

### III. Bản chất của Khoa học Thông thường

Thế thì cái gì là bản tính của việc nghiên cứu chuyên nghiệp và bí truyền hơn mà sự chấp nhận một khung mẫu duy nhất của một nhóm cho phép? Nếu khung mẫu trình bày công việc đã được làm một lần cho mãi mãi, thì nó để lại các vấn đề thêm nào cho nhóm được thống nhất giải quyết? Các câu hỏi đó sẽ có vẻ thậm chí cấp bách hơn nếu bây giờ ta lưu ý một khía cạnh trong đó các thuật ngữ được dùng đến nay có thể gây lầm lạc. Trong cách dùng đã được xác lập của nó, một khung mẫu là một mô hình hay hình mẫu được chấp nhận, và khía cạnh đó của ý nghĩa của nó đã cho phép tôi, do thiếu từ hay hơn, để chiếm đoạt từ 'paradigm-khung mẫu' ở đây. Nhưng sẽ rõ ngay rằng ý nghĩa về 'mô hình' hay 'hình mẫu' cái cho phép sự chiếm đoạt không hoàn toàn là cái thường dùng trong định nghĩa 'khung mẫu'. Trong ngữ pháp, thí dụ, '*amo, amas, amat*' là một paradigm bởi vì nó phô bày hình mẫu dùng để chia một số lượng lớn các động từ Latin khác, thí dụ, để tạo ra '*laudo, laudas, laudat*'. Trong ứng dụng chuẩn này, paradigm hoạt động bằng cho phép lặp lại các thí dụ mà bất cứ cái nào trong số đó về nguyên tắc có thể được dùng để thay nó. Trong khoa học, mặt khác, một khung mẫu hiếm khi là một đối tượng để sao chép lại. Thay vào đó, giống một quyết định pháp lí được chấp nhận trong thông luật, nó là một đối tượng cho việc trình bày rõ thêm và định rõ thêm dưới các điều kiện mới hay nghiêm ngặt hơn.

Để thấy làm sao việc này có thể như thế, chúng ta phải nhận ra một khung mẫu có thể rất bị hạn chế ra sao cả về phạm vi và tính chính xác ở thời điểm nó xuất hiện đầu tiên. Các khung mẫu nhận được địa vị của chúng bởi vì chúng thành công hơn các đối thủ cạnh tranh của mình trong giải quyết các vấn đề mà nhóm những người thực hành đã nhận ra là gay gắt. Để là thành công hơn, tuy vậy, không phải là hoặc thành công hoàn toàn với một vấn đề đơn nhất hay thành công nổi bật với bất cứ số lớn nào. Thành công của một khung mẫu – bất luận là phân tích của Aristotle về chuyển động, tính toán của Ptolemy về vị trí hành tinh, ứng dụng của Lavoisier về cân bằng, hay toán học hoá của Maxwell về trường điện từ – ở khởi đầu chủ yếu là một hứa hẹn về thành công có thể được khám phá ra trong các thí dụ được lựa chọn và vẫn chưa hoàn thành. Khoa học

thông thường cốt ở sự hiện thực hoá hứa hẹn đó, một sự hiện thực hoá đạt được bằng mở rộng tri thức về các sự thực mà khung mẫu phô bày ra như đặc biệt tiết lộ, bằng làm tăng mức độ phù hợp giữa các sự thực đó và các dự đoán của khung mẫu, và bằng trình bày rõ thêm về bản thân khung mẫu.

Ít người, những người không thực sự thực hành một khoa học trưởng thành, nhận ra cần phải làm bao nhiêu công việc thu dọn về một khung mẫu loại này hoặc công việc như vậy có thể tỏ ra hấp dẫn đến thế nào trong thực hiện. Và những điểm này cần được hiểu. Các hoạt động nhật nhạn là việc thu hút hầu hết các nhà khoa học suốt sự nghiệp của họ. Chúng tạo thành cái tôi gọi ở đây là khoa học thông thường. Xem xét tỉ mỉ, dù về lịch sử hay trong phòng thí nghiệm hiện đại, việc làm khó khăn đó có vẻ là một nỗ lực để buộc tự nhiên vào cái hộp đã hình thành trước và tương đối cứng do khung mẫu cung cấp. Không phần nào trong mục tiêu của khoa học thông thường là để gây ra các loại hiện tượng mới; thực ra các hiện tượng không hợp với hộp thường chẳng hề được nhìn thấy. Các nhà khoa học thường cũng chẳng hướng tới sáng chế ra các lí thuyết mới, và họ thường không khoan dung các lí thuyết do những người khác đưa ra.<sup>[17]</sup> Thay vào đó, nghiên cứu của khoa học thông thường hướng tới trình bày rõ các hiện tượng và các lí thuyết mà khung mẫu đã cung cấp rồi.

Có lẽ đây là các thiếu sót. Các lĩnh vực được khoa học thông thường khảo sát, tất nhiên, là rất nhỏ; việc làm khó khăn đang được thảo luận ở đây có tầm nhìn bị hạn chế trầm trọng. Nhưng các hạn chế, sinh ra từ sự tin tưởng vào một khung mẫu, lại hoá ra thiết yếu cho sự phát triển của khoa học. Bằng tập trung chú ý vào một dải hẹp các vấn đề tương đối huyền bí, khung mẫu buộc các nhà khoa học khảo sát phần nào đó của tự nhiên một cách chi tiết và sâu mà khác đi thì không thể tưởng tượng được. Và khoa học thông thường có một cơ chế nội tại gắn liền đảm bảo sự làm dịu các hạn chế ràng buộc việc nghiên cứu mỗi khi khung mẫu, mà từ đó họ xuất phát, không còn hoạt động một cách hữu hiệu. Tại điểm đó các nhà khoa học bắt đầu ứng xử khác nhau, và bản chất của các vấn đề nghiên cứu của họ thay đổi. Giữa chừng, tuy vậy, trong thời kì khung mẫu thành công, giới khoa học giải quyết các vấn đề mà các thành viên

của nó hầu như đã không thể tưởng tượng ra và đã chẳng bao giờ gán vác mà không có sự cam kết với khung mẫu. Và ít nhất một phần của thành tựu đó luôn tỏ ra có tính dài lâu.

Để biểu lộ ra một cách rõ ràng nghiên cứu thông thường hoặc dựa trên khung mẫu có nghĩa là gì, bây giờ hãy để tôi thử phân loại và minh họa các vấn đề mà khoa học thông thường chủ yếu bao gồm. Để thuận tiện tôi hoãn hoạt động lí thuyết mà bắt đầu với việc thu thập sự thực, tức là, với các thí nghiệm và quan sát được mô tả trong các tạp chí kĩ thuật qua đó các nhà khoa học thông báo với các đồng nghiệp của họ về các kết quả của sự nghiên cứu tiếp tục của mình. Các nhà khoa học thường báo cáo về các khía cạnh nào của tự nhiên? Cái gì quyết định sự lựa chọn của họ? Và, vì hầu hết quan sát khoa học cần nhiều thời gian, thiết bị, và tiền, cái gì thúc đẩy nhà khoa học theo đuổi lựa chọn đó đối với một kết luận?

Tôi nghĩ, chỉ có ba tiêu điểm bình thường cho việc khảo sát khoa học căn cứ vào sự thực. Thứ nhất là lớp các sự thực mà khung mẫu đã cho thấy đặc biệt tiết lộ về bản tính của các sự vật. Bằng áp dụng chúng trong giải quyết các vấn đề, khung mẫu đã làm cho bổ xác định chúng cả với sự chính xác hơn và trong sự đa dạng hơn của các tình huống. Lúc này hay lúc khác, những sự xác định căn cứ vào sự thực quan trọng này đã được bao gồm: trong thiên văn học – vị trí và độ lớn của sao, các chu kì che khuất của các sao đôi và các hành tinh; trong vật lí học – trọng lực riêng và tính có thể nén của các vật liệu, các bước sóng và cường độ phổ, độ dẫn điện và các điện thế tiếp xúc; và trong hoá học – cấu tạo và trọng lượng kết hợp, các điểm sôi và độ axit của các dung dịch, các công thức cấu trúc và tính hoạt động quang học. Các nỗ lực để làm tăng độ chính xác và phạm vi mà với chúng các sự thực giống thế này được biết, chiếm một tỉ lệ đáng kể của các tài liệu về khoa học thí nghiệm và quan sát. Không biết bao nhiêu lần máy móc riêng biệt phức tạp đã được thiết kế cho các mục đích như vậy, và việc sáng chế, xây dựng, và triển khai máy móc đó đòi hỏi tài năng loại một, nhiều thời gian, và hỗ trợ tài chính đáng kể. Các máy đồng bộ (synchrotron) và các kính viễn vọng vô tuyến chỉ là các thí dụ mới đây nhất về độ dài mà các nhà nghiên cứu phải đi nếu một khung mẫu đảm bảo cho họ rằng các sự thực mà họ tìm kiếm là quan trọng. Từ Tycho Brahe đến E. O. Lawrence, một số nhà khoa học đã có được uy tín lớn, không từ

bất cứ tính mới lạ nào của các khám phá của họ, mà từ độ chính xác, độ tin cậy, và phạm vi của các phương pháp mà họ đã phát triển cho việc xác định lại một loại sự thực đã được biến đến trước đây.

Một lớp thứ hai thông thường nhưng nhỏ hơn của các xác định căn cứ vào sự thực hướng tới các sự thực mà, tuy thường không có nhiều quan tâm nội tại, có thể so sánh trực tiếp với các dự đoán từ lí thuyết mẫu. Như chúng ta sẽ thấy ngay, khi tôi chuyển từ các vấn đề thí nghiệm sang các vấn đề lí thuyết của khoa học thông thường, hiếm có nhiều lĩnh vực trong đó một lí thuyết khoa học, đặc biệt nếu nó được trình bày chủ yếu ở dạng toán học, có thể được so sánh trực tiếp với tự nhiên. Không nhiều hơn ba lĩnh vực như vậy thậm chí còn có thể tiếp cận được đến lí thuyết tương đối tổng quát của Einstein.<sup>[18]</sup> Hơn nữa, ngay cả trong các lĩnh vực nơi ứng dụng là có thể, nó thường đòi hỏi các sự xấp xỉ lí thuyết và công cụ gây hạn chế khắt khe cho sự phù hợp được mong đợi. Cải thiện sự phù hợp hay tìm ra các lĩnh vực mới trong đó sự phù hợp có thể được minh họa chút nào là một thách thức liên tục đối với kĩ năng và sức tưởng tượng của nhà thí nghiệm và nhà quan sát. Các kính thiên văn đặc biệt để chứng tỏ dự đoán Copernican về thị sai hàng năm; máy của Atwood, được sáng chế đầu tiên gần một thế kỉ sau *Principia*, để cho mình chứng dứt khoát định luật thứ hai của Newton; thiết bị của Foucault để chứng tỏ rằng tốc độ ánh sáng trong không khí lớn hơn trong nước; hay các bộ đếm lấp lánh [scintillation counter] khổng lồ được thiết kế để chứng tỏ sự tồn tại của neutrino – các chiếc máy đặc biệt này và nhiều cái khác giống chúng minh họa nỗ lực và tài khéo léo vô cùng cần để đưa tự nhiên và lí thuyết ngày càng phù hợp nhau hơn.<sup>[19]</sup> Nỗ lực đó để chứng tỏ sự phù hợp là loại thứ hai của công việc thí nghiệm thông thường, và nó thậm chí phụ thuộc hiển nhiên hơn loại đầu tiên vào khung mẫu. Sự tồn tại của khung mẫu đặt các vấn đề để giải quyết; thường lí thuyết mẫu được bao hàm trực tiếp trong thiết kế của máy móc có khả năng giải quyết vấn đề. Không có *Principia*, chẳng hạn, thì các đo lường được tiến hành với máy Atwood chẳng hề có ý nghĩa gì.

Lớp thứ ba của các thí nghiệm và quan sát, tôi nghĩ, vét cạn các hoạt động thu thập sự thực của khoa học thông thường. Nó gồm

công việc thực nghiệm được tiến hành để trình bày rõ hơn lí thuyết mẫu, giải quyết một số mơ hồ còn lại và cho phép giải quyết các vấn đề mà trước kia nó chỉ mới lưu ý đến. Lớp này tỏ ra là quan trọng nhất trong ba lớp, và sự mô tả nó cần đến sự chia nhỏ hơn. Trong các khoa học mang tính toán học nhiều hơn, một số thí nghiệm nhằm để trình bày rõ hơn được hướng tới việc xác định các hằng số vật lí. Công trình của Newton, thí dụ, cho biết rằng lực giữa hai đơn vị khối lượng cách nhau một đơn vị độ dài sẽ là như nhau cho mọi loại vật chất ở mọi vị trí trong vũ trụ. Nhưng các vấn đề của riêng ông có thể được giải quyết mà thậm chí không có sự ước lượng độ lớn của sức hút này, hằng số hấp dẫn phổ quát; và chẳng có người khác nào đã nghĩ ra thiết bị có khả năng xác định nó suốt một thế kỉ sau khi *Principia* xuất hiện. Sự xác định nổi tiếng của Cavendish vào năm 1790 cũng chẳng phải là cuối cùng. Bởi vì vị trí trung tâm của nó trong lí thuyết vật lí, các giá trị được cải thiện của hằng số hấp dẫn đã là một đối tượng của các cố gắng lặp đi lặp lại suốt từ đó bởi một số nhà thực nghiệm xuất sắc.<sup>[20]</sup> Các thí dụ khác cùng loại về công việc tiếp tục có thể gồm việc xác định đơn vị thiên văn, số Avogadro, hệ số Joule, điện tích, và v.v. Ít trong số các nỗ lực tỉ mỉ này đã có thể được nghĩ ra và chẳng cái nào đã có thể được thực hiện mà không có một lí thuyết mẫu để xác định rõ vấn đề và để đảm bảo sự tồn tại của một lời giải ổn định.

Các nỗ lực để trình bày rõ một khung mẫu, tuy vậy, không giới hạn ở việc xác định các hằng số phổ quát. Chúng có thể, thí dụ, cũng nhắm tới các qui luật định lượng: Định luật Boyle liên kết áp suất khí với thể tích, Định luật Coulomb về sự hút điện, và công thức Joule liên hệ nhiệt được gây ra với trở kháng điện và dòng điện, tất cả đều thuộc loại này. Có lẽ không hiển nhiên rằng một khung mẫu là điều kiện tiên quyết cho việc phát hiện ra các qui luật như thế này. Ta thường nghe rằng chúng được tìm thấy bằng xem xét các đo lường được thực hiện vì chính chúng mà không có cam kết lí thuyết. Song lịch sử không cung cấp sự ủng hộ nào cho một phương pháp Baconian quá đáng đến vậy. Các thí nghiệm của Boyle đã không thể hình dung ra được (và nếu giả như được nghĩ ra nó sẽ nhận được một sự diễn giải khác hay không hề được diễn giải) cho đến khi không khí được nhận ra như một chất lỏng đàn hồi mà tất cả các khái niệm tinh vi của thủy tĩnh học có thể được áp dụng.<sup>[21]</sup> Thành

công của Coulomb phụ thuộc vào việc xây dựng thiết bị đặc biệt của ông để đo lực giữa các điểm điện tích. (Những người trước kia đã thử đo lực điện dùng cân đĩa bình thường, v.v., đã không hề tìm thấy sự đều đặn nào). Nhưng thiết kế đó, đến lượt, lại phụ thuộc vào sự thừa nhận trước nữa rằng mỗi hạt chất lỏng điện tác động lên mỗi hạt khác ở một khoảng cách. Chính lực giữa các hạt như vậy- cái duy nhất có thể được giả thiết an toàn như một hàm đơn giản của khoảng cách – là cái Coloumb đã tìm kiếm.<sup>[22]</sup> Các thí nghiệm của Joule cũng có thể được dùng để minh họa các qui luật định lượng nổi lên ra sao qua trình bày rõ khung mẫu. Thực ra, quan hệ giữa khung mẫu định tính và các qui luật định lượng là tổng quát và mật thiết đến mức, kể từ Galileo, các qui luật như vậy thường được phỏng đoán đúng đắn với sự giúp đỡ của khung mẫu hàng năm trước khi máy móc có thể được thiết kế cho việc xác định chúng bằng thí nghiệm.<sup>[23]</sup>

Cuối cùng, có loại thí nghiệm thứ ba nhằm tới trình bày rõ một khung mẫu. Hơn các loại khác loại này có thể giống với sự thăm dò, và nó đặc biệt phổ biến ở các giai đoạn và các khoa học đề cập nhiều hơn đến các khía cạnh định tính hơn là định lượng của sự đều đặn của tự nhiên. Thường một khung mẫu được phát triển cho một tập các hiện tượng lại mơ hồ trong ứng dụng của nó vào các hiện tượng liên quan mật thiết khác. Khi đó các thí nghiệm nhất thiết phải chọn giữa các cách lựa chọn khả dĩ về áp dụng khung mẫu cho lĩnh vực quan tâm mới. Thí dụ, các ứng dụng mẫu của lí thuyết nhiệt để làm nóng và làm lạnh bằng pha trộn và bằng thay đổi trạng thái. Nhưng nhiệt có thể được giải phóng hay hấp thụ theo nhiều cách khác – thí dụ, bằng hợp chất hoá học, bằng ma sát, và bằng nén hay hút khí – và đối với mỗi trong các hiện tượng khác này lí thuyết có thể được áp dụng theo nhiều cách. Nếu giả như chân không có một nhiệt dung, thí dụ, làm nóng bằng nén có thể được giải thích như sự pha trộn khí và chân không. Hay nó có thể do một sự thay đổi về tỉ nhiệt của các khí với thay đổi áp suất. Và ngoài ra có nhiều giải thích khác. Nhiều thí nghiệm được thực hiện để tra chuốt các khả năng khác nhau này và để phân biệt chúng; tất cả các thí nghiệm này đều nảy sinh từ lí thuyết nhiệt như khung mẫu, và tất cả đều khai thác nó trong thiết kế các thí nghiệm và trong diễn giải các



kết quả.<sup>[24]</sup> Một khi hiện tượng làm nóng bằng nén được xác lập, tất cả các thí nghiệm thêm nữa trong lĩnh vực là phụ thuộc khung mẫu theo cùng cách. Cho trước hiện tượng, làm sao có thể chọn khác một thí nghiệm để làm sáng tỏ nó?

Bây giờ quay sang các vấn đề lí thuyết của khoa học thông thường, chúng chia thành các lớp rất gần giống như các lớp thí nghiệm và quan sát. Một phần của công việc lí thuyết thông thường, tuy là phần nhỏ, đơn giản cốt ở dùng lí thuyết hiện hành để dự đoán thông tin về sự thực có giá trị nội tại. Việc chế tạo các lịch thiên văn, tính các đặc trưng thấu kính, và tạo ra các đường cong truyền sóng vô tuyến là những ví dụ về các vấn đề thuộc loại này. Các nhà khoa học, tuy vậy, thường coi chúng như công việc làm thuê được giao cho các kĩ sư hay các kĩ thuật viên. Không lúc nào rất nhiều trong số chúng xuất hiện trên các tạp chí khoa học quan trọng. Nhưng các tạp chí này chứa rất nhiều thảo luận lí thuyết về các vấn đề mà, đối với người không phải nhà khoa học, hẳn có vẻ hầu như y hệt. Đây là các thao tác của lí thuyết được thực hiện, không bởi vì các dự đoán trong đó chúng được tạo ra là có giá trị nội tại, mà bởi vì chúng có thể được đối chiếu trực tiếp với thí nghiệm. Mục đích của chúng là để phô bày một ứng dụng mới của khung mẫu hay để tăng độ chính xác của một ứng dụng đã được tiến hành rồi.

Nhu cầu về công việc loại này nảy sinh từ các khó khăn rất lớn thường gặp khi phát triển các điểm tiếp xúc giữa một lí thuyết và tự nhiên. Các khó khăn này có thể được minh họa ngắn gọn bằng xem xét lịch sử động học sau Newton. Vào đầu thế kỉ mười tám những người thấy một khung mẫu trong *Principia* coi tính tổng quát của các kết luận của nó là dĩ nhiên, và họ có mọi lí do để làm vậy. Không tác phẩm nào được biết trong lịch sử khoa học đã đồng thời cho phép một sự tăng lên lớn đến vậy cả về phạm vi và độ chính xác của nghiên cứu. Đối với khoảng trời Newton đã dẫn ra các định luật Kepler về chuyển động hành tinh và cũng đã giải thích các khía cạnh nào đó được quan sát theo đó mặt trăng không tuân theo chúng. Đối với trái đất ông đã dẫn ra các kết quả của các quan sát nào đó về con lắc và thủy triều. Với sự giúp đỡ của các giả thiết thêm nhưng *ad hoc* [đặc biệt], ông cũng đã có thể dẫn ra Định luật Boyle và một công thức quan trọng cho tốc độ âm thanh trong không khí. Căn cứ

và trạng thái khoa học lúc đó, thành công của các việc minh chứng là cực kì gây ấn tượng. Thế nhưng căn cứ vào tính tổng quát có lí của các Định luật Newton, số các ứng dụng đã không nhiều, và Newton đã hầu như không phát triển ứng dụng nào khác. Hơn nữa, so với cái mà bất cứ sinh viên cao học nào về vật lí có thể đạt được với cùng các định luật đó ngày nay, vài ứng dụng của Newton thậm chí không được trình bày chính xác. Cuối cùng, *Principia* đã được dự kiến cho các ứng dụng chủ yếu cho các vấn đề cơ học thiên văn. Thích nghi nó làm sao cho các ứng dụng ở trái đất, đặc biệt cho các ứng dụng về chuyển động với ràng buộc, đã chẳng hề rõ chút nào. Các vấn đề trái đất, trong mọi trường hợp, đã được bắt đầu rồi với thành công lớn bởi một tập các kĩ thuật hoàn toàn khác ban đầu được Galileo và Huyghens phát triển và được mở rộng ra trên Lục địa trong thế kỉ mười tám bởi anh em nhà Bernoulli, d'Alembert, và nhiều người khác. Có lẽ các kĩ thuật của họ và của *Principia* có thể được chứng tỏ là các trường hợp đặc biệt của một cách trình bày tổng quát hơn, nhưng trong một thời gian không ai hiểu rõ hoàn toàn phải làm thế nào. [\[25\]](#)

Hãy giới hạn sự chú ý một lúc vào vấn đề về tính chính xác. Chúng ta đã minh hoạ rồi khía cạnh kinh nghiệm của nó. Đã cần đến thiết bị đặc biệt – như máy móc của Cavendish, máy Atwood, hay các kính thiên văn được cải thiện – để cung cấp số liệu đặc biệt mà các ứng dụng cụ thể của khung mẫu Newton đòi hỏi. Những khó khăn tương tự trong nhận được sự phù hợp đã tồn tại ở phía lí thuyết. Để áp dụng các định luật của mình cho các con lắc, thí dụ, Newton đã buộc phải coi quả lắc như một điểm khối lượng để cho một định nghĩa duy nhất về độ dài con lắc. Hầu hết các định lí của ông, ít ngoại lệ mang tính giả thuyết và sơ bộ, cũng bỏ qua ảnh hưởng của sức cản không khí. Đây là các phép xấp xỉ vật lí đúng đắn. Tuy nhiên, với tư cách các phép xấp xỉ chúng đã hạn chế sự phù hợp được mong đợi giữa các dự đoán của Newton và các thí nghiệm thực sự. Cùng những khó khăn xuất hiện thậm chí rõ hơn trong ứng dụng lí thuyết Newton vào bầu trời. Những quan sát bằng kính thiên văn đơn giản cho thấy rằng các hành tinh không hoàn toàn tuân theo các định luật Kepler, và lí thuyết Newton cho thấy chúng không phải. Để dẫn ra các định luật này, Newton đã buộc phải bỏ qua mọi sức hút hấp dẫn trừ sức hút giữa cá nhân các hành tinh



và mặt trời. Vì các hành tinh có hút lẫn nhau, chỉ có thể mong đợi sự phù hợp gần đúng giữa lí thuyết được áp dụng với quan sát bằng kính thiên văn. [\[26\]](#)

Sự phù hợp đạt được, tất nhiên, đã nhiều hơn sự thoả mãn đối với những người nhận được nó. Trừ một số vấn đề ở trái đất, không lí thuyết khác nào có thể làm gần tốt đến thế. Không ai trong số những người nghi ngờ tính hợp lệ của công trình của Newton đã làm vậy bởi vì sự phù hợp hạn chế của nó với thí nghiệm và quan sát. Tuy nhiên, các hạn chế này về sự phù hợp để lại nhiều vấn đề lí thuyết quẩn rũ cho những người kế tục Newton. Đã cần đến những kĩ thuật lí thuyết, thí dụ, để xử lí chuyển động của nhiều hơn hai vật thể hút nhau đồng thời và để khảo sát tính ổn định của các quỹ đạo bị xáo động. Các nhà toán học giỏi nhất châu Âu đã bận rộn với vấn đề giống thế trong thế kỉ mười tám và đầu thế kỉ mười chín. Euler, Lagrange, Laplace, và Gauss tất cả đã thực hiện một số trong hầu hết các công trình lỗi lạc nhất của họ về các vấn đề nhắm tới cải thiện sự phù hợp giữa khung mẫu Newton và quan sát bầu trời. Nhiều trong số các nhân vật này đã làm việc đồng thời để phát triển toán học cần thiết cho các ứng dụng mà cả Newton lẫn trường phái Lục địa đương thời của cơ học đã thậm chí chẳng thử. Họ tạo ra, thí dụ, các tài liệu rất rộng lớn và một số kĩ thuật toán học rất hùng mạnh cho thuỷ động học và các vấn đề về các dây dao động. Các vấn đề ứng dụng này giải thích cho cái có lẽ là công trình khoa học lỗi lạc và chi phối nhất của thế kỉ mười tám. Có thể phát hiện ra các thí dụ khác bằng xem xét giai đoạn hậu khung mẫu trong sự phát triển của nhiệt động học, lí thuyết sóng về ánh sáng, lí thuyết điện từ, hay bất cứ ngành khoa học nào khác mà các định luật cơ bản của chúng là hoàn toàn định lượng. Ít nhất trong các khoa học có tính toán học hơn, hầu hết công trình lí thuyết là thuộc loại này.

Nhưng không phải tất cả đều là loại này. Ngay cả trong các khoa học toán học cũng có các vấn đề lí thuyết của việc trình bày rõ khung mẫu; và trong các thời kì khi sự phát triển khoa học chủ yếu là định tính, các vấn đề này át hẳn. Một số vấn đề, trong cả các khoa học định lượng hơn và định tính hơn, mục tiêu đơn giản để làm rõ bằng trình bày lại. *Principia*, thí dụ, đã không luôn tỏ ra là một tác phẩm dễ áp dụng, một phần bởi vì nó giữ lại một số vụng về không

tránh khỏi trong một công trình táo bạo đầu tiên và một phần bởi vì rất nhiều ý nghĩa của nó đã chỉ ẩn tàng trong các ứng dụng của nó. Đối với nhiều ứng dụng ở trái đất, trong mọi trường hợp, một tập đường như không có quan hệ của các kĩ thuật Lục địa có vẻ hùng mạnh hơn rất nhiều. Vì thế, từ Euler và Lagrange trong thế kỉ mười tám cho đến Hamilton, Jacobi, và Hertz trong thế kỉ mười chín, nhiều nhà vật lí toán lỗi lạc nhất của châu Âu đã hết lần này đến lần khác cố gắng trình bày lại lí thuyết cơ học ở một dạng tương đương nhưng thoả mãn hơn về mặt logic và thẩm mĩ. Tức là, họ đã muốn trưng bày các bài học rõ ràng và ẩn tàng của *Principia* và của cơ học Lục địa trong một phiên bản chặt chẽ hơn về mặt logic, một phiên bản ngay lập tức đồng đều hơn và ít lập lờ hơn trong việc áp dụng nó cho các vấn đề mới được trau chuốt của cơ học. [\[27\]](#)

Các trình bày lại tương tự của một khung mẫu đã xảy ra lặp đi lặp lại trong mọi khoa học, nhưng phần lớn đã tạo ra những thay đổi đáng kể hơn trong khung mẫu so với các trình bày lại của *Principia* được nhắc đến ở trên. Những thay đổi như vậy là kết quả từ các công trình kinh nghiệm đã được mô tả trước đây như nhắm tới trình bày rõ khung mẫu. Quả thực, đi phân loại các công trình loại đó như kinh nghiệm là việc tuỳ tiện. Hơn bất cứ loại nghiên cứu thông thường khác nào, các vấn đề về trình bày rõ khung mẫu đồng thời mang tính lí thuyết và thực nghiệm; các thí dụ đưa ra ở trước sẽ phục vụ tốt ngang nhau ở đây. Trước khi ông có thể xây dựng thiết bị của mình và đo lường với nó, Coulomb đã phải áp dụng lí thuyết điện để xác định thiết bị của ông phải được xây dựng ra sao. Kết quả của các đo lường của ông là một sự làm tinh lí thuyết đó. Hoặc lại nữa, những người thiết kế các thí nghiệm để phân biệt các lí thuyết khác nhau về làm nóng bằng nén nói chung cũng là những người đã dựng lên các phiên bản cần so sánh đó. Họ đã làm việc cả với sự thực và với lí thuyết, và công việc của họ không đơn giản tạo ra thông tin mới mà tạo ra một khung mẫu chính xác hơn, nhận được bằng loại bỏ những mập mờ mà phiên bản gốc vẫn giữ lại và dựa trên đó họ đã xuất phát. Trong nhiều khoa học, hầu hết công việc thông thường là thuộc loại này.

Tôi nghĩ, ba lớp vấn đề này – xác định các sự thực quan trọng, làm khớp các sự thực với lí thuyết, và trình bày rõ lí thuyết – vét cạn

các tài liệu của khoa học thông thường, cả thực nghiệm lẫn lí thuyết. Tất nhiên, chúng không vét cạn hoàn toàn toàn bộ tài liệu chuyên môn khoa học. Cũng có các vấn đề lạ thường, và rất có thể sự giải quyết chúng là cái làm cho công việc mạo hiểm khoa học như một tổng thể lại đặc biệt xứng đáng đến vậy. Nhưng các vấn đề đặc biệt, lạ thường không phải để yêu cầu. Chúng nổi lên chỉ trong các dịp đặc biệt do sự tiến bộ của nghiên cứu khoa học thông thường chuẩn bị. Vì thế, chắc chắn tuyệt đại đa số các vấn đề được ngay cả các nhà khoa học giỏi nhất đảm đương thường rơi vào một trong ba loại (lớp) được phác thảo ở trên. Công việc dưới khung mẫu không thể được tiến hành theo cách khác, và rời bỏ khung mẫu là ngưng thực hành khoa học do nó xác định. Chúng ta sẽ mau chóng phát hiện ra rằng những sự từ bỏ như vậy có xảy ra. Chúng là các điểm tựa mà quanh đó các cuộc cách mạng khoa học rẽ ngoặt. Nhưng trước khi bắt đầu nghiên cứu các cuộc cách mạng như vậy, chúng ta cần một cái nhìn bao quát hơn về theo đuổi nghề khoa học thông thường dọn đường cho cách mạng.