mặt của thước trắc tinh cổ trông giống như một lưới kim loại được phủ lên một hệ bánh răng và bánh xe cầu tạo nên dụng cụ thiên văn cổ đại này.

Ngày nay, từ “rete” vẫn được dùng trên Internet để chỉ một danh sách e-mail do Bảo tàng Lịch sử Khoa học Oxford nắm giữ và kết nối với một mạng lưới những người đam mê các chủ đề tương quan trên toàn cầu như đo lường, thiết bị khoa học (đương nhiên bao gồm cả thước trắc tinh và cung hành tinh), cũng như quang học, máy mật mã, và hai khái niệm cạnh tranh chính xác và chuẩn xác. Tôi gia nhập danh sách này vào năm 2016 với một câu hỏi rụt rè rằng tôi đang viết một quyển sách về lịch sử công nghệ chính xác, liệu ai đó ở đây có gợi ý nào không?

Chao ôi! Tôi ngay lập tức nhận được la liệt phản hồi từ khắp nơi trên thế giới, từ Potsdam đến Padua, từ Puerto Rico đến Pakistan; một đội quân hùng hậu các bộ óc đam mê khoa học cho tôi lời khuyên, gửi cho tôi sách cũng như đường dẫn đến các công trình nghiên cứu học thuật, lời mời tới các hội nghị, và tên của hàng chục yếu nhân trong thế giới công nghệ chính xác.

Thế nên, nhiệm vụ đầu tiên của tôi là cảm ơn những người đã khởi xướng và duy trì danh sách e-mail rete và

Người đã khơi xưởng và duy trì cuốn sách C-MAN 1000 và rất nhiều “retian” đã giúp tôi trong những bước đi đầu tiên. Rất nhiều cái tên dưới đây là những chuyên gia và người hâm mộ nghiệp dư mà tôi làm quen qua rete@mailist.ex.ac.uk, tất cả đều nhiệt tình hỗ trợ theo nhiều cách lớn nhỏ. Họ là:

Silke Ackermann, Chuck Alicandro, Paul Bertorelli, Harish Bhaskaran, John Briggs, Stuart Davidson, Michael de Podesta, Cheri Dragos-Pritchard, Bart Fried, Melissa Gafe, Siegfried Hecker, Ben Hughes, David Keller, John Lavieri, Andrew Lewis, Mark McEachern, Rory McEvoy, Graham Machin, Diana Muir, David Pantalony, Lindsey Pappas, Ian Robinson, David Rooney, Christoph Roser, Brigitte Ruthman, James Salsbury, Douglas So, Peter Sokolowski, Konrad Steffen, Martin Storey, William Tobin, James Utterback, Dan Veal, Scott Walker.

Nhiều người trong số này, cũng như những người khác, nhanh chóng quả quyết việc đầu tiên tôi phải làm là liên hệ với hai chuyên gia hàng đầu trong lĩnh vực công nghệ chính xác: Pat McKeown của Đại học Cranfield miền Nam nước Anh, và Chris Evans của Đại học Bắc Carolina Charlotte. Tôi đã tới gặp trực tiếp cả hai và đều nhận được rất nhiều hỗ trợ quý báu. Quyển sách này sẽ không thể thành hình nếu không có sự giúp đỡ và động viên của họ, và tôi xin cảm ơn cả hai. Tất cả các sai sót và nhầm lẫn đương nhiên hoàn toàn đến từ phía tôi.

Trong quá trình nghiên cứu, tôi đã ghé thăm các viện đo lường quốc gia ở Anh, Nhật Bản, Trung Quốc, và Hoa Kỳ.

Tôi xin gửi lời cảm ơn tới Paul Shore, Laura Childs và Sam Gresham ở Phòng thí nghiệm Vật lý Quốc gia ở Teddington, tới Gail Porter, Chris Oates và Joseph Tan ở Viện Tiêu chuẩn và Công nghệ Quốc gia ở Gaithersburg; tới Kelly Yan ở Viện Đo lường Quốc gia khu Changing, Bắc Kinh, tới Toshiaki Asakai và Kazuhiro Shimaoka ở Viện Đo lường Quốc gia Nhật Bản ở Tsukuba, cũng như cảm ơn những lời khuyên quý báu của Giáo sư Masanori Kunieda của Đại học Tokyo.

Tôi nhận được sự hỗ trợ nhiệt tình từ các nhà khoa học NASA và cộng sự tham gia vào việc chế tạo hai Kính viễn vọng Không gian Hubble và James Webb, trong đó có Mark Clampin và Lee Feinberg ở Trung tâm Không gian Goddard, Eric Chaisson ở Harvard, và Matt Mountain ở AURA.

Ngoài ra, tôi xin trân trọng cảm ơn Richard Wray, Chloe Walters và Bill O'Sullivan ở Rolls-Royce tại Derby, Billi Carey của Rolls-Royce Silver Ghost Society; Mark Johnson, Andrew Nahum, Ben Russell, Jim Bennett và Jenni Fewery ở Bảo tàng Khoa học, London, Jelm Franse ở ASML tại Eindhoven (cũng như bạn tôi, Toni Tack vì đã đón tiếp tôi tại Hà Lan trong chuyến đi này); John Grotzinger và Ed Stolper ở Caltech; Steve Hindle ở Thư viện Huntington tại Pasadena (nơi tôi từng sống một thời gian ngắn trong tiện nghi đáng kể với tư cách là một học giả); Richard Ovenden, Thủ thư của Bodley (và có một trong những văn phòng tuyệt vời nhất thế giới) ở Oxford, Fred Raab và Michael Landry ở LIGO Hanford, Jessica Brown ở Northron

Michael Landry ở Leica, Maruza, Jessie Brown ở Kestrel Cup

Grumman, Keiko Naruse và Takashi Ueda ở Seiko, Stefan Daniel ở Leica và đồng nghiệp làm báo cũ của tôi Chris Angeloglou, một nhà sưu tầm Leica đáng gờm.

Stephen Wolfram và đồng nghiệp của anh, Amy Young, với vốn kiến thức uyên bác về các dụng cụ đo lường chính xác, cũng cho tôi những tư vấn bổ ích (và bánh quy Giáng Sinh từ Amy). Jeremy Bernstein, chuyên gia hạt nhân, cho tôi biết nhiều điều về plutoni. Max Whitby, một người bạn 40 năm, đem lại nhiều kiến thức lý thú về thế giới của công nghệ nano. Hiệu trưởng ngôi trường cũ của tôi tại Oxford Roger Ainsworth, hóa ra là thành viên chủ chốt của Nhóm Nghiên cứu Làm mát Cánh quạt Rolls-Royce và các ký ức của ông là một nguồn thông tin giá trị. Ann Lawless ở Bảo tàng Công nghệ chính xác Mỹ, Windsor, Vermont đã ủng hộ quyển sách này ngay từ đầu. Cũng xin cảm ơn tác giả Witold Rybczynski và nhà làm phim Nathaniel Kahn vì đã quan tâm và động viên.

Con trai tôi, Rupert Winchester, một độc giả sắc sảo và nhiệt tình, đã cho tôi nhiều nhận xét quý báu về bản thảo gần hoàn chỉnh của quyển sách này, cũng như với hầu hết các tác phẩm khác của tôi.

Tôi không thể tả hết tầm quan trọng của biên tập viên mới của tôi ở Harper Collins, Sara Nelson, người đã dùng kinh nghiệm nhiều năm để xem bản thảo của tôi và biến nó thành một tác phẩm hoàn chỉnh mà tôi có thể tự hào. Làm việc với chị là một niềm hân hạnh và tôi tin sự thông hiểu mà chúng tôi đã xây dựng được sẽ còn duy trì nhiều

năm tới. Irợ lý của chị, Daniel Vazquez và kế nhiệm của anh trong những tuần cuối cùng trong quá trình ra đời quyển sách, Mary Haule, là những cộng sự tuyệt vời và xứng đáng với sự tín nhiệm của Sara. Tương tự ở London, biên tập viên của tôi tại Harper Collins, Arabella Pike: chúng tôi mới quen nhau - nhưng việc chị đã mua cho con trai mình một bộ khói Jo làm quà giáng sinh sau khi đọc những dòng viết của tôi về khói Jo là tín hiệu về một tình bạn thắm thiết, lâu dài đang hình thành.

Xin gửi lời cảm ơn tới đại diện của tôi ở William Morris Endeavor, Suzanne Gluck ở New York và Simon Trewin ở London. Sự kiên trì và nhẫn nại của anh chị đã trở thành huyền thoại, và tôi hết sức biết ơn vì những lợi ích mà điều đó đã đem lại cho tôi, và hơn thế nữa, về tình bạn mà tôi tin sẽ còn tồn tại mãi.

Cuối cùng, cảm ơn vợ tôi, Setsuko, vì đã đóng góp những ý kiến hiếm có về quan hệ giữa công nghệ chính xác và kỹ nghệ thủ công đặc biệt ở Nhật Bản... cũng như vì đã nhiệt tình ủng hộ quyển sách này. Lòng cảm tạ của tôi với nàng là vô hạn.

Simon Winchester  
Sandisfield, Massachusetts  
Tháng 3 năm 2018

← Một trăm thành viên của ngành nghề tương đối hiếm này chuyên chế tạo các dụng cụ thủy tinh rất tinh tế và phức tạp, chủ yếu sử dụng trong các phòng thí nghiệm hóa học. Họ có tạp chí ngành riêng, *Fusion*; tổ chức hội thảo và còn có một người hùng, Mitsugi Ohno, một người Mỹ nhập cư gốc Nhật, đến khi qua đời vào năm 1999 ở tuổi 73, ông chủ yếu làm việc cho Đại học Bang Kansas và sở hữu một bộ sưu tập các mô hình tàu và tòa nhà biểu tượng của nước Mỹ bằng thủy tinh khổng lồ và đầy chi tiết, hiện vẫn nằm trong khuôn viên trường ở Manhattan. Ohno được biết đến nhiều nhất vì đã phát minh ra phương pháp thổi chai Klein, một hình khối uốn ngược mà chỉ có một bề mặt duy nhất, tương tự như phiên bản ba chiều của dải Möbius. (TG)

← Dù T.S. Eliot vẫn dùng từ *precision* theo nghĩa “chia cắt, tách rời” trong bài thơ “Rhapsody on a Windy Night” (tạm dịch: Khúc cuồng tưởng trong một đêm trời gió) mà ông viết vào năm 1917:

“Whispering lunar incantations  
Dissolve the floors of memory  
And all its clear relations,  
Its divisions and precisions...”

(Tạm dịch:

Tụng câu thần chú dưới ánh trăng  
Làm tan đi mọi tầng ký ức  
Xóa luôn cả các mối ràng buộc  
Cùng những ranh giới lẩn sự tách rời.) (ND)

← Đo đạc là yếu tố quan trọng trong việc sản xuất gần như tất cả mọi thứ. Tiếng Anh thường dùng từ *how* - một trạng từ gần như vô hình nhằm xác định *giới hạn* và *mức độ* của một thứ gì đó bằng cách đặt câu hỏi. *Dài chừng nào, to chừng nào, cạnh thẳng chừng nào, mặt cong chừng nào, cứng chừng nào, khớp chừng nào?* Người Ai Cập cổ đại là những người đầu tiên đưa ra định nghĩa về những đơn vị đo như vậy, họ dùng *cubit* để chỉ chiều dài cẳng tay của pharaoh. Các nhà khoa học ngày nay đã thống nhất với nhau rằng người Ai Cập cổ đại chính là những bậc thầy trong việc đo lường. Kể từ đó, các nền văn minh khác đã lấy các thuộc tính của con người làm đơn vị đo - chiều dài ngón tay cái hay bàn chân, quãng đường đi một nghìn bước, khoảng thời gian dùng để di chuyển trong một ngày - để thiết lập cơ sở cho các thang đo: cố định như inch, pound, grave hay catty, hoặc các đơn vị khác biến đổi tùy bối cảnh như đơn vị đo khoảng cách của người Trung Quốc: lý sẽ thay đổi tùy xem con đường là dốc hay bằng phẳng. Rồi người Pháp sáng tạo ra *système métrique* theo hệ thập phân rất mực ngay ngắn, và không lâu sau xuất hiện Hệ Đo lường Quốc tế, được biết tới rộng rãi hơn với cái tên SI, một hệ đơn vị không xuất phát từ những vật thể tự nhiên thường thấy và được cả quốc tế công nhận (đã được sử dụng chính thức ở mọi quốc gia trừ Myanmar, Liberia và Mỹ). Nó xác định bảy đơn vị đo lường cơ bản: chiều dài (mét), khối lượng (kilôgam), thời gian (giây), cường độ dòng điện (ampe), nhiệt độ nhiệt động học (kelvin), lượng vật chất (mol) và cường độ sáng

(candela). Để câu chuyện không bị phân tán, tôi sẽ tiết lộ nhiều bí ẩn của lịch sử phát triển đo lường ở cuối cuốn sách này. (TG)

← Năm 1916, người ta lần đầu tiên chính thức sử dụng khái niệm dung sai, định nghĩa nó là “biên độ sai số cho phép” trong việc vận hành máy mỏc. Năm 1868, một báo cáo về việc đúc tiền quốc tế của Anh đã sử dụng cụm từ đặc biệt này khi nhấn mạnh rằng trong việc đúc các đồng xu vàng, “biên độ sai số trong quá trình đúc tiền... được gọi là sự khắc phục hoặc dung sai... lên tới 15 grain đối với độ mịn,  $\pm 1/16$  carat.” (TG)

← Khuôn giày chính xác, được tạo ra từ một cái máy do Thomas Blanchard ở Springfield, Massachusetts, thiết kế vào năm 1817. Đây là một phần trong câu chuyện về công nghệ chính xác ở Mỹ, mà tôi sẽ kể cho các bạn ở Chương 3. (TG)

← Cả các nhà thiên văn học thuộc giai đoạn Hy Lạp cổ (Classical Greek) lẫn Hy Lạp hóa (Hellenistic Greek) sau này (chú thích BTV: hai giai đoạn này đều thuộc thời kỳ Hy Lạp cổ đại, nhưng được phân cách với nhau bởi sự kiện Alexander Đại đế qua đời vào năm 323 TCN: giai đoạn Classical Greek kéo dài từ năm 510 TCN đến năm 323 TCN, giai đoạn Hellenistic Greek kéo dài từ năm 323 TCN đến năm 146 TCN) đều biết tới năm hành tinh khác, đó là: Sao Thủy (Mercury), Sao Kim (Venus), Sao Hỏa (Mars), Sao Mộc (Jupiter) và Sao Thổ (Saturn). Nhưng trong tiếng Hy Lạp, tên của các hành tinh này có hơi khác so với cách gọi của chúng ta, chúng lần lượt là: Hermes, Aphrodite, Ares, Zeus và Cronos, còn từ *planet* (hành tinh) là Greek, có nghĩa là “kẻ lang thang”, bởi vì trong mắt họ, các thiên thể đang đi lang thang trên bầu trời theo cách khác hẳn so với những ngôi sao đằng sau chúng. (TG)

← Một khi đất liền đã khuất khỏi tầm mắt, thủy thủ đoàn sẽ không có phương tiện nào để xác định vị trí chính xác của họ. Để xác định họ đang ở vĩ độ nào hay khoảng cách đến xích đạo từ phía Bắc hoặc phía Nam rất dễ, chỉ cần đo độ cao của mặt trời so với mực nước biển vào giữa trưa hoặc sao Bắc cực vào buổi đêm (ở Bán cầu Bắc). Tuy nhiên, để xác định *kinh độ* hay khoảng cách từ bến cảng mà con tàu nhỏ neo đi về phía Đông hoặc phía Tây khó hơn nhiều. Các kinh tuyến đánh dấu sự chênh lệch thời gian giữa các địa điểm, do cứ 24 giờ, Trái Đất quay một vòng 360 độ nên mỗi giờ tương ứng với một kinh tuyến và hai kinh tuyến lân cận cách nhau 15 độ. Nhưng chúng ta chỉ có thể tính được sự chênh lệch thời gian và kéo theo đó là kinh độ nếu con tàu đang lênh đênh trên biển biết được khoảng thời gian quay về cảng ban đầu (thời gian tại vị trí hiện tại của tàu có thể xác định tương đối dễ dàng thông qua mặt trời và sao). Và việc một chiếc đồng hồ có thể liên tục đo được chính xác khoảng thời gian này (trên một con thuyền bị bão biển quăng quật, đi qua những khu vực nóng bức và lạnh giá khắc nghiệt, mà chiếc đồng hồ không bao giờ được phép chết) là điều không tưởng đối với một hoa tiêu trong giai đoạn đầu thế kỷ XVIII.

← Theo một truyền thuyết ở Oxford, cây vĩ cầm này còn có tên là Le Messie (“Đấng cứu thế”), được giữ nguyên vẹn và chưa được chơi lần nào cho tới khi một người đàn ông đến từ một tiểu bang thuộc miền Nam nước Mỹ khăng khăng đòi được chơi nó và khóc tức tưởi khi bị từ chối. Người quản lý đã mủi lòng và đưa vị khách vào phòng, khóa trái cửa lại cùng chiếc đàn trong 15 phút. Trong khoảng thời gian ấy, một thứ nhạc du dương tuyệt trần mà không một ai trong bảo tàng từng được nghe trước đó đã xuyên qua cánh cửa, khiến ai nấy nghe được cũng đều hạnh phúc. (TG)

← Người phục chế (và gắn số hiệu) cho các đồng hồ Harrison là Rupert Gould, ông có chút lập dị, cao trên 1m90, miệng hay ngậm tẩu thuốc, ông từng là sĩ quan Hải quân Hoàng gia Anh, làm phát thanh viên dễ mến cho chương trình thiếu nhi, là học giả về những chủ đề huyền học, đôi khi còn đảm nhận vai trò trọng tài chính cho giải quần vợt Wimbledon, đồng thời là chuyên gia về quái vật hồ Loch Ness. Ông còn nổi tiếng với những cơn nóng giận trong say xỉn và bạo lực, một số trận suy sụp tinh thần thậm tệ, và những xu hướng tình dục lạ lẫm, tất cả đều lên đến đỉnh điểm khiến giọt nước tràn ly, dẫn đến cuộc ly hôn gây xôn xao dư luận vào năm 1927. Ông đã viết và vẽ minh họa cho một tác phẩm kinh điển nói về đồng hồ đi biển vào năm 1923 (hiện vẫn còn được in) và không lâu sau thuyết phục được Đài Quan trắc Hoàng gia đem các đồng hồ Harrison lên, khi chúng đang nầm hao mòn ở một tầng hầm có ít người ghé qua. Ông đã làm cho H1 hoạt động trở lại sau 165 năm. Công tác phục chế ngắn mất mười năm cuộc đời của ông, một cuộc đời được tưởng nhớ trong một bộ phim truyền hình năm 2000, *Longitude* (Kinh độ), trong đó diễn viên đảm nhận đóng vai ông là Jeremy Irons.

← Với một chặng dừng nằm ngoài kế hoạch ở Madeira để thay thế nguồn cung bia bị nhiễm độc trên tàu. (TG)

← Ở thời của Wilkinson, Đại Anh (Great Britain) là một quốc gia non trẻ và hiếu chiến, đắm chìm trong hàng loạt cuộc xung đột như Cuộc chiến Cái tai của Jenkins (với Tây Ban Nha); Chiến tranh Kế vị Áo (với Pháp); Chiến tranh Bảy Năm (với cả Pháp và Tây Ban Nha); Chiến tranh Cách Mạng Hoa Kỳ; Chiến tranh Anh-Hà Lan lần thứ tư; và Chiến tranh Napoleon (khi Ireland hợp nhất vào Anh và Scotland để lập nên Vương quốc Liên Hiệp Anh [UK]). Đại bác của Wilkinson được sử dụng trong hầu hết các trận chiến lớn. (TG)

← Trị giá giải thưởng tương đương giá của một chiếc xe Mercedes cũ nhỏ ngày nay. (TG)

← Một trong những người công nhận tài năng của người đàn ông trẻ gốc Yorkshire là một bác sĩ phẫu thuật tên là John Sheldon, một chuyên gia ướp xác, được cho là người London đầu tiên bay trên khinh khí cầu và du hành đến Greenland để thử nghiệm kỹ thuật bắt cá voi mới bằng lao móc tẩm nhựa độc.

← Song ông không bỏ hết trứng vào một giỏ, mà phát minh thêm một thiết bị cho phép cắt cùng lúc nhiều ngòi bút từ một chiếc lông ngỗng duy nhất. Nếu chiếc bút máy ngòi kim loại với bộ tiếp mực b López băng cao su không được đón nhận nhiệt liệt, ông luôn có thể viện tới phương án dự phòng là phiên bản sản xuất hàng loạt của cây bút lông ngỗng truyền thống. (TG)

← Cả Bentham và Brunei đều có những người họ hàng nổi tiếng hơn nhiều. Anh trai của Samuel là Jeremy Bentham, triết gia, luật gia, nhà cải cách xã hội lừng danh, với di thể mặc nguyên bộ quần áo - *auto-icon* - và ngồi trên một chiếc ghế đặt tại Đại học London. Con trai của Brunei có cái tên ấn tượng là Isambard Kingdom Brunel, người xây dựng vô số công trình thời Victoria vẫn tồn tại đến nay, một nhân vật được công chúng yêu mến, xếp cùng hàng ngũ với Nelson, Churchill và Newton. (TG)

← Một cụm ròng rọc có bốn cấu phần cơ bản: vỏ gỗ, bánh đai gỗ cứng, chốt để giữ bánh bên trong vỏ, và ống lót trực (trong bằng sáng chế gọi là “cái chêm”) để giảm hao mòn chốt. Tất nhiên, cả bốn phần đều phải làm việc mỗi khi dây thừng trượt trên bánh đai để nâng bất kỳ thứ gì mà thủy thủ lúc đó cần nâng. Chỉ riêng vỏ đã cần đến bảy thao tác riêng biệt để chế tạo: cắt một thanh gỗ du thành các lát; cắt các lát gỗ thành hình chữ nhật; khoan lỗ vào lát để có chỗ cắm chốt; cắt lỗ mộng để đưa bánh đai vào; cắt góc và vát cạnh; cắt cong, tạo hình và đánh nhẵn bề mặt; cuối cùng là khía rãnh trên mặt để đặt thừng cố định cụm. Tiếp đó là sáu thao tác riêng rẽ cần thực hiện với bánh đai, bốn thao tác cho chốt, thêm hai thao tác cho lót trực. Toàn bộ tổ hợp phải được lắp ráp, làm nhẵn và chuyển đi lưu kho. (TG)

← Maudslay tôn sùng Napoleon như một “vị anh hùng lý tưởng”, và sưu tầm tất cả các tác phẩm nghệ thuật về ông. Theo James Nasmyth, một kỹ sư danh tiếng và là đồng nghiệp của Maudslay, Maudslay đặc biệt ngưỡng mộ Napoleon Đại đế vì đã cho khởi công các công trình công cộng vĩ đại (đường xá, kênh rạch, nhà tưởng niệm, ngân hàng, sàn giao dịch chứng khoán Pháp). (TG)

← Hoàn toàn tình cờ là vị Thủ tướng đưa ra luật này, Spencer Perceval, bị ám sát tám tuần sau khi luật được ban hành. Cũng tình cờ là luật này được thông qua dưới danh nghĩa của Vua George III, sau đó bị tuyên bố là mất trí và phế truất. Thế kỷ XIX khởi đầu trong hỗn loạn, với sự xuất hiện của công nghệ chính xác và một số công nhân vì thế mà mất việc, đồng thời các cuộc nổi loạn nổ ra ở nhiều nơi trong nước. Nhưng nguyên nhân chính không đến từ công nghệ mới. Chẳng hạn, kẻ ám sát vị Thủ tướng có tư thù liên quan đến nợ nần ở Nga. Hắn bị treo cổ vì tội này và Perceval là Thủ tướng duy nhất của Anh bị ám sát cho tới nay. (TG)

← Từ *hơi* (steam) theo nghĩa bóng phải mười năm sau mới đi vào tiếng Anh, khi Benjamin Disraeli, lúc ấy 23 tuổi, sử dụng nó trong cuốn tiểu thuyết đầu tay của ông, *Vivian Grey*. Việc nghĩa bóng của *hơi* được sử dụng trong các tác phẩm văn học cho thấy ở thời kỳ non trẻ của Cách mạng Công nghiệp, nó được sử dụng hoàn toàn theo nghĩa đen. Chính Disraeli cũng hưởng lợi từ cuộc cách mạng này, tuy sau đó ông chuyển sang viết lách để kiếm tiền, nhưng nó cũng khiến ông rơi vào thảm cảnh khi đầu tư vào đường sắt Nam Mỹ. (TG)

← Sự cạnh tranh giữa người Anh và người Pháp đã diễn ra dai dẳng trong nhiều thế kỷ, mở rộng sang cả địa hạt chiến tranh, cũng như trong lĩnh vực ẩm thực và sản xuất ô tô. Người Anh không ưa gì việc Griebeauval chôm chĩa công trình của John Wilkinson, còn người Pháp cũng không kém phần khó chịu khi từ *shrapnel* (đạn mảnh) được lấy tên của Ngài Henry Shrapnel, tác giả của thứ vũ khí chết chóc bậc nhất này, một loại đạn pháo bắn văng các mảnh kim loại sau khi nổ. Người phát minh ra nó thực ra không phải là Ngài Henry của nước Anh mà là một người Pháp tên là Bernard Forest de Bélidor với sự trợ giúp của M. de Griebeauval nói trên. (TG)

← New England là nơi tập trung phần đông số thợ làm súng, chủ yếu vì đây là khu vực đầu tiên của lục địa mà người châu Âu tới định cư với mật độ đông đúc, có nhiều sông suối và thác nước giúp cung cấp năng lượng để chạy máy tiện sơ khởi và các dụng cụ xoay. Tuy dựa trên mô hình súng của châu Âu, vũ khí của New England thường có nòng dài hơn, đặc điểm bắt nguồn từ thương mại giữa dân nhập cư và dân Anh-điêng bản địa. Hàng hóa chính mà người Anh-điêng cung cấp là da hải ly, và theo thông lệ, một khẩu súng hỏa mai sẽ đổi lấy được một bộ lông hải ly dài tương đương nòng súng. (Một trong những hàng sản xuất súng tư nhân lâu đời nhất đã sản xuất những khẩu súng như thế là Robbins and Lawrence Company ở Windsor, Vermont, các tòa nhà của nó vẫn được bảo tồn cẩn thận và gần đây trở thành Bảo tàng Chính xác Mỹ.)  
(TG)

← Những cải tiến của quá khứ có vẻ tầm thường so với sự tinh xảo của công nghệ hiện đại, nhưng chúng lại đóng vai trò quan trọng trong sự phát triển của công nghệ chính xác. Những cải tiến của John Hall thuộc loại này: ông thay đổi cách đẩy chi tiết gia công ra khỏi máy phay sao cho khuôn đúc không bị thay đổi nhiệt độ đột ngột và mất tính đàn hồi. Ông cũng thiết kế gá kẹp, một thiết bị có tác dụng cố định vị trí chi tiết gia công trong quá trình phay, đảm bảo nó được cắt với độ chính xác cần thiết. Đây là điều kiện cơ bản để các cấu phần khớp nối với nhau. (TG)

← Khả năng đồng bộ các đồng hồ trong nhà tôi với đồng hồ nguyên tử dùng làm chuẩn thời gian cho toàn bộ Hợp chúng quốc Hoa Kỳ là một ví dụ của tính truy vết. Đây là một khái niệm nền tảng của công nghệ chính xác mà những nhà sản xuất đồng hồ, súng, cụm ròng rọc của thế kỷ XIX chưa biết tới, nhưng không thể thiếu ngày nay. Các viện đo lường học trên thế giới đều đề cao tính truy vết, mà tôi sẽ mô tả ở lời bạt. (TG)

← Cũng chính là tổ chức mà tại đó 60 năm trước, Joseph Bramah lần đầu tiếp xúc với những thách thức của nghề làm khóa và chế tạo ra một ổ khóa mà ông cho rằng không thể cạy nổi. Ổ khóa này cuối cùng đã được cạy ở triển lãm 1851. (TG)

← Tác giả thật sự của ý tưởng Đại Triển Lãm là Henry “Old King” Cole, một công chức người Anh có năng lực và vốn hiểu biết đáng nể. Một trong những thành tựu của Cole là việc thiết kế ra chiếc tem thư đầu tiên trên thế giới, “Penny Black”. Cole cũng là người khởi xướng truyền thống gửi thiệp Giáng Sinh vào tháng 12 (ông tự in thiệp của mình). Dưới cái tên Felix Summerly, bộ đồ trà sứ của ông đã thắng giải trong Triển lãm Hiệp hội Nghệ thuật 1845. Cole cũng biết rõ Hoàng tế Albert và đã thuyết phục Ngài bỏ ngoài tai những kẻ bảo thủ trong triều đình để bảo trợ cho dự án vô cùng tham vọng này. (TG)

← Các nhà từ điển học xác nhận như sau: Nghĩa chính xác nhất của cụm từ “cutting edge” trong tiếng Anh là “cạnh sắc của một lưỡi dao, dùng để cắt” được lưu hành từ năm 1825; còn nghĩa bóng của nó là “giai đoạn mới nhất, tiến bộ nhất trong quá trình phát triển của một thứ gì đó”, lần đầu xuất hiện trong một ấn phẩm xuất bản vào tháng 7 năm 1851, cùng năm diễn ra Đại Triển Lãm, trên một cuốn tạp chí của Mỹ tên là *The National Era*.

← Bức màn sắt (Iron Curtain): Biên giới vật lý lẫn tư tưởng mang tính biểu tượng chia cắt châu Âu thành hai khu vực riêng rẽ từ cuối Thế chiến II (năm 1945) đến cuối Chiến tranh lạnh (năm 1991). (BTW)

← Edsel là một dòng xe của hãng Ford. Do những chiến lược sai lầm trong việc tiếp thị mà chiếc Edsel trở thành một thất bại đáng quên của Ford, là một thảm họa trong việc thiết lập thương hiệu, là ví dụ điển hình được mọi khóa học marketing ở Mỹ đưa ra làm nghiên cứu tình huống. Cũng giống như chiếc Camargue của Rolls-Royce, Edsel của Ford cũng được đầu tư một khoản chi phí khổng lồ cho khâu nghiên cứu và sản xuất, là một trong những dòng xe có giá thành đắt nhất thế giới nhưng doanh số bán ra thì ảm đạm. Chính vì những điểm tương đồng này mà tác giả ví chiếc Camargue là “Edsel vùng Crewe” - xưởng sản xuất của Rolls-Royce. (BTV)

← Đây phải chăng là vùng địa linh nhân kiệt? Nơi sinh của Royce, làng Alwalton thuộc Cambridgeshire, cũng là nơi sinh của Frank Perkins, cha đẻ của một nhãn hiệu động cơ diesel lừng danh sau đó 26 năm sau. Nhưng chỉ Henry Royce là được dựng bia tưởng niệm ở nhà thờ địa phương.  
(TG)

← Johnson luôn coi mình là “dấu nối” trong “Rolls-Royce”, vì ông là cha đõ đầu của Silver Ghost. Ông kiên định giữ quan điểm công ty chỉ nên sản xuất một dòng xe và sản xuất nó hoàn hảo nhất có thể. Việc ông đặt tên cho chiếc xe, đồng thời sáng lập Câu lạc bộ Ô tô Hoàng gia, và thậm chí có thể được coi là người đầu tiên đưa ô tô thành một loại phương tiện phổ biến ở Vương quốc Anh, cho thấy vai trò của ông quan trọng hơn nhiều một dấu nối đơn thuần. (TG)

← Nhiều năm sau, Ford cho người đi tìm chiếc van tự động mà trước đây ông từng tự chế cho động cơ này, mà theo trí nhớ của ông là được đánh số 345. Cuối cùng, họ cũng tìm được nó, bị hỏng và bị vứt lại trên một cánh đồng ở Pennsylvania. Để mừng sinh nhật thứ 60 của mình, Ford đã sửa lại và tân trang cỗ máy, khởi động nó và dùng nó để đập ngô lần nữa. Có một bí ẩn xoay quanh con số 345: Liệu “345” là nàng thơ khó quên của Ford hay chỉ đơn giản là con số mà ông muốn tự nhắc bản thân về chiếc van tự động từng chế ra cho động cơ năm xưa? Lịch sử công ty Ford chỉ để ngỏ vấn đề này mà không đưa ra lời giải đáp. (TG)

← Xoay quanh biệt danh này của Model T, có một số giả thuyết như sau: Người Mỹ thường đặt tên cho ngựa của họ là “Lizzie”, nên họ gọi Model T là “Tin Lizzie” để ví nó nhanh như ngựa. Một lý giải khác là: Trong những năm 1900, các đại lý xe hơi thường xuyên tổ chức các cuộc đua ô tô để quảng bá những chiếc xe mới của họ với công chúng. Chiếc Model T tham gia một cuộc đua như vậy vào năm 1922, với tên gọi “Old Liz”, nhưng vì nó không được sơn mà cũng không có mui xe, trông giống cái hộp thiếc nên người ta gọi nó là “Liz thiếc” (Tin Lizzzie). (BTV)

← Những thành tố cơ bản của dây chuyền sản xuất hàng loạt, đã được thiết lập trước đó tại các xưởng vũ khí ở Springfield và Harpers Ferry (dây chuyền sản xuất là một hiện tượng xuất phát từ Mỹ và thời điểm đó vẫn chưa xuất hiện ở châu Âu hay những nơi khác), đến thời điểm này cũng được đưa vào ngành sản xuất đồng hồ ở New England và tạo ra một cuộc cách mạng trong việc sản xuất ba sản phẩm tiêu dùng tiêu biểu bằng sắt thời đó: máy khâu, xe đạp và máy đánh chữ. Đối với những ngành này cũng như với ngành sản xuất ô tô mới của Ford, việc sử dụng các cấu phần đổi lẫn có vai trò cốt yếu. Chú ý rằng những đời xe trước đó của Ford (A, B, C, F, K và N) đều không dựa hoàn toàn vào tính đổi lẫn các cấu phần. Nhưng với Model T thì tính đổi lẫn đóng vai trò trung tâm. Có ý kiến cho rằng Ransom Olds mới là nhà công nghiệp tiên phong trong việc sử dụng dây chuyền lắp ráp để sản xuất ô tô, nhưng ông lại không dùng các bộ phận có tính đổi lẫn, khiến lịch sử công nghiệp trở nên rỗng rãm và các công nhân làm việc trên dây chuyền sản xuất của ông tại Oldsmobile vẫn phải giữa các chi tiết kim loại để chúng ăn khớp với nhau. (TG)

← Và cũng là người phát minh ra chiếc Lincoln - và hệ thống khởi động điện cho ô tô, phát minh sau khi người bạn thân nhất của ông bị tai nạn tử vong khi một cần quay khởi động của chiếc xe lớn bất ngờ bị bật ngược trở lại. (TG)

← Whittle, nửa đùa nửa thật, biện hộ cho sự khinh ghét động cơ pít-tông của mình bằng cách dẫn chiếu hàng loạt tai nạn mô tô mà ông gặp phải, chốt hạ bằng một vụ tai nạn xảy ra khi ông không kịp dừng ở một ngã ba ngoài London và bị văng vào rừng, sau đó bị công ty bảo hiểm hủy hợp đồng và công ty tài chính tịch thu xe mô tô. Whittle không phải là kiểu người nhận sai lầm khi xảy ra chuyện, thay vào đó ông đổ lỗi cho động cơ chiếc xe đã chạy nhanh vượt kiểm soát. (TG)

← Đúng như dự đoán, các vị công chức cấp cao phụ trách khoa học của chính phủ thời tiền chiến có nhiều quan điểm trái chiều về đề xuất của Whittle: một người tên là Harry Wimperis phản đối ý tưởng này - “Nhiều người đã bỗng tay với các dự án tua-bin khí và tôi nghĩ ông cũng chỉ là một trong số đó,” ông mỉa mai trước mặt một nhà đầu tư của Power Jets - nhưng cấp trên của Wimperis, Herry Tizard lừng danh, lại là một người ủng hộ nhiệt tình, và cuối cùng, quan điểm của Tizard đã giành phần thắng. Tizard và Wimperis về sau hợp tác với nhau và phát minh ra radar. Nếu Wimperis hoài nghi về sức đẩy phản lực, đó là một ngoại lệ: nhìn chung Wimperis là một người cởi mở với ý tưởng mới, xứng đáng với Học bổng Whitworth mà ông nhận được từ Cambridge, một học bổng đặt tên theo một kỹ sư xuất chúng thời Victoria, người đóng vai trò trung tâm trong sự phát triển của công nghệ chính xác 100 năm trước đó. (TG)

← Whittle đã đề xuất ý tưởng của mình cho BTH một vài năm trước nhưng bị từ chối thẳng thừng. Giờ đây khi ông đã có hậu thuẫn về tài chính, BTH cuối cùng đã chấp nhận phiêu lưu và đồng ý sản xuất cho ông một nguyên mẫu. (TG)

← Công ty được thành lập vào năm 1917 dưới cái tên Công ty TNHH Máy bay Gloucestershire, nhưng sau đó đổi tên thành Gloster vì nhiều khách hàng nước ngoài gặp khó khăn trong việc phát âm tên gốc. (TG)

← Rolls-Royce bắt đầu sản xuất động cơ máy bay từ năm 1915, chưa đầy một thập kỷ sau khi cho ra mắt chiếc xe ô tô đầu tiên. Công ty tách riêng lĩnh vực sản xuất động cơ máy bay vào năm 1946, và vào đầu những năm 1950, động cơ Avon đã được sử dụng cho máy bay ném bom Canberra của Không lực Hoàng gia và cho chiếc Comet yếu mệnh của hãng hàng không British Overseas, BOAC. Trải qua nhiều trắc trở, bao gồm phá sản và bị quốc hữu hóa (sau đó lại được tư nhân hóa), Rolls-Royce, với hơn một thế kỷ sản xuất động cơ máy bay, vẫn là một thế lực đáng gờm trong thị trường động cơ phản lực, với tổng sản lượng lên đến khoảng 50.000 động cơ. (TG)

← Động cơ Rolls-Royce đầu tiên sử dụng kiểu làm mát cánh quạt này, ra đời cuối thập niên 1960, là chiếc RB211. Quá trình nghiên cứu phát triển nó hao tổn chi phí đến nỗi công ty vỡ nợ và bị quốc hữu hóa trong vòng bảy năm. Một trong những vấn đề nảy sinh đầu tiên đến từ việc sử dụng sợi cacbon để làm vật liệu cho cánh quạt ngoài. Theo luật, chúng phải được kiểm nghiệm cho tình huống chim bị hút vào động cơ. Một con gà nặng hơn 2kg được bắn vào quạt đang quay và các cánh quạt bị vỡ thành hàng ngàn mảnh trước sự thất vọng của nhóm công tác. Titan sau đó được dùng để thay thế sợi cacbon, nhưng việc này đòi hỏi thời gian và tiền bạc, và trong một giai đoạn nhất định đã suýt đánh sập cả công ty. (TG).

Tuy nhiên, cuối cùng thì RB211 cũng vượt qua đối thủ cạnh tranh chính của nó từ Mỹ, động cơ JT9D của Pratt and Whitney, sử dụng trong các máy bay phản lực jumbo thời trước. Thống kê của NASA cho thấy, vào thập niên 1970, JT9D bị chết máy trung bình một lần cho mỗi chuyến bay qua Đại Tây Dương, trong khi RB211 chỉ bị chết máy trung bình một lần sau mười chuyến bay. May mắn là máy bay có tới bốn động cơ nên các hành khách không hay biết gì. (TG)

← Ngoại trừ cỗ máy Antikythera đề cập trong Chương 1, dù có dáng vẻ của một thiết bị có độ chính xác cao, nhưng nó lại hoạt động không chính xác chút nào. Nhưng có thể thông cảm được vì nó được làm từ cách đây 2.000 năm. (TG)

← Ngay cả Richard Feynman, nhà thông thái được mọi người yêu mến ở thế kỷ XX và là người giành giải Nobel Vật lý năm 1965, cũng phát biểu: “Tôi nghĩ mình có thể tự tin khẳng định rằng chẳng có ai trên đời này hiểu cơ học lượng tử cả.” (TG)

← Người ta hiếm khi giải thích số f của một thấu kính. Về cơ bản, nó cho biết lượng ánh sáng từ bên ngoài có thể lọt vào bên trong máy ảnh. Số f được tính bằng cách: lấy tiêu cự của thấu kính (tức là khoảng cách từ tâm thấu kính đến nơi nó tập trung ánh sáng vào phim hoặc cảm biến ở phía sau máy ảnh) chia cho đường kính lỗ mở trên thấu kính. Một ống kính Brownie 127 có tiêu cự 65 mm muốn có khẩu độ f/14 thì phải có bề ngang lỗ mở là khoảng 4 mm. (TG)

← Người cha quá cố của tôi hoàn toàn đồng tình với quyết định này. Lý do là công ty của Johann Voigtländer, tuy xuất xứ ở Vienna, đã chuyển tới thành phố Braunschweig ở Hạ Saxony, Đức, trong những biến cố chính trị năm 1848. Cha tôi có cảm tình lâu năm đối với thành phố này, dù (hoặc chính vì) ông đã bị giam giữ ở đó trong tư cách tù nhân chiến tranh vào những tháng cuối cùng của Thế chiến thứ II. “Mấy tay kỹ sư không vừa, lũ Saxon ấy,” ông vừa đằng hắng vừa đưa cho tôi mười bảng để mua chiếc máy ảnh vốn là khởi nguồn cho tình yêu suốt đời của tôi đối với phim 35 mm. Các ống kính của Voigtländer sản xuất vào cuối thế kỷ XIX tuân theo những tiêu chuẩn chính xác nhất, vừa nhanh vừa chân thực – một trong những bi kịch của nền nhiếp ảnh Đức là công ty tiên phong này đã bị đóng cửa vào năm 1972. Máy ảnh và ống kính vẫn được sản xuất dưới nhãn hiệu Voigtländer nhưng bởi một công ty Nhật được cấp phép. (TG)

← Xuất phát từ từ *boke* trong tiếng Nhật, có nghĩa là “nhòe” hay từ *boke-aji*, “tính nhòe”. Bokeh, ngày nay được coi là một tính năng được ưa chuộng của ống kính máy ảnh, phụ thuộc vào cách ống kính xử lý khéo léo hay vụng về các khu vực nằm ngoài tiêu điểm trong hình ảnh. Việc nhiếp ảnh hiện đại đề cao bokeh cho thấy sự sắc nét không phải là phẩm chất quan trọng nhất của một ống kính - trọng lượng, sự linh hoạt, tốc độ, và bokeh đều có đóng góp lớn tới chất lượng nghệ thuật của một tấm ảnh hơn là chi tiết sắc nét đơn thuần. Chấm mờ là một thuật ngữ liên quan đến bokeh, và phụ thuộc vào độ sâu trường ảnh. (TG)

← Niépce và những người cùng thời chỉ sử dụng một lớp thấu kính, có lẽ bằng thủy tinh, lồi hai mặt. Hai năm sau thí nghiệm đầu tiên với nhựa đường và dầu oải hương, ông bắt đầu cởi mở với ý tưởng sử dụng thấu kính mặt khum, tức là có một mặt lõm hướng ra ngoài và mặt lồi hướng vào phim. Niépce còn tìm cách giữ cho lỗ mở trong hộp tối ở kích thước nhỏ nhất có thể và thẳng hàng với thấu kính nhằm hạn chế các quang sai xuất hiện ở viền trong ảnh chụp. (TG)

← ... tuy một số người châu Âu có lẽ sẽ nêu tên Herschel. Không mấy ai ngày nay dám phủ nhận các thành tựu thiên văn mà dòng họ này đóng góp. Ba thế hệ nhà Herschel, người đầu tiên vốn là thợ làm vườn, sau đó trở thành người chơi kèn o-boa trong quân đội Đức, nhưng đã di cư tới Anh rồi nghiên cứu thiên văn học ở đây. Hai anh em William và Caroline Herschel là những người nổi tiếng đầu tiên của dòng họ - William khám phá ra Thiên Vương Tinh vào năm 1781, còn Caroline - vốn là một cô hầu gái không được học hành - giúp anh mình phát hiện hơn một chục sao chổi và khoảng 2.500 tinh vân. Câu chuyện hai anh em dành hàng đêm để mài và đánh bóng thấu kính và gương đến mức chính xác nhất có thể vào giữa thế kỷ XVIII vẫn được nhắc đến một cách trùm mền trong cộng đồng thiên văn học. Con trai của William, John Herschel, trở thành một nhà khoa học lừng danh - một bộ óc bách khoa nhưng đặc biệt xuất chúng trong thiên văn học - và được chôn cất ở Tu viện Westminster bên cạnh Ngài Isaac Newton [ông cũng có nhiều đóng góp trong lĩnh vực máy ảnh và phát minh ra các thuật ngữ như *negative* (phim âm bản), *positive* (phim dương bản), *snap-shot* (ảnh chụp nhanh) và *photographer* (nhiếp ảnh gia). Ông cũng là một người cha hạnh phúc: người con thứ năm (trong 12 người con) cũng là con trai thứ hai, Alexander cũng là một nhà thiên văn học và giáo sư đại học, Thành viên Hiệp hội Nghệ thuật, và là chuyên gia hàng đầu về vẫn thạch. (TG)

← NASA gần đây đã hoàn thành một thiết bị mạnh mẽ hơn nhiều (và với chi phí cũng tốn kém hơn nhiều: 8 tỷ đô-la), đó là Kính Viễn vọng Không gian James Webb, dự tính phóng từ trạm không gian châu Âu ở Guiana, Pháp vào tháng 4 năm 2019. Kính viễn vọng này sẽ trôi nổi cách Trái đất gần 1,6 triệu km, do đó không thể được sửa chữa bằng tàu con thoi. Vì vậy, việc chế tạo cũng như kế hoạch điều khiển nó phải được hoàn thiện trước khi phóng, đang được diễn tập và tinh chỉnh liên tục nhằm đảm bảo thành công ở mọi chi tiết nhỏ nhất. (TG)

← Bốn đài quan trắc, nếu kết hợp với nhau, sẽ bao phủ một dải rộng trong phổ điện từ - Hubble, nổi tiếng nhất, quan sát quang phổ từ cực tím tới cận hồng ngoại, tức là bao hàm toàn bộ quang phổ nhìn thấy được. Đài quan trắc Tia Gamma Compton, được tàu con thoi đưa lên quỹ đạo vào năm 1991, quan sát các sự kiện năng lượng cao trong không gian phát ra các đợt sóng gamma. Năm 1991, Đài quan sát Tia X Chandra, cũng được nhả ra từ tàu con thoi và quan sát bức xạ X từ các hố đen và chuẩn tinh. Cuối cùng, năm 2003, một tên lửa Delta đưa Kính viễn vọng Không gian Spitzer lên quỹ đạo mặt trời để quan sát bức xạ hồng ngoại rất ngắn, không thể xuyên qua khí quyển Trái đất. Đài quan trắc Tia Gamma Compton đã quay trở về khí quyển và không còn hoạt động nữa nhưng ba đài còn lại vẫn đang vận hành tốt. (TG)

← Chuyện tiền bạc nhìn chung không phải là chủ đề của cuốn sách này. Tuy nhiên, cho đến nay, những người làm việc cho công ty này vẫn khẳng định nguyên nhân dẫn đến lỗi sai chính là thiếu kinh phí. NASA không chắc chắn được công ty có thể hoàn thành đơn đặt hàng trong kinh phí 70 triệu đô-la hay không, nhưng vẫn đồng ý chấp nhận báo giá này - một con số thấp hơn báo giá của Kodak đến 35 triệu đô-la - và nhấp nháy với nhà thầu rằng họ có thể moi thêm ngân sách từ Quốc hội trong tương lai. Thế nhưng, Quốc hội cuối cùng lại không chấp thuận và Perkin-Elmer buộc phải sản xuất gương với con số bỏ thầu ban đầu mà công ty cố tình hạ thấp để giành được hợp đồng và lấy tiếng thơm. Như chúng ta đã biết, điều ngược lại đã xảy ra: công ty không những mất hết uy tín mà còn phải bồi thường cho NASA một khoản không nhỏ. Công ty đã đổi chủ hai lần và giờ thuộc về United Technologies. (TG)

← Chúng ta dễ quên mất rằng: nhiều năm trôi qua sau khi chiếc gương chính được hoàn thành - thảm họa *Challenger* và vô số chậm trễ về kỹ thuật trong quá trình sản xuất các bộ phận còn lại của kính viễn vọng Hubble khiến ngày phóng liên tục phải dời lại. Trong thời gian đó, hệ thống gương được lưu kho ở Lockheed. (TG)

← Câu tục ngữ này được phổ biến tới công chúng lần đầu trong một hợp tuyển ra đời giữa thế kỷ XVII, *Jacula Prudentum*, được thu thập bởi George Herbert, một cha sở khả kính (và giàu có) của nhà thờ Fugglestone St. Peter, cách nhà thờ chính tòa Salisbury vài cây số. Câu tục ngữ đầy đủ là: “Vì thiếu một cây đinh nên mất móng ngựa, vì thiếu móng ngựa nên mất ngựa; vì thiếu ngựa nên mất người cưỡi ngựa, vì thiếu người cưỡi ngựa nên thua trận; vì thua trận nên mất cả vương quốc.” Trong tuyển tập này cũng có câu “chó sửa còn đáng sợ hơn chó cắn” để chỉ người hung dữ. Trước đó, hai câu này được cho là đồng nghĩa. (TG)

← Tên tàu được đánh vần theo kiểu Anh-Anh để tưởng niệm con tàu của Thuyền trưởng James Cook. Tên của tàu quỹ đạo này (được xây dựng để thay thế *Challenger*) được chọn từ một cuộc thi đặt tên dành cho các em học sinh, và các lớp ở Mississippi và Georgia đã giành phần thắng. (TG)

← Trước Decca, LORAN và trước GPS rất lâu, những người đi biển sử dụng kính lục phân và crô-nô-mét để định vị trên biển với độ chính xác tương đối. Trên một thuyền buồm nhỏ ở Ấn Độ Dương năm 1985, dưới sự giám sát của một thuyền trưởng người Úc, tôi, một người đi biển non nớt, đã tự lái hơn 2.000km từ Diego Garcia tới Mauritius mà chỉ dùng hai dụng cụ này, cùng một bộ bản đồ tốt và một bảng dẫn đường dự đoán để ở đuôi tàu. Tôi hiếm khi đạt được độ chính xác tốt hơn vài ba dặm, nhưng nhìn thấy bốn chớp sáng trắng của đảo Bình Nguyên ở phía trái mũi tàu và nhận ra chúng tôi chỉ còn cách Mauritius vài cây số về hướng bắc sau mười ngày căng buồm trên đại dương bao la, cũng là một ký ức không phai, cũng như ký ức về cuộc điều hướng giàn khoan thành công 20 năm trước đó. (TG)

← Dù bền nhưng hệ thống cũng không hoàn toàn thoát khỏi những thiệt hại gây ra bởi sự yếu kém trong trù bị và điều hành của một cơ quan chính phủ khác, Ủy ban Năng lượng Nguyên tử (AEC). Vệ tinh Transit 4B của Hải quân được phóng lên quỹ đạo vào tháng 6 năm 1961, hoạt động tốt và đều đặn gửi tín hiệu về mặt đất. Tuy nhiên sau đó một năm, AEC phóng một tên lửa mang một quả bom hydro tại mũi. Đúng theo kế hoạch, tên lửa phát nổ cách Trái đất 640km trên bầu trời Hawaii. Tuy nhiên, AEC đã không kiểm tra kỹ và tên lửa thổi bay vệ tinh Transit khỏi quỹ đạo của nó cũng như phá hủy hoặc làm hư hại một số vệ tinh khác. Tên lửa cũng làm đèn đường ở Honolulu tắt phut. Chỉ Không quân New Zealand vui mừng vì chuyện đó, bởi vụ nổ đã soi sáng Nam Thái Bình Dương đủ lâu để máy bay diễn tập của họ phát hiện được tàu ngầm mục tiêu. Đơn vị tổ chức diễn tập sau đó tuyên bố làm vậy là gian lận. (TG)

← Trong suốt sự nghiệp phục vụ không quân của mình, Brad Parkinson dụng công dành thời gian cho ý tưởng “chiến trường tự động”, dành sự quan tâm đặc biệt tới máy bay AC-130 được trang bị kỹ càng và có biệt danh “kẻ hủy diệt”, là đỉnh cao trong số các máy bay vũ trang hạng nặng cánh cố định. Mỗi liên hệ giữa Parkinson và GPS chủ yếu bắt nguồn từ một cuộc họp đã đi vào huyền thoại, Cuộc họp Lonely Halls, diễn ra ở Lầu Năm Góc vào cuối tuần đợt nghỉ lễ Ngày Lao Động năm 1973. Trong đó, một nhóm sĩ quan không quân tuyển lựa đặc biệt thảo luận những nét khái quát của kiến trúc GPS. Parkinson nhận ra GPS có thể cho phép máy bay “thả ném quả bom vào cùng một hố”. Roger Easton, ngược lại, nghĩ về công trình của mình như là sự tiếp nối các thành tựu của John Harrison hai thế kỷ trước: liên kết thời gian và không gian bằng công nghệ hiện đại. (TG)

← Nhiều thành tựu lớn của ngành bản đồ học thế kỷ XIX hóa ra lại chính xác một cách bất ngờ, khi đối sánh dữ liệu trích xuất từ GPS hiện đại. Cuộc Đại Khảo sát Lượng giác ở Ấn Độ kéo dài 13 năm do Ngài George Everest khởi xướng vào năm 1830, với hàng nghìn nhân lực làm việc tại sông băng, rừng rậm, đầm lầy, sa mạc với các dụng cụ như xích sắt và máy kinh vĩ, lấy cơ sở là “Cung Lớn” dài hơn 2.200km từ dãy Himalaya đến Mũi Comorin. Năm 2003, cung này được khảo sát lại bằng công nghệ laze và vệ tinh. Kết quả cho thấy cuộc khảo sát ban đầu chỉ sai lệch 0,09%. Hơn nữa, kết quả khảo sát độ cao cũng chính xác không kém: độ cao của đỉnh núi cao nhất Himalaya - Đỉnh XV - theo tính toán ban đầu là 8.840m, các khảo sát về sau cho kết quả 8.848m. Đỉnh này sau đó được đặt tên tiếng Anh là đỉnh Everest - nhưng được phát âm là Evv-rest, khác với cách phát âm họ của Ngài George, Eve-rest (nhấn ở âm tiết đầu.) Đỉnh Everest là biểu tượng vĩ đại cho thành tựu của khoa học đo lường thời Victoria. (TG)

← Một danh từ khác dùng để chỉ các nhà máy kiểu mới là xưởng đúc, một thuật ngữ từ thế kỷ XIX chỉ nơi tạo ra những đồ sắt thô sơ nhưng hiện được dùng để chỉ nơi tạo ra những thiết bị điện tử tinh vi của thế kỷ XXI. (TG)

← Sự phụ thuộc lẫn nhau của hai công ty này lớn đến mức vào năm 2012, Intel đã chi 4 tỷ đô-la để mua 15% cổ phần của ASML, tin rằng các nhà nghiên cứu của đối tác Hà Lan sẽ tận dụng số tiền này để tạo ra các thiết bị chính xác hơn và rẻ tiền hơn để phục vụ việc sản xuất chip vi xử lý. (TG)

← Thuật ngữ start-up chưa tồn tại khi Fairchild thành lập với một khoản đầu tư 500 đô-la từ mỗi thành viên. Thuật ngữ start-up chỉ mới ra đời từ năm 1970. Một ví dụ điển hình là Apple Computer, khởi nghiệp trong một ga-ra ô tô. (TG)

← Vì những bộ óc thiên tài của công ty thường xuyên vẽ nguệch ngoạc ý tưởng trong sổ, nên các luật sư Fairchild đã đưa ra một thông lệ: yêu cầu một nhân chứng ký tên lên các trang vẽ này, để đảm bảo nếu một ý tưởng trong sổ đó được đăng ký bằng sáng chế, tác giả đích thực của nó sẽ được ghi nhận. Ví dụ, Robert Noyce đã chứng nhận và ký tên lên các trang sổ của Hoerni về transistor phẳng. Song bốn trang sổ của Noyce viết vào tháng 1 năm 1959 lại không được chứng nhận và ký, nghĩa là nguồn gốc sáng kiến về bảng mạch tích hợp, chủ đề chính của bốn trang sổ này, chỉ là giai thoại mà không bao giờ được công nhận một cách chính thức theo pháp luật. (TG)

← Texas Instruments cũng tạo ra mạch tích hợp nhưng thay vì transistor phẳng lại sử dụng transistor mega cồng kềnh hơn. Tuy vậy, Jack Kilby, nhân viên của công ty, vẫn được trao giải Nobel Vật lý vào năm 2000 với phát minh này. Robert Noyce đã qua đời mười năm trước đó: Kilby trong bài diễn văn nhận giải của mình đã đề cập đến Noyce, tuy hai người thuộc hai công ty đối thủ, coi Noyce là nhà đồng phát minh của mạch tích hợp và cũng xứng đáng được nhận giải. (TG)

← Sau khi băng hà, họ của các Nhật hoàng không được sử dụng, thay vào đó là tên của triều đại mà họ trị vì: Mutsuhito trở thành Meiji; Yoshihito trở thành Taisho; Hirohito trở thành Showa; Nhật hoàng hiện tại, Akihito sẽ được gọi là Nhật hoàng Showa sau khi ông thoái vị hoặc qua đời. (TG)

← Toxicodendron là tên chi mới, tên chi cũ của loài này là Rhus. Như thể hiện trong cái tên của nó, lá cây có chứa chất độc (toxic) và có thể gây phát ban nếu tiếp xúc không đúng cách; triệu chứng nó gây ra khá giống, nhưng nghiêm trọng hơn nhiều so với triệu chứng mà cây thường xuân độc của Mỹ, một loài họ hàng gần của nó, gây ra. (TG)

← Wilkins, từng đảm nhận các vị trí như Hiệu trưởng Trường Wadham, Oxford, và của Trường Trinity, Cambridge, là một bộ óc bách khoa mà ngày nay hầu như không ai còn biết tới. Ông không chỉ là một mục sư và hiệu trưởng trường đại học, bằng hữu của những nhân vật như Christopher Wren (của Nhà thờ lớn St. Paul) và Robert Boyle (tác giả định luật vật lý Boyle), mà còn có mối quan tâm lớn đối với khoa học: ông phỏng đoán về sự sống trên mặt trăng, về sự tồn tại của những hành tinh chưa được biết tới, vẽ các bản thiết kế tàu ngầm, máy bay, động cơ vĩnh cửu, và trong cùng cuốn sách đề xuất hệ đo lường dựa trên con lắc, ông cũng đề xuất xây dựng một ngôn ngữ phổ quát mới để khắc phục những khiếm khuyết của tiếng Latin. Ngoài ra, trong thời gian công tác ở Wadham, ông tạo ra tổ ong trong suốt để thu hoạch mật ong mà không gây ảnh hưởng đến đàn ong. (TG)

← Mối quan hệ giữa độ dài và khối lượng, và việc dùng nước để định nghĩa tiêu chuẩn khối lượng, được đề xuất lần đầu tiên bởi John Wilkins.

← Một vụ tai nạn đã xảy ra vào giữa tháng 5 năm 2010, khi con lắc đầu tiên của Foucault năm 1851, được lưu giữ trong Trường Kỹ nghệ hàng thập kỷ, rơi xuống sàn, vĩnh viễn bị hỏng quả nặng, dây cáp thì bị đứt. Một số người nói rằng những người tham dự các bữa tiệc riêng tư trong bảo tàng đã nghịch con lắc khiến độ bền của nó bị suy yếu.

← Số 27 đã đảm nhận vai trò tiêu chuẩn mét cho Hoa Kỳ trong 1 năm, và được đưa tới Paris bốn lần trong thời gian đó để đối sánh với Le Grand K. Nó được cho nghỉ ngơi vào năm 1960, hiện được đặt trong một hộp kính ở một bảo tàng thuộc Viện Tiêu chuẩn và Công nghệ Quốc gia Gaithersburg, Maryland, bên ngoài Washington, DC. (TG)

← Đến năm 1977, Trung Quốc mới tham gia hiệp ước – như chúng ta sẽ thấy, đến thời điểm này, toàn bộ hệ đo lường sẽ lại thay đổi một lần nữa. (TG)

← Krypton-85, một đồng vị không ổn định với chu kỳ bán rã 11 năm, là sản phẩm phụ của phản ứng hạt nhân và tái chế nhiên liệu hạt nhân. Các cụm krypton-85 đã được vệ tinh phát hiện trong các tầng khí quyển cao ở Bắc Triều Tiên. (TG)

← Định nghĩa của các đơn vị đo này không thể được coi là có chất thơ; tuy nhiên cũng có ý kiến cho rằng riêng định nghĩa kelvin là hàm chứa một chút thi vị. Kelvin được định nghĩa bằng  $1/273,16$  của nhiệt độ động lực học điểm ba pha của nước – điểm mà nước cùng tồn tại ở ba thể rắn, lỏng, khí. Và nước dùng trong định nghĩa không phải là nước lấy ngẫu nhiên mà cụ thể là được Vienna Standard Mean Ocean Water điều chế bằng cách chưng cất hỗn hợp nước lấy từ tất cả các đại dương nhưng lại được đặt tên theo thủ đô của một quốc gia không có biển của châu Âu. (TG)

← Như đã đề cập ở trên, bảy đơn vị cơ bản là kilogram (khối lượng); mét (độ dài), giây (thời gian), ampe (cường độ dòng điện); kelvin (nhiệt độ nhiệt động học); candela (cường độ sáng) và mole (lượng vật chất). Ngoài ra, còn có một loạt đơn vị “dẫn xuất” như culông (diện tích); newton (lực); pascal (áp suất); farad (diện dung); và khoảng 15 đơn vị khác, bao gồm tesla. Tuy là đơn vị đo lường của một khái niệm tương đối xa lạ - cường độ cảm ứng từ, tesla được đặt theo tên của một nhà khoa học nổi tiếng bậc nhất, Nikola Tesla. Tên ông có vinh dự được dùng làm đơn vị đo lường vào năm 1960, 17 năm sau khi ông qua đời. (TG)

← Tuy ngày nay chúng ta đều mặc định 1 phút = 60 giây, 1 giờ = 60 phút và 1 ngày có 24 giờ, nhưng trong quá khứ thì khác. Nước Pháp từng nhiều lần sử dụng hoặc đề xuất sử dụng thời gian thập phân, với lý do nó phù hợp với đơn vị thập phân trong chiều dài và khối lượng. Trung Quốc trong nhiều thế kỷ sử dụng hệ giờ thập phân nhưng lối sử dụng có nhiều thay đổi - ví dụ *khắc*, đơn vị thời gian cơ bản của Trung Quốc, dài ngắn khác nhau tùy thời kỳ. Vào thế kỷ XVII, các giáo sĩ Dòng Tên định nghĩa *khắc* là một phần tư của một giờ, qua đó góp phần đưa Trung Quốc tiếp cận với hệ thống đếm giờ phổ biến hiện nay.

← Cơ quan Quan trắc Hải quân, USNO, được xây dựng trên một ngọn đồi thấp gần đại sứ quán Anh trên Đại lộ Massachusetts. Địa điểm này được chọn để tránh ô nhiễm ánh sáng từ thành phố Washington, vào thời điểm xây dựng vẫn là một thành phố nhỏ. Hiện nay Washington, DC, bị bao bọc bởi các khu đô thị vùng ven và phát ra rất nhiều ánh sáng vào ban đêm, trong đó có ánh sáng từ Cơ quan Mật Vụ để bảo vệ toà nhà trước đây từng là nơi ở của giám đốc USNO và nay là nơi ở của Phó Tổng thống Hoa Kỳ. (TG)