

## LỜI GIỚI THIỆU – NHỮNG CON ĐƯỜNG CỦA ÁNH SÁNG

Ánh sáng là người bạn tri kỉ của tôi. Trong công việc của nhà vật lý thiên văn, tôi thường xuyên phải làm việc với nó. Nó là phương tiện đặc ân mà tôi có để đối thoại với vũ trụ.

Các hạt có năng lượng cao phát ra từ các cơn hấp hối bùng nổ của các ngôi sao nặng, mà người ta gọi là các “tia vũ trụ”, hay các sóng hấp dẫn, các sóng độ cong của không gian được tạo ra từ sự co mạnh ở lõi của một khôi sao nặng để trở thành nơi giam cầm ánh sáng - một lỗ đen -, hay từ chuyển động điên cuồng của một cặp lỗ đen nhảy múa quanh nhau, đều mang đến cho chúng ta rất nhiều thông tin mới lạ về không gian xa xôi.

Nhưng không phải các tia vũ trụ, cũng chẳng phải các sóng hấp dẫn là các sứ giả chính của vũ trụ. Chính ánh sáng mới là cái đảm nhiệm vai trò này. Không còn nghi ngờ gì nữa, phần lớn các thông tin về vũ trụ mà chúng ta biết được đều là nhờ sự giúp đỡ hữu hiệu và trung thành của ánh sáng. Đó là sứ giả tuyệt vời nhất của vũ trụ. Chính ánh sáng cho phép chúng ta giao tiếp và kết nối với vũ trụ. Chính ánh sáng đã chuyển tải những đoạn nhạc và các nốt rời rạc của cái giai điệu bí ẩn của vũ trụ mà con người kỳ công tái dựng với tất cả vẻ đẹp tráng lệ của nó.

Ánh sáng đóng vai trò sứ giả của vũ trụ nhờ ba tính chất cơ bản mà các bà mụ đã ban tặng cho nó lúc chào đời: 1) ánh sáng không lan truyền tức thì, và phải mất một khoảng thời gian mới đến được chỗ chúng ta; 2) ánh sáng tương tác với vật chất; và 3) ánh sáng thay đổi màu sắc khi được phát đi bởi một nguồn sáng chuyển động đối với người quan sát.

Bởi vì ánh sáng không lan truyền tức thì, nên chúng ta nhìn vũ trụ bao giờ cũng muộn hơn, và chính điều này cho phép chúng ta lần ngược trở lại theo thời gian, để khám phá quá khứ của vũ trụ và tái tạo bản sử thi hoành tráng và kỳ diệu của vũ trụ khoảng 14 tỷ năm dẫn đến chúng ta. Ngay cả khi ánh sáng lan truyền với vận tốc lớn nhất có thể trong vũ trụ: 300 000 kilômét mỗi giây - một cái nháy mắt là ánh sáng đã có thể chạy bảy vòng quanh Trái Đất! -, thì ở thang vũ trụ vận tốc ấy cũng chỉ như rùa bò. Bởi vì nhìn xa, nghĩa là nhìn sớm – chúng ta nhìn Mặt Trăng muộn hơn một giây, Mặt trời gần tám phút, ngôi sao gần nhất hơn bốn năm, thiên hà gần nhất giống dải Ngân Hà của chúng ta, thiên hà Andromède, sau 2,3 triệu năm, các quasar xa nhất sau khoảng mười hai tỉ năm -, nên các kính thiên văn, hay còn gọi là các giáo đường của thời hiện đại, nơi đón nhận ánh sáng của vũ trụ, là các cỗ máy đích thực lần ngược lại thời gian. Các nhà thiên văn học đang miệt mài chế tạo các kính thiên văn tiếp nối các kính thiên văn khổng lồ hiện nay để nhìn được những thiên thể mờ hơn, cũng có nghĩa là xa hơn và sớm hơn, và lần ngược lại thời gian khoảng 13 tỷ năm ánh sáng, tới tận khoảng 1 tỷ năm sau Big Bang, với hy vọng ngắm nhìn

trực tiếp sự ra đời của các ngôi sao và thiên hà đầu tiên. Bằng cách khám phá quá khứ của vũ trụ, các nhà vật lý thiên văn có thể sẽ hiểu được hiện tại và tiên đoán được tương lai của nó.

Ánh sáng cho phép chúng ta lần ngược trở lại quá khứ do nó cần phải mất một khoảng thời gian mới đến được chúng ta. Ánh sáng cũng mang theo nó bản mặt mã vũ trụ, và một khi giải được mật mã này chúng ta sẽ tiếp cận được bí mật về cấu tạo hóa học của các sao và thiên hà, cũng như bí mật về chuyển động của chúng. Sở dĩ như vậy là vì ánh sáng tương tác với các nguyên tử cấu thành vật chất nhìn thấy được của vũ trụ. Trên thực tế, ánh sáng chỉ có thể nhìn thấy được nếu nó tương tác với các vật. Ánh sáng tự thân là ánh sáng không nhìn thấy được. Để ánh sáng nhìn thấy được, thì đường đi của nó phải bị một vật nào đó chặn lại, vật ấy có thể là cánh hoa hồng, là các chất màu trên bảng màu của người họa sĩ, là gương của kính thiên văn hay võng mạc của mắt chúng ta. Tùy theo cấu trúc nguyên tử của vật chất mà ánh sáng tiếp xúc, ánh sáng sẽ bị hấp thụ một lượng năng lượng rất chính xác. Tới mức nếu chúng ta thu được quang phổ của ánh sáng do một sao hay một thiên hà phát ra – hay nói cách khác, nếu chúng ta dùng lăng kính phân tách nó thành các thành phần năng lượng hay màu sắc khác nhau –, thì chúng ta sẽ phát hiện ra rằng quang phổ này không liên tục, mà bị ngắt thành các vạch hấp thụ dọc tương ứng với năng lượng đã bị các nguyên tử hấp thụ. Vị trí của các vạch này không hề tùy tiện, mà là phản ánh một cách trung thực sự sắp xếp các quỹ đạo electron trong các nguyên tử của vật chất. Sự sắp xếp này là độc nhất đối với mỗi nguyên tố hóa học. Nó là một dạng dấu vân tay, một loại thẻ căn cước của các nguyên tố hóa học cho phép nhà vật lý thiên văn nhận ra các nguyên tố này một cách dễ dàng. Ánh sáng cho chúng ta biết thành phần hóa học của vũ trụ bằng cách như vậy đó.

Ánh sáng cũng cho phép nhà thiên văn học nghiên cứu chuyển động của các thiên thể. Vì trên trời chẳng có gì là đứng yên. Lực hấp dẫn làm cho tất cả các cấu trúc của vũ trụ - như sao, thiên hà, đám thiên hà... - hút lẫn nhau và “rơi” vào nhau. Chuyển động rơi này hòa vào chuyển động giãn nở chung của vũ trụ. Thực tế, Trái Đất cũng tham gia vào một vũ điệu vũ trụ tuyệt vời. Nó mang chúng ta qua không gian với vận tốc khoảng ba chục kilômét mỗi giây trong chuyến chu du hàng năm quanh Mặt Trời. Đến lượt mình, Mặt Trời lại kéo theo Trái Đất, và cùng với Trái Đất là chúng ta, trong chuyến chu du của nó quanh trung tâm của Ngân Hà, với vận tốc hai trăm ba mươi kilômét mỗi giây. Thế vẫn chưa hết: Ngân Hà lại rơi với vận tốc chín mươi kilômét mỗi giây về phía thiên hà đồng hành với nó là Andromède. Đến lượt mình, cụm thiên hà địa phương chứa thiên hà của chúng ta và Andromède cũng lại rơi với vận tốc khoảng sáu trăm kilômét mỗi giây về đám Vierge, và đám này lại rơi vào một tập hợp lớn các thiên hà gọi là “Nhân hút Lớn”. Bầu trời tĩnh và bất động của Aristote đã chết hẳn! Trong vũ trụ, tất cả đều vô thường, đều thay đổi và chuyển hóa liên tục. Chúng ta không nhìn thấy sự náo động mãnh liệt này bởi vì các thiên thể ở quá xa, và

cuộc sống của chúng ta quá ngắn ngủi. Một lần nữa, lại chính ánh sáng đã tiết lộ cho chúng ta sự vô thường này của vũ trụ. Ánh sáng thay đổi màu sắc khi nguồn sáng chuyển động so với người quan sát. Ánh sáng dịch chuyển về phía đỏ (các vạch hấp thụ dọc dịch chuyển về phía năng lượng nhỏ hơn) nếu vật tiến ra xa, và về phía xanh lam (các vạch hấp thụ dọc dịch chuyển về phía năng lượng cao hơn) nếu vật tiến lại gần. Bằng cách đo sự dịch chuyển về phía đỏ hay phía xanh này, nhà thiên văn học sẽ tái hiện được các chuyển động vũ trụ.

Như vậy ánh sáng kết nối chúng ta với vũ trụ. Nhưng ánh sáng không chỉ thiết yếu đối với nhà thiên văn học. Tất cả chúng ta đều là con đẻ của ánh sáng. Ánh sáng đến từ Mặt Trời là nguồn gốc của sự sống. Dù là tự nhiên hay nhân tạo, ánh sáng cho phép chúng ta không chỉ ngắm nhìn thế giới, mà còn tương tác với thế giới và tiến hóa trong thế giới. Nó không chỉ ban cho chúng ta nhìn thấy, mà còn ban cho chúng ta tự duy nữa. Từ những thời rất xa xưa cho tới ngày nay, ánh sáng luôn mê hoặc trí tuệ con người, dù đó là nhà khoa học, triết gia, nghệ sĩ hay tu sĩ. Tôi muốn thuật lại ở đây lịch sử hùng tráng của những nỗ lực của con người nhằm thâm nhập vào lòng của vương quốc ánh sáng để đột phá những bí mật của nó. Tôi muốn khám phá không chỉ các chiêu kích khoa học và công nghệ của ánh sáng, mà cả các chiêu kích thẩm mỹ, nghệ thuật và tâm linh của ánh sáng nữa. Tôi muốn nghiên cứu không chỉ vật lý về ánh sáng, mà cả siêu hình học về ánh sáng. Ý đồ của tôi là tìm hiểu xem bằng cách nào ánh sáng đã giúp chúng ta trở thành người.

Các chương từ 1 đến 3 kể lại các những nỗ lực của con người nhằm đột phá các bí mật khoa học của ánh sáng.

Chương đầu tiên bắt đầu với khái niệm của người Hy Lạp về một “ngọn lửa bên trong”, một con mắt chăm chú quan sát thế giới bằng cách phóng chiếu lên nó các tia sáng, trái ngược với quan niệm hiện nay về ánh sáng, theo đó, ánh sáng không phải đi từ mắt tới vật, mà từ vật tới mắt. Chương này tiếp tục với Euclid và hình học của ông về thị giác và mặt nón các tia thị giác, với nhà bác học Arập Alhazen, người vứt bỏ khái niệm ngọn lửa bên trong và đảo ngược hướng của các tia sáng, để rồi kết thúc với Léonard de Vinci, người hiểu được rằng các hình ảnh của thế giới bên ngoài được phóng chiếu theo chiều bị đảo ngược lên võng mạc của mắt.

Chương 2 phát triển các quan niệm mới về ánh sáng do cuộc đại cách mạng khoa học thế kỷ XVII mang lại. Kepler và Descartes đã phát hiện ra rằng não đóng vai trò tích cực trong thị giác, rằng chính não đã tái lập lại sự định hướng đúng của vật và làm cho chúng ta nhìn thấy thế giới ở đúng vị trí của nó. Bằng cách dùng lăng kính phân tách ánh sáng trắng thành bảy màu, bảy sắc cầu vòng, Newton đã đưa ra khái niệm về các màu cơ bản.

Chương 3 tập trung quanh cuộc tranh luận về bản chất của ánh sáng: ánh sáng là hạt, như Newton quả quyết, hay là sóng, như Huygens, Young và Fresnel khẳng định? Vào thế kỷ XVIII, Young đã chứng minh rằng sự thêm ánh sáng vào ánh sáng có thể lại dẫn đến bóng tối, điều này chỉ có thể giải thích được nếu ánh sáng có bản chất sóng. Faraday và Maxwell, khi ngợi ca sự kết hợp của điện và từ, và chứng tỏ rằng các sóng điện từ cũng không khác gì các sóng ánh sáng, đã củng cố thêm quan niệm sóng về ánh sáng. Vào thế kỷ XX, Einstein, bằng cách tự vấn thế giới có thể sẽ trình hiện như thế nào trước mắt mình khi nó cũng chuyển động nhanh như một hạt ánh sáng, đã tạo ra một cuộc cách mạng trong các quan niệm về thời gian và không gian, và đã thông nhất vật chất và năng lượng bằng thuyết tương đối hẹp. Để giải thích hành trạng của các electron phát ra từ bề mặt của một kim loại dưới tác dụng của ánh sáng - mà người ta gọi là "hiệu ứng quang điện" -, Einstein đã đưa trở lại quan niệm ánh sáng là hạt, nhưng gán cho các hạt này một "lượng tử năng lượng", ý tưởng đã được Planck đưa ra trước đó.

Vậy ánh sáng là sóng hay hạt? Bohr và các đồng nghiệp của ông, những người sáng lập ra một môn vật lý mới gọi là "cơ học lượng tử", tuyên bố rằng ánh sáng vừa là sóng vừa là hạt. Giống như Janus, ánh sáng có hai khuôn mặt bổ sung cho nhau. Nó xuất hiện như một sóng hoặc như một hạt tùy theo dụng cụ đo được sử dụng.

Chương 4 khám phá các dạng ánh sáng thiên thể khác nhau xuất hiện trong suốt lịch sử dài dằng dặc của vũ trụ. Chương này đặt ra câu hỏi: trong tương lai rất xa những ánh sáng này sẽ trở nên như thế nào? Bắt đầu bằng ánh sáng nguyên thủy, vô cùng nóng, của Big Bang, ánh sáng này trình hiện trước chúng ta ngày nay dưới dạng một bức xạ hóa thạch, bị lạnh đi rất nhiều bởi sự giãn nở của vũ trụ và choán khắp vũ trụ. Sau đó chương này sẽ đề cập đến sự tiến hóa của ánh sáng các sao và thiên hà, từ sự ra đời của các sao đầu tiên cho đến cái chết của các tinh tú gần đây nhất.

Chương này cũng nhắc đến đối trọng của ánh sáng, đó là bóng tối. Sau rốt, vật chất sáng của các sao và các thiên hà chỉ chiếm 0,5 tổng lượng vật chất và năng lượng của vũ trụ. Chúng ta đang sống trong một vũ trụ-tảng băng trôi, chỉ nhìn thấy phần nhô lên rất nhỏ. Trong 99,5% còn lại, 3,5% được cấu thành từ vật chất thông thường không phát ra bất kỳ ánh sáng nhìn thấy được nào, 26% vật chất ngoại lai không phát ra bất kỳ ánh sáng nhìn thấy được hoặc ánh sáng nào khác, và bản chất của chúng thì vẫn hoàn toàn là bí ẩn (người ta gọi đó là "vật chất tối"), và 70% còn lại tạo thành "năng lượng tối", tác dụng như một lực đẩy làm tăng sự giãn nở của vũ trụ, và bản chất của năng lượng này cũng hoàn toàn bí ẩn.

Chương 5 đề cập chi tiết hơn về ánh sáng mặt trời, nguồn gốc của sự sống và năng lượng, và vô số các cảnh tượng ánh sáng với tất cả những vẻ đẹp mà ánh sáng mặt trời sinh ra trên Trái Đất. Chương này đề cập đến sự quang hợp của cây cối, phản ứng sinh hóa quan trọng nhất cho sự sống của chúng ta trên Trái Đất, và những nguy cơ mà con người đang gây ra cho hành tinh bởi hành động phá hủy đại dột các khu rừng nhiệt đới và gây ô nhiễm khí quyển trái đất. Chương này không chỉ đề cập đến những mặt tích cực, mà còn cả những mặt tiêu cực của ánh sáng mặt trời khi người ta lạm dụng nó. Tác giả cũng giải thích cảnh tượng huyền diệu của cầu vòng, màu đỏ rực rỡ của hoàng hôn, "tia xanh" bí hiểm, màu trắng của những đám mây, màu lam thẫm của các dãy núi xa xa, màu xanh thẫm của đại dương, màu xanh vắt của bầu trời quang mây...

Chương 6 kể lại cách con người chế ngự ánh sáng phục vụ cuộc sống của mình và giao tiếp với đồng loại, và nhờ vậy đã biến hành tinh thành một ngôi làng toàn cầu. Chương này bắt đầu bằng công cuộc chinh phục lửa, sau đó đề cập đến ánh sáng nhân tạo với phát minh ra đuốc và đèn thắp bằng mỡ động vật và dầu thực vật, nến, đèn gaz và, cuối cùng là bóng điện và đèn huỳnh quang. Tiếp theo là phát minh ra lazer, đứa con của cơ học lượng tử, kết quả của sự "khuếch đại" ánh sáng nhìn thấy được, và với vô số các ứng dụng đa dạng bắt nguồn từ đó.

Sau đó tác giả đề cập đến việc sử dụng ánh sáng để vận chuyển thông tin và kết nối nhân loại. Các mạng cáp quang khổng lồ vận chuyển ánh sáng ngang dọc khắp thế giới. Chúng tải hàng triệu cuộc điện đàm và kết nối tất cả các máy tính của hành tinh thành một mạng khổng lồ gọi là Internet. Internet hiện nay vẫn dựa trên các máy điện quang, trong đó các electron kết hợp chặt chẽ với các photon để truyền thông tin. Nhưng công nghệ internet điện quang này sẽ sớm được thay thế bằng Internet quang tử, dựa hoàn toàn trên ánh sáng.

Chương 6 kết thúc với các máy của tương lai, các máy lượng tử. Làm thế nào để sử dụng được các tính chất lượng tử lạ lùng và kỳ diệu của ánh sáng để viễn tải các hạt (viễn tải lượng tử), để ngăn chặn tin tặc (mật mã lượng tử) và tính toán cực kỳ nhanh (máy tính lượng tử)?

Chương 7 đề cập đến mối quan hệ mật thiết của mắt và não, đến cách kết hợp chặt chẽ của hai cơ quan này để cho phép chúng ta nhìn thấy. Chương này cũng khám phá cách thức mà ánh sáng góp phần làm phong phú thế giới tinh thần và nghệ thuật của con người. Mắt là một dụng cụ quang học kỳ diệu mà tiến hóa sinh học đã nhào nặn một cách độc lập cho rất nhiều loài. Mặc dù mắt người chỉ chứa ba loại tế bào thị giác nhạy cảm chỉ với ba loại màu: đỏ, xanh và tím, nhưng nhờ hoạt động của não, con người có thể tri giác được tới khoảng vài trăm sắc thái và màu của thế giới. Chính nhờ có não mà chúng ta nhạy cảm với ánh sáng, mà ánh sáng khơi dậy trong chúng ta biết bao xúc cảm và tình cảm. Theo Goethe, ánh sáng có một bản chất sâu kín và tâm

linh, và các màu là “những hành động và nỗi đớn đau của ánh sáng”. Một vật có màu sắc được tri giác bởi cả mắt và não.

Các màu chuyển tải các mã, các ý nghĩa được che khuất, những điều cấm kị và các định kiến mà chúng ta phản ứng lại một cách vô thức. Các họa sĩ là những bậc thầy trong nghệ thuật sử dụng ánh sáng để gợi ấn tượng và cảm giác về hiện thực. Monet, một họa sĩ thuộc trường phái ấn tượng, đã biến ánh sáng thành một yếu tố căn bản và luôn thay đổi trong tranh của ông. Ông muốn thu咫m trên tranh của ông “tính tức thời”, cái thần thái của sự vật ở một thời điểm nhất định. Ánh sáng, vốn thay đổi theo thời gian, và màu sắc, vốn thay đổi theo sự chiếu sáng, phải được tính đến bằng mọi giá. Bị mê hoặc bởi các phát kiến khoa học liên quan đến ánh sáng và thị giác, Seurat đã sáng tạo ra lối vẽ điểm hoạ của ông. Những biến đổi của sắc độ không còn được tạo ra bằng cách pha trộn các màu trên bảng màu nữa, mà bằng cách bắt mắt và não của người xem phải tổ hợp các điểm màu khác nhau trong một loại “đại tổng hợp thị giác”. Từ bỏ phép phối cảnh truyền thống, Cézane đã tiến hành thử nghiệm với không gian và màu sắc. Theo ông, hội họa không phải là nghệ thuật bắt chước một vật. Vẽ, đó chính là sử dụng màu sắc và hình khối để thể hiện các cảm giác bên trong mãnh liệt trước thế giới bên ngoài. Còn Kandinsky đã đầy sự trừu tượng đi xa hơn nữa: khẳng định chiều kích tinh thần của ánh sáng và các màu sắc, ông khẳng định rằng hội họa có thể vượt qua các hình khối và chỉ thể hiện bằng các đường nét, các vết và các màu, rằng mỗi một màu sắc đều biểu lộ một sự cộng hưởng nội tại riêng có đối với tâm hồn và do đó có thể được sử dụng một cách độc lập với hiện thực thị giác. Chiều kích tinh thần này của ánh sáng đã được các tôn giáo và các truyền thống tâm linh ca ngợi đến cực điểm. Trong Cơ đốc giáo, Chúa là ánh sáng, và nghệ thuật Gothic trước hết là nghệ thuật ánh sáng. Trong Phật giáo, ẩn dụ ánh sáng được sử dụng để chỉ sự tiêu tan của vô minh và nhận ra diệu đế.

Cuốn sách này dành cho những “chính nhân” không nhất thiết phải có một hành trang kỹ thuật, mà chỉ cần có óc tò mò ham hiểu biết về vật lý và siêu hình của ánh sáng. Trong quá trình viết cuốn sách này, tôi đã cố gắng hết sức có thể để tránh sử dụng các thuật ngữ chuyên ngành mà vẫn không làm mất đi độ chính xác và nghiêm túc khoa học. Tôi đặc biệt quan tâm làm thế nào để cho hình thức trình bày là đơn giản nhất, rõ ràng nhất và dễ đọc nhất, nhằm chuyển tải đến bạn đọc các khái niệm đôi khi khô khan, xa lạ và khó hiểu. Tôi cũng đã đưa vào nhiều hình ảnh và một tập các hình minh họa màu không chỉ để cụ thể hóa những gì tôi đã trình bày, mà còn để việc đọc cuốn sách này thêm vui mắt.

TRỊNH XUÂN THUẬN (Charlottesville, tháng 11 năm 2006)

## CON MẮT CỒ ĐẠI VÀ NGỌN LỬA BÊN TRONG

Ánh sáng chạm đến tất cả các mặt của cuộc sống

Trong khi viết, tôi nhìn qua cửa sổ. Khung cảnh mùa đông tràn ngập Virginia. Mặt trời vàng tỏa sáng bao phủ toàn bộ ngọn lửa của nó trong bầu trời xanh thẳm, để lộ ra những thân cây trơ trụi màu nâu, những ngôi nhà sơn trắng thấp thoáng sau những hàng cây, mà tôi có thể đoán được những đường nét kỳ hè của chúng, đây đó vài chiếc xe hơi đỗ bên đường...

Chỉ có những chú sóc có bộ lông màu xám nhảy nhót trên mặt đất trơ trụi và chuyền từ cành nọ sang cành kia, phá vỡ sự yên tĩnh của khung cảnh mùa đông này. Nói tóm lại, một tập hợp quen thuộc các đường nét, các motif, các hình ảnh và màu sắc mà ánh sáng làm phát lộ trước mắt và tâm hồn tôi.

Ánh sáng cho phép chúng ta kết nối mình với thế giới bên ngoài và gắn mình vào đó. Ánh sáng là giá đỡ của thị giác, mà thị giác, hơn bất kỳ giác quan nào khác, lại ngự trị trong đời sống tinh thần của chúng ta. Ánh sáng làm cho trải nghiệm thị giác thêm phong phú, giàu sắc thái và chi tiết đến mức chúng ta không thể phân biệt được nó với trải nghiệm về chính thế giới. Cho dù chúng ta có không nhìn thế giới một cách trực tiếp, thì chúng ta không thể ngăn cản mình tưởng tượng thế giới, tái hiện thế giới bằng những hình ảnh trong đầu. Ánh sáng cho phép chúng ta nhận biết thế giới và xây dựng một cơ sở dữ liệu hướng dẫn hoạt động và các hành vi của chúng ta.

Tôi đưa mắt dạo quanh căn phòng. Tất cả nói với tôi về ánh sáng: màn hình sáng của chiếc máy tính đang bật với các dòng chữ lần lượt xuất hiện trước mắt tôi; chỉ cần bật nhẹ công tắc, ngọn đèn sẽ tỏa đầy bàn của tôi một quầng sáng dịu; dàn hi-fi phát ra các những nốt nhạc du dương của một bản sonate viết cho piano ghi trong đĩa compact và được đọc bởi một chùm sáng gọi là laser; đầu đọc DVD giúp tôi hiển thị các bộ phim vốn không là gì khác ánh sáng được chuyển hóa thành các tín hiệu số và được ghi trên một giá đỡ kim loại; các bức ảnh gắn trên tường, kết quả của trò bắt ánh sáng của các nhũ tương hóa học; chiếc đài hay tivi cho phép tôi tiếp cận gần như đồng thời với tất cả các sự kiện trên thế giới, hoặc nghe và xem các nghệ sĩ mà tôi ưa thích.

Ánh sáng đã biến Trái Đất thành một ngôi làng toàn cầu. Mạng cáp quang vận chuyển các tín hiệu ánh sáng cho phép kết nối các máy tính của toàn thế giới lại với nhau: tôi có thể gửi đi một thư điện tử, bức thư này sẽ đến gần như tức thì địa chỉ của người nhận, từ phòng làm việc của tôi đến những vùng xa xôi nhất trên hành tinh.

## ÁNH SÁNG LÀ NGUỒN SỐNG

Ánh sáng là một phần không thể tách rời của cuộc sống hàng ngày của chúng ta. Ánh sáng hiện hữu khắp mọi nơi, tới mức chúng ta coi nó là hiển nhiên và đối xử với nó một cách thờ ơ, cho tới khi quanh ta đột nhiên là bóng tối chúng ta mới thấy nhớ ánh sáng.

Chúng ta sẽ vui mừng và sảng khoái đón chào một ngày mới, với những hứa hẹn và hy vọng của nó, khi chấm dứt màn đêm và sự tối tăm chứa đầy những mối đe dọa và nỗi sợ hãi truyền kiếp bắt nguồn từ những thời xa lắc xa lơ của tổ tiên. Ánh sáng đối lập với bóng tối. Buổi tối, khi Mặt Trời đã lặn xuống dưới đường chân trời, các tia nắng xiên khoai khơi dậy trong ta một nỗi hoài niệm, một cảm giác về sự mát mẻ không gì an ủi nổi. Một bầu trời xanh và quang đãng làm dịu lòng ta, trong khi một bầu trời đầy mây và xám ngắt sẽ gieo vào đầu óc chúng ta nỗi chán chường kiểu thi sĩ Beaudelaire.

Nhưng chúng ta gắn bó với ánh sáng còn sâu sắc hơn thế. Ánh sáng thậm chí còn là duyên khởi của sự tồn tại của chúng ta. Mọi sự sống trên Trái Đất đều phụ thuộc vào ánh sáng Mặt Trời. Thực tế, ánh sáng chịu trách nhiệm về sự quang hợp của cây cối. Khi hấp thụ ánh sáng Mặt Trời, các phân tử diệp lục của cây xanh khởi phát một chuỗi các phản ứng hóa học chuyển hóa nước và khí cacbonic có trong khí quyển Trái Đất thành ôxy và các phân tử đường (gọi là các hydrat cacbon). Trong một chừng mực nào đó có thể nói các phân tử này có tác dụng tích trữ năng lượng Mặt Trời. Con người không thể thực hiện được sự chuyển hóa này. Chúng ta sử dụng năng lượng Mặt Trời trên mâm qua cơm việc ăn rau hoặc thịt động vật, mà bản thân các con vật này cũng lại ăn thực vật. Chính lượng ánh sáng mà cây cối thu nhận được đã xác định chuỗi thức ăn đảm bảo sự tồn tại của chúng ta.

Như vậy ánh sáng là nguồn sống. Nó cho phép chúng ta tri giác và hiểu thế giới, tiến hóa trong thế giới, tương tác với thế giới, chinh phục các vùng đất, các đại dương và không gian. Ánh sáng giúp ta đánh giá được vẻ đẹp, sự rộng rãi và hài hòa của vũ trụ quanh ta. Ánh sáng điều chỉnh nhịp sinh học của cơ thể chúng ta. Nhưng ở đây có một nghịch lý lớn: nếu ánh sáng cho phép chúng ta nhìn thấy thế giới, thì bản thân ánh sáng lại không nhìn thấy được nếu không có các vật trong môi trường chặn đường đi của nó và làm cho nó bộc lộ mình. Thật vậy, nếu bạn chiếu ánh sáng vào một cái thùng kín và chú ý để cho nó không đập vào bất kỳ vật hay bề mặt nào, bạn sẽ chỉ thấy bóng tối. Chỉ khi nào bạn đưa một vật ngang qua đường đi của ánh sáng và bạn thấy nó được chiếu sáng thì bấy giờ bạn mới biết rằng cái thùng chứa đầy ánh sáng. Tương tự, một nhà thiên văn học nhìn qua cửa sổ của phi thuyền không gian sẽ chỉ thấy không gian sâu thẳm tối đen như

mực, mặc dù ánh sáng Mặt Trời choán đầy xung quanh anh ta. Ánh sáng Mặt Trời ở đây không đập vào cái gì nên không nhìn thấy được.

Vậy ánh sáng là gì? Ánh sáng bắt nguồn từ đâu? Đâu là bản chất của cái vật kỳ diệu và lạ lùng cho phép chúng ta nhìn thấy thế giới xung quanh, nhưng bản thân nó lại không thể nhìn thấy nếu không có sự giúp đỡ của các vật nằm trên đường đi của nó? Làm thế nào chúng ta có thể tri giác được các hình ảnh của thế giới bên ngoài? Bản chất của các hình ảnh này là gì? Não của chúng ta diễn giải thế nào những thông tin chưa đựng trong các hình ảnh này? Những câu hỏi này đã từng ám ảnh các nhà tư tưởng vĩ đại nhất từ hơn hai nghìn năm trăm năm nay. Bởi vì ánh sáng từ lâu đã được coi là yếu tố quý giá nhất của tự nhiên, và mắt người là bộ phận quý giá nhất của cơ thể con người, nên các nhà tư tưởng vĩ đại – như Aristotle, Ptolemy, Alhazen, Léonard de Vinci, Kepler, Newton, Goethe, Einstein và rất nhiều người khác nữa – đã từng quan tâm đến vấn đề bản chất của ánh sáng. Xét về mặt lịch sử, nghiên cứu ánh sáng rất chậm phát triển, và con đường dẫn đến việc giải mã các bí mật của ánh sáng đã rắc đầy những sai lầm và các lạc lối của trí tuệ con người, đầy rẫy những lối đi lầm lạc và những ngõ cụt, nhưng cũng được rọi sáng bởi các trực giác xuất thần và các cú nhảy vọt sáng tạo xuất sắc. Sở dĩ như vậy là bởi vì sự nghiên cứu về ánh sáng liên quan với các yếu tố không chỉ vật lý (hình ảnh đi vào trong mắt như thế nào), mà cả sinh lý nữa (não giải mã hình ảnh như thế nào). Hiểu ánh sáng, nghĩa là phải giải mã được các bí mật của mắt và của não. Ánh sáng, thị giác và hoạt động thần kinh gắn bó với nhau không thể tách rời.

## VƯƠNG QUỐC CỦA ÁNH SÁNG

Từ những thời kỳ xa xưa cho đến ngày nay, ánh sáng luôn luôn mê hoặc đầu óc con người. Ánh sáng có ảnh hưởng lớn đến các xúc cảm và suy nghĩ của con người, đến cách con người quan niệm về thế giới, dù đó là thầy tu, triết gia, nhà thơ, nghệ sĩ hay nhà bác học.

Rất lâu trước khi trở thành đối tượng của các nghiên cứu khoa học, ánh sáng đã được xếp vào hạng tiên nghiệm (ordre transcendental). Các nguồn sáng trong bầu trời - như Mặt Trời, Mặt Trăng, các sao, cầu vồng, cực quang – đều đóng vai trò thần thánh trong rất nhiều thần thoại trên thế giới. Ánh sáng là sứ giả của thần thánh. Mỗi liên kết giữa ánh sáng với quan niệm cho rằng con người được sinh ra từ ánh sáng là mật thiết tới mức người ta có thể nói rằng một nền văn hóa được xác định bằng hình ảnh mà người ta ban tặng cho ánh sáng. Cézane đã vẽ không biết mét mõi rất nhiều lần ngọn núi Sainte – Victoire dưới các góc độ chiếu sáng khác nhau. Monet chăm chú theo dõi trò chơi sáng – tối suốt nhiều giờ trên các motif của giáo đường Rouen. Như vậy ánh sáng mang theo nó một hàm ý thẩm mỹ về “cái đẹp” và một hàm ý tinh thần về “cái thiện”. Ánh sáng cho phép chúng ta ngắm nhìn thế giới và giải thích thế giới.

Trong khoa học, ánh sáng cũng đóng vai trò hàng đầu. Ánh sáng thu hút sự chú ý của nhà quang học, người chuyên chế tạo các kính thiên văn và các loại kính viễn vọng khác để bắt bức xạ rất yếu của các thiên thể ở xa. Đối với nhà thiên văn, ánh sáng là phương tiện đặc ân để tiếp xúc với phần còn lại của vũ trụ. Ánh sáng mà nhà thiên văn thu nhận được, thứ ánh sáng đến từ những thời xa lắc xa lơ, vượt qua không gian mênh mông giữa các vì sao và giữa các thiên hà, mang theo nó bản mã của vũ trụ mà nhà thiên văn phải hoá giải nếu muốn tái dựng quá khứ, hiểu được hiện tại và tiên đoán tương lai của vũ trụ. Còn nhà vật lý thì lại quan tâm đến bản chất của ánh sáng. Họ đã phát hiện ra rằng ánh sáng có hai mặt, giống như Janus: trong một số hoàn cảnh nào đó, ánh sáng trình hiện như một sóng, nhưng trong các hoàn cảnh khác, nó lại biến hoá thành hạt. Về phần mình, nhà sinh vật học muốn hiểu được làm thế nào mà sự tiến hóa theo Darwin, được kích thích bởi chọn lọc tự nhiên, lại có thể tạo ra được một dụng cụ hoàn hảo đến thế - đó là mắt của con người. Còn nhà thần kinh học thì lại muốn tìm hiểu làm thế nào mà các thông tin thị giác được mắt truyền lên não lại có thể cho phép não xây dựng được một biểu tượng về thế giới.

## ÁNH SÁNG TRUYỀN THEO ĐƯỜNG THĂNG

Người Hy Lạp là những người đầu tiên suy nghĩ nghiêm túc về ánh sáng, thị giác và màu sắc, cũng như rất nhiều vấn đề khác. Theo họ, một trong hai điều phải xảy ra. Hoặc mắt là một cơ quan thụ động an phận ghi lại màu sắc và hình dạng mà các vật quanh chúng ta gửi đến cho nó.

Trong trường hợp này, ánh sáng đi từ vật tới mắt. Đó là quan điểm của chúng ta hiện nay. Hoặc mắt là chủ động và dò xét thế giới bên ngoài bằng cách chiếu vào nó các tia sáng. Trong trường hợp này, ánh sáng đi từ mắt thay vì đi vào mắt – một quan điểm mà ngày nay, đối với chúng ta, dường như là hết sức kỳ cục, thậm chí nực cười. Nhưng liệu ý tưởng cho rằng nhìn là một quá trình chủ động có thực sự đáng cười đến thế không? Xét cho cùng, khi một người đưa ánh mắt dò xét các vật xung quanh, thì anh ta thực sự đã phóng chiếu tâm hồn của mình ra thế giới bên ngoài. Sau này chúng ta sẽ thấy rằng những tiến bộ của ngành sinh lý học giờ đây đã xác lập một cách chắc chắn rằng mắt còn lâu mới là một cơ quan thuần túy thụ động. Chỉ có điều sự hoạt động của mắt không giống như sự hình dung của những người cổ xưa.

Mặt khác, học thuyết theo đó các hình ảnh của thế giới bên ngoài đến với chúng ta, mà ngày nay chúng ta chấp nhận nhưng không mấy bận tâm suy nghĩ về nó, còn lâu mới là hiển nhiên. Ví dụ, một đám đông theo dõi một cuộc thi đấu thể thao trong một sân vận động chật cứng người: hình ảnh của các vận động viên chạy trên đường piste có thể đi vào mắt của hàng nghìn người tại cùng một thời điểm như thế nào? Liệu hình ảnh đó có được nhân lên vô số lần không? Khi chúng ta ngắm nghĩa những đường viền tinh tế của cánh hoa hồng, các đường cong hài hòa của một bức tượng hay màu đỏ rực rỡ của cảnh hoàng hôn, thì bằng cách nào các hình dạng và màu sắc đó đã tách ra khỏi hoa hồng, bức tượng hay của Mặt Trời để đi vào mắt chúng ta? Trả lời cho những câu hỏi này đã đặt ra nhiều vấn đề cho người Hy Lạp. Ý tưởng về ảnh quang học tạo thành trong mắt mới chỉ xuất hiện một nghìn năm trăm năm sau, nhờ có nhà bác học người Ả Rập Alhazen. Khái niệm ảnh quang học chưa bao giờ xuất hiện trong đầu những người Hy Lạp.

Các quan niệm đầu tiên về ánh sáng không dựa trên những quan sát chính xác cũng chẳng dựa trên các thí nghiệm trong phòng thí nghiệm: phương pháp thực nghiệm lúc đó còn chưa ra đời. Các nhà tư tưởng Hy Lạp quan tâm đến ánh sáng là các triết gia hơn là nhà vật lý học. Một số thậm chí còn tuyên bố rằng các kinh nghiệm từ cuộc sống hàng ngày là lừa dối, rằng không cần tính đến chúng. Chẳng hạn, triết gia Parménide (khoảng 540 – 450 tr. CN) cho rằng Tồn tại là một, liên tục và vĩnh cửu, và không thể thay đổi. Sự phong phú của thế giới, sự đa dạng và vô thường của các sự vật hiện tượng chỉ là vẻ bề ngoài, là ảo giác, cần phải tránh xa chúng. Tính hai mặt

giữa ảo giác và hiện thực là một chủ đề cũng thường xuyên nỗi lên trong nghiên cứu về sự tri giác qua thị giác.

Người Hy Lạp đã biết rằng ánh sáng lan truyền theo đường thẳng. Xét cho đến cùng, chỉ cần hé mở cửa một phòng tối và nhìn các tia sáng của Mặt Trời, hay nhìn ánh sáng Mặt Trời khoan thủng các đám mây sau cơn giông, là có thể nhận thấy ngay điều đó. Với tình yêu hình học vốn có, ý tưởng cho rằng đường đi của ánh sáng là thẳng là hoàn toàn tự nhiên đối với người Hy Lạp.

## LỬA TRONG CÁC CON MẮT CỦA EMPÉDOCLE

Empédocle (khoảng 490 – 435 tr. CN) là tác giả của lý thuyết về thị giác xa xưa nhất mà chúng ta biết. Là một người đa tài, ông đồng thời là nhà thơ, triết gia, bác sĩ và giáo sỹ. Ông cũng nổi tiếng vì đã chấm dứt cuộc đời của mình một cách bi thảm bằng cách lao mình xuống núi lửa Etna.

Theo Empédocle, vạn vật được sinh ra từ bốn nguyên tố cơ bản: lửa, nước, không khí và đất, chúng được gắn kết với nhau bởi Tình Yêu, bị chia rẽ bởi Hận Thù. Chính sự hòa trộn bốn nguyên tố này mang lại hình dạng và màu sắc cho vạn vật. Liên quan đến ánh sáng, Empédocle cho rằng mắt truyền các “tia thị giác” đến thế giới bên ngoài. Sở dĩ có lý thuyết về các tia thị giác này một phần là do niềm tin dân gian cho rằng các con mắt có chứa “lửa”: thực tế, nếu có ai đó giáng cho bạn một cú đấm vào mắt, thì bạn sẽ có cảm giác như nhìn thấy lửa (mà ta gọi là nảy đom đóm). Hơn thế nữa, người ta còn nghĩ rằng mèo và các động vật khác cùng họ mèo đều có thể nhìn được trong bóng tối là bởi vì mắt chúng phát ra ánh sáng. Niềm tin này sẽ chẳng có gì là khó hiểu đối với những ai đã từng ngồi quanh đám lửa trại vào ban đêm và nhìn thấy những ánh mắt đe dọa của những động vật hoang dã sáng rực trong bóng tối.

Nhưng, theo Empédocle, ánh sáng không đi theo một chiều từ mắt tới vật; ánh sáng còn đi theo chiều ngược lại, từ vật đến mắt. Như vậy mắt cùng lúc vừa là máy phát vừa là máy thu ánh sáng. Như một chiếc đèn lồng, mắt phát ra lửa, nhưng các vật cũng sinh ra các xạ khí chứa các thông tin liên quan đến các đặc điểm của chúng như màu sắc và hình dạng, chẳng hạn. Để giải mã các thông tin này, mắt truyền các tia thị giác qua các lỗ nhỏ, để các tia này tiếp xúc với các xạ khí của vật và quay trở lại mắt, mang theo các thông tin liên quan đến thế giới bên ngoài. Ở đây thị giác được đánh đồng với xúc giác: tia thị giác là một dạng cánh tay vươn dài của mắt, cánh tay này sẽ sờ mó các xạ khí của vật. Vì tồn tại bốn nguyên tố, nên có bốn màu - trắng, đen, đỏ và xanh-vàng – đi vào mắt người qua bốn loại lỗ tương ứng. Một sự lựa chọn màu thật là kỳ cục, có thể bạn sẽ nói như vậy. Lẽ nào người Hy Lạp lại nhìn thiếu màu? Đó là điều mà William Gladstone, nguyên thủ tướng Anh đồng thời là triết gia không chuyên đã kết luận: ông đã nhận thấy rằng các tác phẩm của nhà thơ Homère (khoảng thế kỷ IX tr. CN) thường thiếu các từ liên quan đến màu sắc. Thiếu từ vựng có lẽ là cách giải thích hợp lý hơn.

Empédocle cuối cùng đã để trôi vào im lặng một việc quan trọng mà học thuyết của ông không thể giải thích được: đó là tại sao, khác với loài mèo, chúng ta lại không nhìn thấy trong bóng tối? Với đôi mắt phát ra “lửa”, thì lẽ ra sẽ không có bất kỳ sự khác nhau nào trong khả năng nhìn giữa ngày và đêm.

## ÀO ẢNH LEUCIPPE

Các triết gia Hy Lạp tiếp tục quan tâm đến vấn đề ánh sáng là Leucippe (khoảng 460 – 370 tr.CN) và học trò của ông là Démocrite (470 – 360 tr. CN).

Hậu thế đã coi họ là những người đầu tiên đã phát biểu ý tưởng cho rằng vật chất được cấu thành đồng thời từ các nguyên tử chuyển động không ngừng và chân không. Chính sự đối lập giữa đầy (tồn tại) và trống rỗng (không tồn tại) là nguồn gốc của thế giới.

Quan niệm nguyên tử luận về vật chất đã được kiểm chứng một cách hết sức ấn tượng bởi vật lý lượng tử gần hai mươi lăm thế kỷ sau. Trái ngược với “lửa” trong mắt của Empédocle thoát ra thế giới bên ngoài, Leuccipe cho rằng thế giới thị giác đến với chúng ta, và do đó, về thực chất, thị giác là một trải nghiệm thụ động. Dưới tác động của ánh sáng, các hình ảnh về các vật quanh ta – mà Leucippe đặt cho một tên riêng bằng tiếng Hy Lạp là các eidolon (số nhiều là eidola), có nghĩa là các ảo ảnh – sẽ tách khỏi bề mặt của vật, như da của một con rắn lột xác tách khỏi cơ thể, và đi đến mắt chúng ta.

Leucippe hình dung rằng các “ảo ảnh” này là các tám voan vật chất rất mỏng, độ dày cỡ một nguyên tử, tróc từng lớp từng lớp một ra khỏi các vật để bay hết tốc lực theo tất cả các hướng của không gian mà vẫn giữ nguyên hình dạng của chúng. Không phải ánh sáng đi vào mắt người, mà là các hình dạng phiêu du được cấu thành từ các nguyên tử biểu thị các hình ảnh vật chất của các vật được nhìn thấy, truyền đến mắt và tạo cảm giác cho mắt chúng ta giống như mùi bay vào lỗ mũi chúng ta.

Học thuyết về các ảo ảnh gợi lên rất nhiều vấn đề thu hút sự chú ý của những người kế tục Leucippe trong gần mười bốn thế kỷ: nếu chúng ta thu nhận toàn bộ hình ảnh của một vật trong mắt chúng ta, thì tại sao chúng ta lại chỉ thấy bề mặt của vật ở trước mắt chúng ta? Lẽ ra chúng ta sẽ phải nhìn thấy tất cả các cạnh và mặt sau của chúng. Và, bởi vì một ảo ảnh giữ nguyên kích thước ban đầu của vật, vật thì bằng cách nào hình ảnh của một vật khổng lồ như một quả núi hay một con voi lại có thể đi vào trong một cái lỗ nhỏ như con mắt? Mặt khác, tại sao một vật ở xa trông lại bé hơn? Các hình ảnh liệu có co lại trong khi chúng chuyển động không? Và, cứ cho rằng chúng co lại đi, thì bằng cách nào một hình ảnh có thể biết được tôi đang ở đâu mà điều chỉnh kích thước cho phù hợp để có thể đi vào lỗ mắt của tôi? Bởi vì các ảo ảnh cần có ánh sáng để kích hoạt – ánh sáng Mặt Trời, Mặt Trăng, hay lửa -, nên ngược lại với Empédocle, Leucippe đã giải thích dễ dàng tại sao chúng ta không thể nhìn thấy trong bóng tối.

## GIẤC MƠ DÉMOCRITE

Phát triển các ý tưởng của Leucippe, Démocrite đã đưa ra một lý thuyết về các giấc mơ. Theo ông, các ảo ảnh thoát ra từ cơ thể chúng ta khi chúng ta ngủ mang theo các dấu ấn về các xung động tinh thần của chúng ta, về các phẩm chất đạo đức và xúc cảm của chúng ta.

Chúng tỏ ra thực đối với người ngủ và choán đầy các giấc mơ của anh ta. Như vậy, trong bóng tối hoàn toàn, các lớp mỏng nguyên tử thoát ra từ bề mặt của các vật xung quanh để nuôi dưỡng các giấc mơ đêm của chúng ta.

Các quan điểm của Démocrite về ánh sáng và thị giác đều dựa trên học thuyết nguyên tử. Ông chấp nhận bốn màu cơ bản của Empédocle – đen, trắng, đỏ và vàng-xanh-, nhưng thêm vào đó các màu khác gọi là các màu thứ cấp, như lục và nâu. Khác với Empédocle, Démocrite không gắn các màu cơ bản cho bốn nguyên tố, mà gắn cho các nguyên tử có hình dạng khác nhau. Chẳng hạn, các nguyên tử tạo ra màu trắng là tròn và nhẵn, được sắp xếp sao cho vạch ra các kẽm thằng, “không có bóng”, trong khi các nguyên tử tạo ra màu đen, phát ra bóng tối, lại có hình dạng không đều và sần sùi, được ghép lại với nhau trong các hệ xốp vẩn vẹo, giam hãm ánh sáng. Các nguyên tử bản thân chúng không có màu. Chỉ có các tính chất gọi là “sơ cấp”, như kích thước, hình dạng, trọng lượng, vị trí hay chuyển động, mới là đặc trưng cho chúng. Các màu (và các đặc tính giác quan khác như mùi và vị) không hiện hữu trong bản thân các vật. Chính vì vậy mà bản thân các nguyên tử, vốn là nguyên nhân tạo ra sự đa dạng của thế giới, có một tập hợp các tính chất rất hạn chế; nhưng chúng có thể được gắn kết lại với nhau theo một nghìn lẻ một cách, làm cho thế giới trở nên vô cùng đa dạng thay vì đơn điệu, nhạt nhẽo và buồn tẻ. Học thuyết về màu sắc của Démocrite là một loại khoa học vật liệu đi trước thời đại.

Démocrite còn đi xa hơn. Ông phát biểu rằng cái mà chúng ta thấy bắt nguồn từ cái mà chúng ta đã tạo ra trong đầu chúng ta: các “nguyên tử màu sắc” chỉ trở nên có màu sau khi đã tương tác với các “nguyên tử của tinh thần”. Mặc dù Démocrite, với học thuyết nguyên tử của ông, đã vượt rất Parménide (người xem rằng Tồn tại bất biến là một, trong khi đó theo Démocrite tồn tại được nhân lên thành một số vô hạn các nguyên tử không thể chia cắt và bất biến), nhưng ông có một điểm chung với Parmédie, đó là nghi ngờ các dữ liệu cảm tính. Theo cả hai triết gia này, thế giới cảm giác chỉ là một ảo ảnh, một ẩn dụ; bề mặt không tiết lộ được chân lý ở sâu bên trong.

## ÁNH SÁNG SIÊU HÌNH CỦA PLATON

Platon (428-347 tr. CN) đã đầy quan niệm về sự khác biệt căn bản giữa vẻ bề ngoài và bản chất bên trong đến cực điểm.

Ông cho rằng có hai cấp độ của thực tại: thực tại của thế giới vật lý mà các giác quan của chúng ta tiếp cận được - đó là thế giới không vĩnh cửu, hay thay đổi và ảo giác – và thực tại của thế giới thực, thế giới của các Ý niệm vĩnh cửu và bất biến.

Để minh họa sự lưỡng phân giữa hai thế giới và quan niệm cho rằng thế giới cảm giác và nhất thời chỉ là sự phản ảnh nhạt nhòa của thế giới các Ý niệm, Platon đã đưa ra một phùng dụ nổi tiếng gọi là phùng dụ hay thần thoại cái hang. Bên ngoài hang có một thế giới lung linh các màu sắc, các hình dạng và ánh sáng mà con người trong hang không thể nhìn thấy, không thể tiếp cận được. Tất cả những gì con người ở đây tri giác được, đó là bóng của các vật và các sinh vật của thế giới bên ngoài hắt lên thành hang. Thay vì sự rực rỡ của các sắc màu, sự rõ nét của các hình dạng của hiện thực, họ chỉ được thấy một màu xám buồn tẻ và các đường viền mờ nhòe của những cái bóng. Tính hai mặt này của thế giới kéo theo tính hai mặt của Tồn tại. Trong thế giới các Ý niệm nơi cái Thiện ngự trị, nó là vĩnh cửu và bất biến, tồn tại bên ngoài thời gian và không gian; còn trong thế giới cảm giác, con tạo nhào nặn vật chất theo các kế hoạch của thế giới các Ý niệm.

Liên quan đến thị giác, Platon lấy lại một số khái niệm của những người đi trước và sắp xếp chúng lại theo cách riêng của ông. Chẳng hạn, trong cuốn Timée, ông đã phát triển ý tưởng “lửa” trong mắt mà Empédocle đã phát biểu bảy mươi năm trước. Ông dẫn ví dụ về cái kim rơi xuống đất; chúng ta có thể tìm cái kim này rất lâu, nhưng, để thấy nó, thì chỉ cần cái nhìn của chúng ta rơi trên nó, chạm vào nó, và trong một chungan mục nào đó là sờ mó nó. Như vậy thị giác là một loại xúc giác hoạt động thông qua các tia thị giác. Bằng chứng: chẳng phải đôi khi chúng ta cảm thấy có ai đó nhìn sau gáy ta đấy sao? Platon cũng chấp nhận bốn màu cơ bản của Empédocle bằng cách coi chúng gắn liền với bốn nguyên tố. Đi theo dấu chân của Démocrite, ông đã lấy lại quan niệm cho rằng có các màu là do các hạt cơ bản. Nhưng ông bác bỏ các quan niệm nguyên tử luận của Démocrite và cho rằng thế giới được cấu thành không phải từ các nguyên tử, mà từ các đa giác đều.

Ở Platon, ánh sáng thuộc vào hạng siêu hình. Mặt Trời là con của cái Thiện, và mắt, nhạy cảm với ánh sáng, là một cơ quan gắn chặt nhất với Mặt Trời. Như vậy thị giác là kết quả của sự tổng hợp của ba quá trình bổ sung cho nhau. Mắt phát ra lửa, lửa kết hợp với ánh sáng xung quanh để tạo thành một chùm sáng duy nhất. Chùm sáng này được phóng thẳng ra phía trước cho đến khi gặp bề mặt của một vật; ở đó, nó gấp tia các hạt do vật phát ra dưới tác dụng của ánh sáng xung

quanh và kết hợp với chùm sáng ban đầu. Tia các hạt này chứa thông tin về tình trạng của vật, màu sắc và kết cấu của nó. Sau đó chùm sáng co lại để truyền đến mắt những thông tin này. Các hạt đi qua những lỗ nhỏ xíu trong mắt để truyền thông tin đến não, nơi diễn giải những thông tin này. Bởi vì hình ảnh sinh ra chỉ do sự gặp gỡ giữa các tia thị giác có bản chất thần thánh phát ra từ mắt chúng ta với các tia phát ra từ vật, “những gì giống nhau đi đến với nhau”, nên Platon có thể giải thích được tại sao chúng ta không thể nhìn thấy trong bóng tối: sở dĩ mắt không thể nhìn trong đêm tối, chính là bởi vì các vật không phát ra các tia, nên “lửa” bên trong mắt không thể tiếp xúc với “lửa” phát ra từ các vật bên ngoài. Trong sơ đồ Platon, mắt đồng thời là cơ quan phát và cơ quan thu, vừa chủ động vừa thụ động, và vai trò của ánh sáng xung quanh đã được nêu ra một cách rất rõ ràng.

## **ARISTOTLE VÀ ÁNH SÁNG HOẠT HÓA SỰ TRONG SUỐT CỦA KHÔNG KHÍ**

Aristote (384 – 322 tr. CN), học trò của Platon, đưa ra một quan điểm nằm giữa chủ nghĩa duy tâm của Platon và chủ nghĩa duy vật của Démocrite. Là một triết gia thuộc trường phái tự nhiên, ông có cái nhìn cụ thể hơn và kinh nghiệm hơn về hiện thực, đồng thời ông cũng là người bác bỏ thế giới Ý niệm của Platon.

Ông cũng không tỏ ra mấy thích thú đối với một thế giới cấu thành từ các nguyên tử và chân không, bởi lẽ chúng không phù hợp với các quan niệm của ông về các phẩm chất và sự thay đổi đặc trưng của thế giới. Trong khi Démocrite quy giản vạn vật về các thực thể định lượng (các nguyên tử), thì Aristote lại cho rằng chính chất chứ không phải lượng mới tạo nên hiện thực cơ bản. Chẳng hạn, hãy nhìn một quả cam chín đặt trên đĩa. Theo Aristote, tính chất chín là tiềm năng có ngay từ đầu trong quả cam. Tiềm năng này trở thành hiện thực ngay khi quả cam chín. Sự chín, do đó, đối với ông là một phẩm chất cơ bản. Ngược lại, đối với những người theo trường phái nguyên tử luận, quả cam chín là bởi vì các nguyên tử cấu thành nó thay đổi vị trí hoặc cách xếp cạnh nhau của chúng. Bằng cách đưa ra các khái niệm như “tiềm năng” và “thực tại”, Aristote đã bác bỏ quan niệm của Parménide theo đó mọi thay đổi chỉ là ảo giác.

Aristote chấp nhận bốn nguyên tố của Empédocle và kết hợp chúng với bốn phẩm chất cơ bản gắn liền với xúc giác: lạnh, nóng, khô và ẩm. Như vậy, đất là lạnh và khô, nước nóng và ẩm, không khí nóng và ẩm, lửa nóng và khô. Chính sự hòa trộn bốn phẩm chất cơ bản đã tạo ra các tính chất thứ cấp, như các màu sắc và mùi vị. Liên quan đến thị giác, Aristote bác bỏ dứt khoát các “tia thị giác” của Empédocle, bởi theo ông lý thuyết này không giải thích được tại sao chúng ta không nhìn thấy trong bóng tối. Ông cũng bác bỏ quan niệm của Platon về các hạt thoát ra từ bề mặt các vật để đi vào mắt người quan sát. Theo ông, sự tri giác các vật được thực hiện không phải thông qua dòng vật chất, mà bởi ấn tượng của chúng lên các giác quan, cũng giống như sáp tiếp nhận dấu ấn của chiếc nhẫn nhưng không tước mất của nó cái chất, sắt hay vàng, đã tạo nên chiếc nhẫn đó. Ấn tượng tạo bởi vật đã thực tại hóa tiềm năng vốn đã tồn tại trong cơ quan thị giác. Như vậy mắt tiếp nhận các ấn tượng về màu sắc, hình dạng, chuyển động, v.v... Còn sự nhận dạng cuối cùng về vật không diễn ra trong mắt, mà trong một bộ phận mà Aristote gọi là sensus communis (lương tri). Bởi vì Aristote đặt “tâm hồn” không phải trong não, mà trong tim, nên ông cũng đặt “lương tri” ở trái tim. Để tạo ra một hình ảnh tinh thần về các ấn tượng, tâm hồn sử dụng một khả năng đặc biệt gọi là “tưởng tượng”.

Vậy các ấn tượng về các vật bên ngoài được truyền đến các cơ quan thị giác như thế nào? Theo Aristote, chức năng này được thực hiện trước hết bởi không khí, sau đó bởi chất lỏng có trong

mắt. Chúng ta nhìn thấy các vật bởi vì một nguồn sáng đã làm thay đổi tính chất của môi trường giữa mắt và vật; từ không trong suốt, nó trở thành trong suốt. Môi trường này đã có một tiềm năng trong suốt; chính ánh sáng đã thực tại hóa sự trong suốt này mà Aristote gọi là "diaphane": "Màu làm cho diaphane, như không khí, chẳng hạn, chuyển động, rồi sự diaphane lại truyền chuyển động của nó cho con mắt mà nó tiếp xúc." Để nhìn được thì nhất thiết phải có một nguồn sáng - lửa, Mặt Trời hay Mặt Trăng, chẳng hạn. Nguồn sáng này cho phép thực tại hóa sự trong suốt cần thiết cho thị giác mà trước đó vẫn chỉ là tiềm năng. Như vậy, ánh sáng, màu sắc và các hình dạng không phải là các chất di chuyển qua một môi trường. Chúng chỉ làm một việc là làm thay đổi cái môi trường ấy. Chúng không cần thời gian để đi tới chúng ta; do đó sự tri giác là tức thời. Ngược lại với điều mà Empédocle suy nghĩ, ánh sáng theo Aristote không phải là một vật chất: nó không phải là "lửa", không phải là vật, cũng không phải là xạ khí của của vật.

Liên quan đến màu sắc, Aristote cho rằng tồn tại hai màu cơ bản: đen và trắng, tạo thành các "phẩm chất cực đoan", mà ông đồng nhất với tối và sáng. Tất cả các màu khác bắt nguồn từ sự hòa trộn hai màu cơ bản này và biểu hiện các "phẩm chất trung gian". Tuy nhiên, sự hòa trộn này không đơn thuần chỉ là sự xếp cạnh của màu đen và trắng vốn chỉ tạo ra màu xám. Ở đây Aristote viện đến vai trò của nhiệt. Chẳng hạn, trong tác phẩm Màu sắc, ông đã miêu tả những con ốc sên vốn màu xám, sau khi bị luộc sẽ chuyển sang màu tím. Các màu khác cũng có thể bắt nguồn từ sự hòa trộn giữa đen và trắng trong một môi trường bán trong suốt: đó là trường hợp các màu nâu đỏ hoặc da cam của cảnh hoàng hôn.

Tóm lại, người Hy Lạp là tác giả của ba lý thuyết rất khác nhau về thị giác: lý thuyết "tia thị giác" xuất phát từ mắt của Empédocle; lý thuyết "hạt" của Leucippe và Démocrite, theo đó các hình dạng chuyển động được cấu thành từ các nguyên tử tách khỏi bề mặt của các vật; và lý thuyết "diaphane" của Aristote, trong đó một nguồn sáng thực tại hóa sự trong suốt của không khí xung quanh truyền đến mắt người cảm giác về các màu sắc và hình dạng của các vật. Các quan niệm này đã có ảnh hưởng to lớn đến các nhà tư tưởng quan tâm đến vấn đề ánh sáng và thị giác trong suốt hai mươi thế kỷ sau đó.

1. Aristote cho rằng chức năng của não là làm lạnh máu.

2. Các ngôi sao được nhìn thấy qua một môi trường khác, là ête. Đó là nguyên tố thứ năm, có các phẩm chất thần thánh, mà Aristote gọi là "tinh chất".

## EUCLIDE VÀ HÌNH HỌC VỀ THỊ GIÁC

Aristote là người cuối cùng của dòng các nhà tư tưởng gộp cả triết học và khoa học vào một sơ đồ rộng lớn duy nhất. Sau ông, hai phương thức tìm hiểu thế giới này tách ra khỏi nhau. Các nhà khoa học rời xa triết học, và các triết gia chỉ chuyên tâm đến các vấn đề tinh thần, đạo đức và tôn giáo.

Nhờ các cuộc chinh phục của Alexandre Đại đế (356-323 tr. CN), một học trò của Aristote, nền văn minh Hy Lạp đã được truyền bá tới tận Indus và Ai Cập. Mặc dù Aten vẫn là kinh đô của triết học với các gương mặt như Épicure (341-270 tr. CN) và học trò của ông là Lucretre (95-52 tr. CN), mà bài thơ triết học Về tự nhiên của ông được coi là tác phẩm trình hay nhất về các ý tưởng nguyên tử luận của Démodocite, nhưng thành phố Alexandria ở Ai Cập do Alexandre thiết lập đã trở thành trung tâm khoa học của thế giới Hy Lạp. Chính nơi đây đã ra đời viện hàn lâm khoa học nổi tiếng mang tên “Bảo Tàng”, nơi có một thư viện khổng lồ tập trung gần nửa triệu cuốn sách.

Nhà toán học Euclide (khoảng 300 tr. CN) là một trong những nhà khoa học đầu tiên làm việc tại Bảo Tàng. Ngoài các bài viết và những chứng minh các định lý hình học - một tượng đài trí tuệ hùng vĩ tới mức được chấp nhận hoàn toàn trong suốt hai mươi hai thế kỷ sau -, Euclide còn quan tâm đến vấn đề thị giác. Và sự quan tâm ấy hoàn toàn có cơ sở: ông thấy ở đó một lĩnh vực lý tưởng để áp dụng các ý tưởng hình học thân thiết của ông. Ông đã chấp nhận một cách tự nhiên quan niệm về “tia thị giác” của Empédocle: trong số ba lý thuyết mà các bậc tiền bối đưa ra, thì lý thuyết “tia thị giác” phù hợp nhất với cách xử lý toán học chặt chẽ. Ông đã đưa ra nhiều lập luận xác đáng để ủng hộ giả thuyết này. Chẳng hạn, ông lập luận rằng chúng ta không phải lúc nào cũng tri giác được các vật, ngay cả khi cái nhìn của chúng ta bắt gặp chúng: chưa chắc bạn nhận thấy một cái kim rơi xuống đất ngay cả khi nó nằm trong tầm nhìn của bạn; trong khi đó, nếu thị giác chỉ phụ thuộc vào ánh sáng được cái kim phản xạ đến mắt bạn, thì chắc chắn bạn phải nhìn thấy nó ngay lập tức. Ngược lại, lý thuyết “tia thị giác” phát ra từ “ngọn lửa” bên trong mắt bạn có thể giải thích rất rõ điều đó: cái kim chỉ có thể nhìn thấy được ngay vào lúc các tia phát ra từ mắt chúng ta bắt gặp nó.

Trong cuốn Quang học, Euclide đưa ra tiên đề rằng các “tia thị giác” phát ra từ mắt chiếu thẳng vào tất cả những gì mà cái nhìn chạm vào. Mỗi một tia đi đến đầu bên kia chỉ tới một điểm của vật được nhìn thấy. Nhưng thực nghiệm chỉ ra rằng chúng ta có thể đồng thời nhìn được hơn một điểm của vật. Chẳng hạn, không cần cử động mắt, bạn vẫn có thể đồng thời nhìn được nhiều từ trên trang sách này; các từ khác ở xa trở nên mờ nhòe hơn. Vì vậy Euclide đưa ra tiên đề về tập hợp các “tia thị giác” chứa trong một hình nón mà đỉnh của nó là tâm của mắt và đáy là phạm vi

nhìn thây của mắt. Nhờ có tiên đề mặt nón thị giác này và nhờ các tính toán hình học, ông đã giải thích được tại sao cây ở xa trông lại nhỏ hơn cây ở gần . Ông cũng đã đưa ra được lý do giải thích tại sao một vòng tròn nằm trong cùng một mặt phẳng với mắt lại nhìn giống như một đường thẳng.

Tất nhiên, vẫn còn nhiều câu hỏi căn bản mà quang hình học của Euclide chưa thể đưa ra câu trả lời: tì như có bao nhiêu “tia thị giác” trong “mặt nón thị giác”, và nhân tố nào quyết định số lượng của chúng? Còn về vấn đề được coi là gót chân Achille của lý thuyết các “tia thị giác” cũng chưa được giải quyết: tại sao chúng ta nhìn mờ hơn ngay khi ánh sáng ban ngày giảm, và hoàn toàn không nhìn được trong đêm tối? Hơn nữa, chúng ta không thấy Euclide tính đến bất kỳ yếu tố sinh lý (như vai trò của mắt), tâm lý (như vai trò của não) hay vật lý nào liên quan đến bản chất của ánh sáng và của các màu. Euclide mới chỉ giới hạn ở vai trò của nhà toán học.

Quang học của Euclide không vì thế mà không có một ảnh hưởng lịch sử to lớn. Lần đầu tiên toán học (ở đây là hình học) được áp dụng cho một hiện tượng tự nhiên và lần đầu tiên các thực thể trừu tượng xuất phát từ trí tưởng tượng của con người, như đường thẳng, tam giác hay vòng tròn, được sử dụng để làm sáng tỏ một tình huống thực tế: mắt, ánh sáng và thị giác. Đó là sự khởi đầu của nhận thức rằng ngôn ngữ của tự nhiên là toán học. Một khác, quan niệm “mặt nón thị giác” đã đóng một vai trò quyết định trong sự phát triển của các ý tưởng trong quang học và đã có một sức sống đặc biệt lâu dài. Nó còn kéo dài rất lâu ngay cả sau khi con người đã nhận ra rằng chính ánh sáng của thế giới bên ngoài đi vào mắt người, chứ không phải ngược lại, và rất nhiều khía cạnh của cơ chế thị giác đã được làm sáng tỏ. Vào thời kỳ khá gần với chúng ta, tức vào năm 1800, rất nhiều nhà vật lý vẫn còn tin rằng một chùm ánh sáng được cấu thành từ nhiều “tia thị giác”, và rằng một chùm sáng sẽ càng sáng nếu nó chứa càng nhiều “tia thị giác”. Còn những người cho rằng ánh sáng được cấu thành từ nhiều hạt thì hình dung những hạt đó chúng di chuyển trên các “tia thị giác” tựa như xe ô tô chạy nối đuôi nhau trên đường nhựa.

## PTOLÉMÉE VÀ BÁNH XE MÀU SẮC

Nhân vật tiếp theo bước lên sân khấu của câu truyện truyền kỳ về ánh sáng là nhà thiên văn học người Hy Lạp tên là Claude Ptolémée (khoảng 100 – 178).

Ông đặc biệt nổi tiếng trong việc xây dựng hệ thống địa tâm của thế giới, trong đó Trái Đất ngự ngay trung tâm của hệ Mặt Trời, còn các hành tinh khác và Mặt Trời đều quay xung quanh Trái Đất.

Tác phẩm chính của ông, cuốn Almageste, đã trở thành nền tảng của thiên văn học trong suốt mười ba thế kỷ – cho tới tận khi Copernic, vào năm 1543, đã trực xuất Trái Đất khỏi vị trí trung tâm của thế giới để đặt vào đó Mặt Trời. Ptolémée cũng là tác giả của một tác phẩm về quang học nhưng rất tiếc đã không được lưu giữ đầy đủ, và chỉ một phần của nó là còn lại đến ngày nay.

Lý thuyết về thị giác của Ptolémée về cơ bản giống với lý thuyết thị giác của Euclide. Nhưng, vốn là người có óc quan sát, ông chú ý đến các kết quả thực nghiệm của lý thuyết nhiều hơn Euclide, người mới chỉ dừng lại ở bình diện toán học trừu tượng. Ptolémée cũng cho rằng mắt đồng thời vừa là máy phát vừa là máy thu: mắt phát ra các “tia thị giác” có cùng bản chất với ánh sáng và màu sắc. Ngay khi chúng ta mở mắt, dòng thị giác lan truyền một cách tức thời theo vô số hướng, và chúng ta tri giác được mọi thứ mà dòng này chạm đến vào thời điểm trời đủ sáng. Ptolémée cũng đưa ra tiên đề về “mặt nón thị giác”, nhưng khác với Euclide, ông cho rằng mặt nón này không chứa một tập hợp các “tia thị giác” tách biệt, mà chứa một continuum các tia có mật độ lớn nhất ở trung tâm, tại đó mắt nhìn thấy rõ nhất, nhưng giảm dần ở rìa mép nơi các chi tiết nhoè mờ hơn. Ptolémée giải thích rằng nếu các tia là tách biệt, thì các vật ở rất xa, như một ngôi sao chẵng hạn, sẽ có nhiều khả năng rơi vào giữa hai tia và do vậy không thể nhìn thấy được. Nhưng thực tế không phải như thế. Theo ông, “mặt nón thị giác” bắn thân nó không đủ; còn cần phải có thêm ánh sáng bên ngoài để được khởi phát sự hoạt động của nó. Chẳng hạn, khi “mặt nón thị giác” quét lên bề mặt của một vật, nó chỉ tương tác với vật ấy nếu có ánh sáng xung quanh. Ánh sáng bên ngoài này càng mạnh thì tương tác càng mạnh. Điều này giải thích tại sao chúng ta không nhìn được trong bóng tối.

Ptolémée cũng suy nghĩ về hành trạng của ánh sáng khi nó phản xạ trên một bề mặt (định luật phản xạ) hay đổi hướng khi đi từ môi trường này sang môi trường khác, như đi từ không khí sang nước, chẳng hạn (định luật khúc xạ). Ông cũng là người đầu tiên miêu tả các màu hòa trộn với nhau như thế nào không chỉ trên bảng màu của người họa sĩ, mà còn cả trong mắt nữa. Để làm điều này, ông vẽ các màu khác nhau trên một bánh xe sau đó quay bánh xe thật nhanh. Mắt không có đủ thời gian để phân biệt từng màu một, mà chỉ nhìn thấy các màu này bị trộn vào nhau. Ngoài

vận tốc, ông còn nhận thấy rằng sự hòa trộn các màu còn có thể là kết quả của khoảng cách: một bức tranh ghép các màu sáng nhìn từ xa có thể cho ấn tượng về màu xám.

## THEO GALIEN, TRUNG TÂM CỦA THỊ GIÁC LÀ THỦY TINH THỂ

Một gương mặt lớn khác góp phần phát triển các ý tưởng về ánh sáng và thị giác vào cuối thời kỳ Hy Lạp là Claude Galien (130 – 200), và cùng với Hippocrate là hai bác sĩ vĩ đại nhất thời Cổ đại.

Ông là bác sĩ riêng của hoàng đế Marc Aurèle, người đã phái ông đến Rome để chăm sóc cho con trai mình là Commodo bị bệnh rối loạn tinh thần. Galien đã lấy lại một phần các tư tưởng triết học của triết gia khắc kỉ tên là Zénon (khoảng 384-322 tr. CN), theo đó vũ trụ là một sinh vật sống, duy lý và thông minh, và tự nhiên được thổi một luồng sinh khí và sáng tạo gọi là pneuma (linh khí). Theo Galien, linh khí của sự sống được các động mạch dẫn đến não và được chuyển hóa thành một linh khí tinh tế hơn, gọi là linh khí tâm hồn, mà trung tâm của nó nằm trong não. Linh khí thị giác là một bộ phận cấu thành quan trọng của linh khí tâm hồn. Nó thực hiện một vòng đi từ não, đến mắt qua các dây thần kinh thị giác, rồi đến vật được quan sát để rồi quay ngược trở lại: mắt → dây thần kinh thị giác → não.

Galien cũng đã lấy lại một số quan niệm của Aristote: dưới ảnh hưởng kết hợp của linh khí thị giác và ánh sáng, không khí bao quanh ta chịu một biến đổi làm cho mắt nhìn thấy được. Các màu sắc cũng làm cho không khí biến đổi. Theo Galien, trung tâm của thị giác là thủy tinh thể. Tuy ông không giải thích được bằng cách nào hình ảnh của một vật đi vào trong con ngươi, được ghi lại trên thủy tinh thể và được truyền đến não, nhưng các quan niệm của ông vẫn có một ảnh hưởng to lớn đối với hậu thế. Quan niệm cho rằng thủy tinh thể là trung tâm của thị giác đã kìm hãm đáng kể sự phát triển của một lý thuyết đúng đắn: nó không hề bị xem xét lại trong suốt mười bốn thế kỷ, cho tới khi Johannes Kepler chứng tỏ vào năm 1604 rằng chính võng mạc, chứ không phải thủy tinh thể, mới là bộ phận chính của thị giác.

Hy Lạp, vì bị sáp nhập vào Đế chế La Mã vào cuối thế kỷ II tr. CN, nên tư tưởng ở đó đã mất đi sự rực rỡ để rồi tàn lụi bốn thế kỷ sau. Các nghiên cứu về giải phẫu và sinh lý học của Galien và hệ địa tâm của Ptolémée là những lóe sáng cuối cùng của văn minh Hy Lạp. Việc đốt phá Thư viện lớn Alexandria cùng với năm trăm nghìn cuốn sách vào năm 389 và việc đóng cửa Viện hàn lâm Platon của hoàng đế Justinien vào năm 529 là những đòn chí tử kết liễu hệ tư tưởng Hy Lạp, báo hiệu những thế kỷ đen tối sắp tới. Người La Mã ít quan tâm đến các tư biện trừu tượng nên không có đóng góp gì vào sự tiến bộ của các tư tưởng nói chung, và vào lý thuyết về ánh sáng và thị giác nói riêng. Các cuộc tấn công liên miên của các bộ lạc du mục dã man đến từ phương Đông kéo dài suốt thế kỷ V và VI đã đẩy nhanh sự suy tàn của Đế chế La Mã, vốn đã bị suy yếu đáng kể bởi sự suy thoái về chính trị, khủng hoảng về kinh tế, hỗn loạn về quân sự, cùng với tệ quan liêu tột độ và sự sụp đổ của hệ thống tư pháp.

## THẾ GIỚI HỒI GIÁO DÀNH LẤY NGỌN ĐUỐC

Trong khi Đế chế La Mã suy tàn và sụp đổ thì Đế chế ẢRập - hồi giáo lại bắt đầu cất cánh. Cái chết của nhà tiên tri Mohamet năm 632 đã đưa thế giới ẢRập vào một trạng thái hưng phấn tôn giáo mạnh mẽ.

Nhiều làn sóng người sùng đạo dồn dập tỏa khắp địa cầu: về phía Đông, đến đế chế Ba Tư và Ấn Độ; về phía Tây, đến Bắc Phi và Ai Cập; về phía Bắc, đến Tây Ban Nha và cuối cùng bị quân đội của Charles Martel chặn lại gần Poitiers, đúng một thế kỷ sau khi nhà tiên tri Mohamet qua đời. Ngọn đuốc của nền văn minh được truyền từ người phương Tây sang tay của các khalíp (vua) của Bagda, mới được thành lập năm 762. Nền văn hóa ẢRập – Ba Tư đạt đến đỉnh điểm dưới thời vua Haroun al-Rachid (766-809), một nhân vật huyền thoại của Nghìn lẻ một đêm, người đã mở đầu cho một thời kỳ huy hoàng nở rộ tinh thần hiệp sỹ, thơ ca và âm nhạc. Các tác phẩm lớn của Hy Lạp đều được dịch sang tiếng ẢRập và Bagda đã trở thành trung tâm tri thức lớn của thế kỷ IX.

Một số nhà khoa học ẢRập ở Bagda quan tâm trở lại vấn đề thị giác. Đúng như người ta chờ đợi, ở đây cũng có những người tán thành các “tia thị giác” và cũng có một số người khác phản đối. Trong số những người tán đồng, Al-Kindi (khoảng 801-866), triết gia đầu tiên và đồng thời cũng là bác sĩ, nhạc sĩ và nhà toán học ẢRập đã ủng hộ mạnh mẽ các “tia thị giác”, và do đó ông thuộc dòng tư tưởng từ Empédocle đến Galien và Euclide. Về cơ bản, ông lấy lại các quan niệm của những người đi trước: các “tia thị giác” có dạng các mặt nón nhỏ đinh chạm vào mắt và kết nối các giác quan của chúng ta với thế giới bên ngoài bằng cách làm thay đổi hình thái của không khí phía trước chúng ta, để không khí có thể truyền được hình dạng và màu sắc của các vật. Theo ông, lý thuyết về các “ảo ảnh” của Démocrite là không đứng đắn, vì nó không giải thích được tại sao một hình tròn lại có thể trình hiện theo một hướng nào đó như là một đường thẳng, trong khi hình học Euclide áp dụng cho các “tia thị giác” có thể dễ dàng giải thích điều đó bằng một phép chiếu đơn giản.

Ngược lại, triết gia và bác sĩ người Iran tên là Avicenne (980-1037) mà ngày nay vẫn được thế giới ẢRập coi là “ông hoàng của các bác sĩ”, đã bác bỏ lý thuyết về các “tia thị giác” bằng các lập luận sau: “chúng ta có thể dễ dàng nhìn thấy sống của một con tàu trong một vùng nước trong; vậy thì làm thế nào các tia thị giác có thể đi vào trong nước, vốn là một chất không xốp, mà không làm cho mặt nước bị cuốn lên? Theo ông, lý thuyết của Galien cũng không thể chấp nhận được: bởi vì không khí không thể dùng để nối dài linh khí thị giác, bởi vì nó không thể đi đến được các ngôi sao xa xôi trong khi mắt vẫn hoàn toàn có thể nhìn được các ngôi sao này. Và, biết giải thích thế nào đây việc chúng ta có thể nhìn thấy ngay cả khi gió thổi mạnh và khi không khí chuyển động?

Nhưng, cũng giống như Al-Kindi, Avicenne không đưa ra được sơ đồ khác về căn bản với các bậc tiền bối Hy Lạp. Nhiệm vụ này được trao cho triết gia, nhà toán học và thiên văn học Ibn al-Haytham (965-1039), nổi tiếng hơn ở Phương Tây với tên gọi là Alhazen. Trong số khoảng một trăm hai mươi cuốn sách, cuốn Luận về quang học của ông vẫn được coi là một kiệt tác về các quan sát và suy diễn đặt vấn đề xem xét lại một số khía cạnh của tư tưởng Hy Lạp, và đã chỉ phôi các suy nghĩ và tư biện về các hiện tượng quang học trong suốt sáu thế kỷ, cho tới khi Johannes Kepler vượt sang giai đoạn tiếp theo.

## **ALHAZEN DẬP TẮT “NGỌN LỬA BÊN TRONG” VÀ ĐẢO NGƯỢC LẠI CÁC TIA SÁNG**

Alhazen đồng ý với quan điểm của Aristote theo đó ánh sáng đến từ bên ngoài và đi vào mắt, chứ không phải ngược lại. Ông đưa ra nhiều lập luận để bảo vệ quan điểm này. Có một điểm mới: lập luận của ông dựa trên các quan sát hơn là trên các tiên đề toán học theo cách của Euclide.

Chẳng hạn, ông đã từng viết, chúng ta không thể nhìn lâu Mặt Trời mà không bị chói mắt. Nếu ánh sáng đi từ mắt chúng ta, thì sẽ không có lý do gì để chúng ta phải cảm thấy chói mắt như vậy. Ngược lại, nếu ánh sáng mặt trời đi đến mắt chúng ta, thì ánh sáng chói loà của nó có thể dễ dàng giải thích tại sao chúng ta lại thấy khó chịu như vậy. Alhazen cũng nêu lên hiện tượng lưu ảnh; hãy nhìn một vật trong nắng và sau đó đi vào bóng râm: hình ảnh về vật vẫn đọng lại vài giây trước mắt chúng ta. Một lần nữa, hiện tượng này cũng chỉ có thể giải thích được nếu ánh sáng đi vào mắt chúng ta từ bên ngoài.

Nhưng nếu Alhazen bác bỏ ý tưởng về “ngọn lửa bên trong”, thì không vì thế mà ông từ bỏ cơ sở hình học của thị giác đã được Euclide phát triển. Theo ông, các tia sáng thật sự tồn tại. Chúng lan truyền theo đường thẳng (người ta có thể nhìn thấy đường đi thẳng của ánh sáng qua một khe nhò các hạt bụi làm cho ánh sáng nhìn thấy được; chỉ có điều, cảm giác về sự lan truyền của chúng bị đảo ngược: chúng lan truyền từ vật đến mắt, chứ không phải từ mắt đến vật. Khi ánh sáng xung quanh chạm vào một vật liền bị vật này phản xạ. Từ mỗi điểm trên bề mặt của một vật có màu, các chùm tia sáng lan tỏa theo tất cả các hướng (trừ phi vật này là một cái gương, trong trường hợp đó ánh sáng đi ngược trở lại theo một và chỉ một hướng), và chỉ một tỉ lệ nhỏ của chúng đi vào mắt chúng ta. Ở đây Alhazen đã đưa ra ý tưởng về sự tán xạ ánh sáng.

Ngược lại với điều mà Démocrite và Épicure đưa ra, không phải các “ảo ảnh” xuất phát từ vật, mà là các tia sáng. Mắt nón của Euclide vẫn tồn tại, nhưng bị đảo lại: đỉnh nằm trên vật, và đáy của nó trên con ngươi, chứ không phải ngược lại. Theo Alhazen, ánh sáng trong môi trường xung quanh là cần thiết để nhìn: các tia thị giác chỉ phát ra từ vật nếu bản thân chúng cũng sáng hoặc được chiếu sáng. Ông cũng đã tấn công quan niệm của Aristote về sự trong suốt; ông cho rằng sự trong suốt của các môi trường trung gian giữa mắt và vật không gắn kết quá mạnh với nguồn sáng, mà có thể được giải thích bằng các tia sáng lan truyền theo đường thẳng.

## MẮT – MÁY THU HÌNH ẢNH

Như vậy Alhazen đã dập tắt “ngọn lửa bên trong” của Empédocle. Ông đã thay vào đó một lý thuyết về thị giác dựa trên các tia sáng có hành trạng được mô tả chính xác bằng ngôn ngữ toán học và hình học của Euclide.

Mắt không còn là nơi trú ngụ của một thứ ánh sáng thần thánh và thiêng liêng nữa; mắt chờ được được chiếu sáng bởi ánh sáng từ ngoài. Từ vai trò là máy phát ra các tia, mắt chuyển sang vai trò là máy thu.

Sự đảo ngược vai trò này buộc Alhazen phải suy nghĩ về chính cơ chế của thị giác. Với mặt nón các tia thị giác đi ra từ mắt, ta có thể phân tích cơ chế của thị giác mà không bao giờ cần phải đề cập đến chuyện giải phẫu mắt, thần kinh thị giác và não. Với các tia thị giác vừa khít với hình dạng của các vật và thẩm đắm các màu sắc của chúng, ta có thể xây dựng một lý thuyết quang học mà không cần phải phát triển một vật lý về ánh sáng. Tất cả những điều đó sẽ thay đổi nếu ánh sáng đến từ bên ngoài, chứ không phải là từ bên trong. Alhazen phát biểu rằng ở mỗi một điểm của thế giới bên ngoài ứng với một và chỉ một hình ảnh lên thủy tinh thể, mà ông nghĩ một cách sai lầm giống bác sĩ Galien rằng đó là một bộ phận chính của thị giác (ở đúng vị trí của võng mạc và mãi sau thế kỷ sau vai trò của võng mạc mới được Johannes Kepler làm rõ). Cũng giống như Galien, ông đặt sai lầm thủy tinh thể vào tâm của nhãn cầu (chứ không phải ở mặt trước của nhãn cầu) (H. 1). Vì luật Hồi giáo cấm phẫu tích, nên hiểu biết của ông về giải phẫu mắt chủ yếu dựa trên các phẫu tích thông thường của thời kỳ đó được thực hiện tại Ai Cập, nơi có phong tục ướp xác.

Hơn nữa, để mỗi một điểm của một vật ứng với một và chỉ một yếu tố của thủy tinh thể, thì chỉ được phép có một tia sáng đi từ vật đến yếu tố này. Nếu nhiều tia sáng đến từ nhiều điểm khác nhau tác động cùng một yếu tố của cơ quan thị giác, thì chúng sẽ gây ra các cảm giác chồng chéo gây nhiễu thị. Để duy trì sự tương ứng duy nhất, và do đó để nhìn được rõ nét, Alhazen thấy cần phải giả định rằng trong vô số các tia sáng chạm vào mỗi điểm ở mặt trước của thủy tinh thể, chỉ một tia là “hữu ích”, đó là tia chạm vào nó theo chiều vuông góc. Tia hữu ích này không bị khúc xạ, nghĩa là đường đi của nó không bị lệch, và vẫn tiếp tục truyền thẳng theo hướng cũ đi vào thủy tinh thể. Chính tia này làm cho mắt nhìn thấy điểm mà từ đó nó được phát ra. Tuy Alhazen không đưa ra được những lập luận vật lý để biện minh cho định đê về “tia hữu ích” này, nhưng đột phá trí tuệ mà ông đạt được là rất lớn: lần đầu tiên trong lịch sử tư tưởng nhân loại đã xuất hiện quan niệm cho rằng hình ảnh của thế giới bên ngoài được truyền bởi các tia sáng và được hình thành trong mắt.

Hình 1: Hệ thị giác theo Ibn al – Haytham (hay Alhazen) (965-1039) khoảng năm 1000. Theo nhà bác học người ẢRập này, thủy tinh thể ở trung tâm của nhãn cầu là cơ quan thị giác. Các hình ảnh tạo thành từ các tia sáng đi qua các dây thần kinh thị giác rõ ràng gặp nhau ở “điểm giao thoa thị giác”, rồi sau đó được truyền đến não ở đó linh hồn sẽ tổng hợp thông tin.

Đó là một bước tiến rất quan trọng. Alhazen là người đầu tiên hiểu được rằng các hình ảnh của thế giới bên ngoài không đi toàn bộ như chúng vốn có vào trong con ngươi, như những người ủng hộ lý thuyết “ảo ảnh” tuyên bố. Ngược lại, ông đã nhận thấy một cách đúng đắn rằng các cảnh tượng diễn ra dưới mắt ta có thể tách thành vô vàn các điểm mà mắt người nhìn thấy đồng thời. Mỗi một điểm này được một tia sáng kết nối với một yếu tố của cơ quan thị giác, và sau đó mắt tập hợp vô số các yếu tố này lại thành hình ảnh.

Để củng cố lý thuyết thị giác của mình, Alhazen vốn là một nhà thực nghiệm giỏi đã thực hiện rất nhiều thí nghiệm với ánh sáng bằng một buồng tối (camera obscura). Các bạn hãy tưởng tượng đang đứng thẳng trong một buồng tối phủ kín rèm. Bên ngoài, trời nắng chói chang. Hãy khoét một lỗ nhỏ trong rèm bạn sẽ thấy ánh sáng đi qua lỗ này và vẽ lên tường đối diện một hình ảnh của khung cảnh bên ngoài rực nắng. Khung cảnh giàu chi tiết và màu sắc này đã luôn lách qua một lỗ nhỏ chỉ lớn hơn đầu một cái đinh ghim ! Alhazen từ đó suy ra một cách chính xác rằng chỉ có những tia sáng đồng thời đi qua cái lỗ này mới có thể giải thích được một hiện tượng lạ lùng đến thế. Tuy nhiên, có một vấn đề rất quan trọng được đặt ra: hình ảnh được phóng chiếu trên tường lại theo chiều lộn ngược (trên lộn xuống dưới, trái chuyển sang phải và ngược lại), nhưng Alhazen không đi sâu vào vấn đề này. Còn về sự liên quan đặc biệt của thí nghiệm buồng tối này với mắt người, phải mất khoảng bốn trăm năm sau mới được làm rõ khi Léonard de Vinci với một trực giác thiên tài đã đồng nhất con mắt với một camera obscura...

Alhazen cũng là người đầu tiên miêu tả hiện tượng khúc xạ, nghĩa là hành trạng của ánh sáng khi chuyển từ môi trường này sang môi trường khác (chẳng hạn từ không khí vào thủy tinh, hoặc từ không khí vào nước). Ông đã hiểu rằng ánh sáng khi thay đổi môi trường thì cũng đồng thời thay đổi hướng và vận tốc truyền. Hơn sáu thế kỷ sau, Descartes và Newton vẫn dùng lại nguyên vẹn lập luận này.

## CẢM GIÁC VỀ KHOẢNG CÁCH VÀ MÀU SẮC

Với Alhazen, ánh sáng đã trở thành một thực thể vật lý. Để giải thích thị giác, sự trong suốt và các màu sắc, chỉ triết học thôi là không đủ. Vật lý và hình học dựa trên thực nghiệm và quan sát vì vậy từ nay có quyền được nêu danh.

Alhazen đã lấp đầy lỗ hổng ngăn cách những nghiên cứu về giải phẫu mắt và các lý thuyết về thị giác. Sinh lý học đã tràn vào thế giới quang học; mối quan hệ giữa khoa học về thị giác và y học đã trở nên không thể tách rời: kể từ đó người ta không thể bàn về tri giác mà không xét đến các vật tri giác.

Theo Alhazen, các hình ảnh bắt nguồn từ các “tia sáng” đi qua dây thần kinh thị giác, được giả định là rõ ràng, rồi qua “điểm giao thoa thị giác”, nơi dây thần kinh thị giác phải gặp dây thần kinh trái, và sau đó truyền đến mặt trước của não, ở đó linh hồn - “cảm năng tối hậu” - sẽ tổng hợp các thông tin được hai mắt và các giác quan khác truyền đến, cho phép chúng ta nhìn thấy (H. 1).

Vẫn còn phải giải quyết vấn đề về khoảng cách: làm thế nào chúng ta có thể ước lượng được một vật nào đó nằm ở xa hay gần? Những người đi theo lý thuyết “các tia thị giác” cho rằng các tia này, vì có cảm giác về độ dài của chính mình, nên nhờ đó trao cho chúng ta cảm giác về độ dài. Điều này không còn đúng nữa ngay khi ánh sáng đi vào mắt người thay vì từ đó đi ra. Sự “sờ mó” từ xa là không thể, và không thể có được cảm giác về độ sâu bằng tiếp xúc thị giác các đồ vật. Để phán đoán khoảng cách, Alhazen nghĩ (và là nghĩ đúng) rằng chúng ta phải dùng đến các dấu hiệu khác: chẳng hạn, một vật nằm trước che khuất một phần các vật nằm đằng sau nó, hay một vật ở xa (như cây cối chẳng hạn) trông nhỏ hơn cũng vật đó nhưng ở gần hơn. Sở dĩ chúng ta có thể phán đoán khoảng cách từ chỗ mình đứng đến chỗ một người nào đó bởi vì chúng ta đã ước lượng được kích thước trung bình của một người. Chiều cao biểu kiến của một người cũng cho phép chúng ta ước lượng được chiều cao của tất cả các vật ở gần anh ta, như một ngôi nhà hay một bông hoa. Để phán đoán khoảng cách hay độ sâu của các vật, não chấp nối liên tục cái không biết với cái đã biết, cái thực tại với cái đã được ghi nhớ.

Còn về các màu, Alhazen cũng nghĩ như Ptolémée rằng chúng là các tính chất cố hữu của các vật nhìn thấy được. Chính ánh sáng, khi vấp phải bề mặt của một vật không trong suốt, nghĩa là có màu rất đậm, đã lấy ra từ đó màu mà sau đó nó mang đến mắt.

## **ÁNH SÁNG SIÊU HÌNH CỦA ROBERT GROSSETESTE VÀ ROGER BACON**

Sau các đỉnh cao trí tuệ của Alhazen, lý thuyết thị giác đã ngừng tiến bộ trong thế giới Ảrập. Sự vươn rộng của nền văn minh Hồi giáo đã bị các cuộc xâm lược triền miên của đội quân Barbare chặn lại. Bagdad rơi vào thay Hulaga Khan năm 1258. Ngọn đuốc trí tuệ lại chuyển về phương Tây.

Các thế kỷ XI và XII đã được chứng kiến một sự đổi mới văn hóa, chính trị và xã hội ở Tây Âu. Các trường đại học đầu tiên đã được thành lập, ở Bologne (Italia) năm 1150, rồi sau đó ở Paris và Montpellier (Pháp), ở Oxford và Cambridge (Anh), v.v... Các tác phẩm lớn của người Hy Lạp và Ảrập đã được dịch sang tiếng Latinh.

Mỗi quan tâm lớn về thần học của thời Trung cổ là bản chất của Chúa. Bị ảnh hưởng bởi các tác phẩm của Aristote, một số nhà thần học cho rằng không thể thống nhất một cách hài hòa học thuyết Cơ Đốc về Chúa với học thuyết của Aristote trong lĩnh vực khoa học tự nhiên. Robert Grosseteste người Anh (1168-1253), hiệu trưởng trường ĐH Oxford, rồi sau đó là giám mục Lincol, đứng đầu giáo phận lớn nhất nước Anh, đã đóng vai trò quan trọng trong trào lưu tư tưởng này. Ông đã kết hợp chủ nghĩa Platon của thánh Augustin (354-430), theo đó thế giới có thể được giải thích một cách duy lý bằng toán học, và chủ nghĩa kinh nghiệm của Aristote với tư tưởng của thánh Augustin theo đó Chúa là “Ánh sáng là vô thể và vô hạn”. Thực tế, siêu hình học về ánh sáng đã đóng vai trò hàng đầu trong tư tưởng của Grosseteste. Trong tác phẩm Về ánh sáng, ông đã viết rằng: “Ánh sáng là dạng thức vô thể đầu tiên từ đó mới xuất hiện vạn vật”, rằng “ánh sáng được nhân lên vô hạn từ một điểm duy nhất đến tất cả các mặt và tán xạ đồng đều theo tất cả các hướng”, và rằng “từ chính hoạt động này mà xuất hiện thế giới vật chất”. Như vậy, toàn bộ vũ trụ vật chất được bắt nguồn từ một ánh sáng đậm đặc. Chỉ cần tưởng tượng một chút là người đọc hiện nay có thể thấy ngay trong cách miêu tả này những điểm tương đồng với lý thuyết hiện đại về sự hình thành thế giới (Big Bang). Chúa của Grosseteste, cũng giống như Thượng đế của Platon, đều là một nhà hình học và toán học, nhưng Chúa của Grosseteste có điểm đặc biệt là đã chọn ánh sáng cho sự Sáng thế của Người. Theo Grosseteste, ánh sáng này có hai khía cạnh: nó không chỉ là nguyên nhân của sự tồn tại vật lý của chúng ta bằng cách ngưng tụ thành vật chất, mà còn ở cấp độ tinh thần. Ánh sáng tinh thần của trí tuệ này đều có ở các sinh vật được Chúa sáng tạo ra, nó là trung gian giữa Chúa và con người, hay còn được gọi là “các thiên thần”.

Sau đó, các nhà tư tưởng về quang học phần lớn theo trường phái Aristote, ngay cả khi họ có thiện cảm nhất định với các tư tưởng của Platon. Sở dĩ như vậy là vì họ bị ảnh hưởng sâu sắc bởi tác phẩm của Alhazen - đã được dịch sang tiếng Latinh khoảng năm 1170 với nhan đề

Perspectiva, nên người ta còn gọi họ là những người theo trường phái phối cảnh . Người nổi tiếng nhất trong số họ là Rober Bacon người Anh (1214-1292), người đã từng giảng dạy tại các trường ĐH Oxford và Paris. Thường được coi là nhà tiên tri của khoa học và công nghệ hiện đại, ông đã tiên đoán về kính viễn vọng, ôtô, máy bay, v.v... Trong các sách chuyên luận về ánh sáng và màu sắc, ông đã cố gắng tổng hợp các quan niệm của Aristote về ánh sáng và màu sắc (vốn là các “dạng thức” phi vật chất) và các quan niệm của Alhazen (màu sắc được truyền bởi các tia phát ra từ tất cả các điểm của vật). Theo Bacon, mọi vật phóng theo đường thẳng về tất cả các hướng một cái gì đó thuộc tinh chất của nó mà ông gọi là “loài”. Chẳng hạn, Mặt trời phát ra các “loài” sáng. Sự phát ra tinh chất này không phải là vật chất, vì nếu không Mặt trời đã tắt từ lâu lắm rồi. Bằng sự phát này, Mặt trời thực tại hóa tiềm năng của các vật thị giác làm cho chúng trở thành sáng. Quan niệm này cho phép gắn vật lý với thần học, Chúa cũng có thể được coi là một lò ánh sáng khổng lồ.

## **LÉONARD DE VINCI VÀ BUỒNG TỐI CỦA MẮT**

Trong thời kỳ Phục hưng, thời kỳ quá độ giữa Trung cổ và kỷ nguyên hiện đại, khoa học tự nhiên đã bắt đầu tách khỏi Nhà thờ và triết học Aristote.

Thời kỳ này chứng kiến sự xuất hiện một lớp người làm các nghề mới - nghệ sĩ, kiến trúc sư, thiết kế đồ họa, v.v... - họ không thuộc tầng lớp thầy tu cũng không phải là các giảng viên đại học, nên họ không phải chịu những gò bó cứng nhắc của các truyền thống kinh viện.

Máy in được Gutenberg phát minh vào năm 1440 đã góp phần quan trọng vào việc phổ cập khoa học bằng cách thúc đẩy việc truyền bá tư tưởng. Léonard de Vinci người xứ Florence (Italia) (1452-1519) là một trong những người nổi tiếng nhất của thời kỳ này. Là họa sĩ thiên tài, ông cũng đã có những đóng góp quan trọng cho điêu khắc, kiến trúc, cơ học, giải phẫu học và quang học. Quang học, một khoa học bị tàn lụi trong thời Trung cổ, đã cất cánh trở lại trong thời Phục hưng nhờ một phát minh lớn vào khoảng năm 1280: đó là kính. Kính có lẽ đã được phát minh bởi một thợ thủy tinh ở Venise (Venise thời đó đã phát triển một nền công nghiệp thủy tinh lớn) khi nhận thấy rằng các vật nhìn qua một mẫu thủy tinh ở tâm dày hơn xung quanh sẽ được phóng đại lên. Kính đã trở thành phổ biến, nhiều trí thức và các nhà bác học đã đeo kính mà không hiểu nguyên nhân gì đã tạo ra khả năng phóng đại của nó (H. 2). Một số người thậm chí còn cho rằng kính làm biến dạng hiện thực, mang lại một hình ảnh “sai lệch” về hiện thực.

Khi tấn công vấn đề thị giác, Léonard de Vinci đã biết đến kính. Ông cũng đã biết thí nghiệm Buồng tối đã được Alhazen miêu tả vào năm 1000: chọc một lỗ nhỏ vào tấm rèm phủ kín một buồng tối, lập tức các hình ảnh của thế giới được chiếu sáng từ bên ngoài sẽ hiện lên bức tường đối diện, nhưng lộn ngược (H. 3)! Trong một cơn xuất thần của trí tưởng tượng sáng tạo, Léonard đã tổng hợp hai sự kiện này lại. Ông là người đầu tiên đã đồng nhất mắt với buồng tối, nơi các hình ảnh của thế giới được phóng chiếu, các tia sáng từ bên ngoài đi vào qua lỗ con ngươi. Các tia sáng này sau đó bị lệch hướng và được tụ tiêu bởi thủy tinh thể trên dây thần kinh thị giác, cũng giống như mắt kính làm lệch hướng và tụ tiêu ánh sáng. Ý tưởng này rất quan trọng. Léonard đã bác bỏ quan niệm của Galien cho rằng thủy tinh thể là trung tâm của thị giác. Vai trò của thủy tinh thể bây giờ bị rút lại thành vai trò của một dụng cụ quang học đơn thuần giống như mắt của một cái kính. Nhưng sự đồng nhất mắt với buồng tối đặt ra một vấn đề: các hình ảnh bị đảo ngược, ấy vậy mà mắt vẫn nhìn thế giới theo đúng tư thế thuận của nó! Léonard đã nghĩ một cách sai lầm rằng đường đi của các tia sáng qua thấu kính thủy tinh thể chịu một sự đảo ngược kép có khả năng tái dựng lại chiều chính xác của các hình ảnh bằng một cơ chế mà ông không giải thích (H. 4).

Léonard de Vinci là một trong số những người có đóng góp to lớn cuối cùng cho khoa học về thị giác trước cuộc đại cách mạng cho ra đời khoa học hiện đại, vào cuối thế kỷ XVI. Cảnh đã được dàn dựng để đón nhân vật có vai trò lớn trong câu chuyện truyền kỳ về ánh sáng bước lên sân khấu: đó là Johannes Kepler, một nhà khoa học người Đức.

## KEPLER VÀ CUỘC CÁCH MẠNG COPERNIC

Một cuộc đảo lộn lớn đã xảy ra trong lịch sử khoa học tự nhiên vào năm 1543 khi linh mục phụ tá người Ba Lan Nicolas Copernic (1473-1543) xuất bản cuốn sách *Về sự quay của các thiên cầu*.

Copernic đã đặt vấn đề xem xét lại vũ trụ địa tâm của Ptolémée trong đó Trái Đất ngự ở trung tâm của vũ trụ, một vũ trụ đã trở thành chuẩn mực trong suốt hơn mươi lăm thế kỷ.

Giờ đây Trái Đất bị đẩy vào hàng một hành tinh bình thường quay quanh Mặt Trời, còn Mặt Trời chiếm vị trí trung tâm. Quả là một đòn giáng mạnh vào tinh thần con người: con người không còn là trung tâm của thế giới và vũ trụ được tạo ra không còn để dành riêng cho con người nữa. Trong khi phần lớn những người đương thời với Copernic chỉ thấy trong hệ vũ trụ của ông một hệ thống toán học cho phép tính toán chính xác hơn quỹ đạo của các hành tinh nhưng vẫn chưa thực sự miêu tả được thế giới, thì Johannes Kepler (1571-1630), cha đẻ của thiên văn học hiện đại, đã là một trong số những người đầu tiên ý thức được tầm quan trọng của cuộc cách mạng trí tuệ được Copernic phát động.

Sau khi nghiên cứu thần học và toán học, vào năm 1594, chàng trai trẻ Kepler được chọn làm giáo viên toán của trường dòng Graz, ở Áo. Là người theo đạo Luther trong một Nhà nước Thiên chúa giáo, nên Kepler đã bị trục xuất khỏi Áo năm 1600. Ông sống lưu vong ở Praha. Cuộc gặp gỡ với nhà thiên văn học vĩ đại người Đan Mạch Tycho Brahe (1546-1601) tại thủ đô nước Séc đã đánh dấu một bước ngoặt trong cuộc đời khoa học của Kepler. Không còn được vua Đan Mạch sủng ái nên Brahe sống lưu vong tại Bohême dưới sự bảo trợ của hoàng đế Rodolphe II. Ông đã thuê Kepler làm phụ tá để ghi chép những quan sát về bầu trời. Một năm sau ông qua đời, để lại cho chàng đồng nghiệp trẻ một kho báu vô giá các số liệu quan sát cực kỳ chính xác về chuyển động của các hành tinh được tích lũy trong khoảng hai chục năm - một thời gian đủ để nhìn thấy các hành tinh gần nhất thực hiện được nhiều vòng quay quanh Mặt trời. Là người bảo vệ nhiệt thành hệ thống Copernic, Kepler tin rằng các quan sát của Brahe sẽ giúp ông đột phá những bí mật về chuyển động của các hành tinh. Bất chấp một cuộc sống khó khăn, và sau bốn năm làm việc năn nhọc, Kepler, người kế tục Brahe với vai trò là nhà toán học hoàng gia trong cung đình của vua Rodolphe II, cuối cùng, vào năm 1605, đã công bố với thế giới ba định luật chi phối chuyển động của các hành tinh, cho dù chúng trái ngược với các niềm tin siêu hình của chính ông. Theo Kepler, Chúa là một nhà toán học và hình học, vì vậy các hành tinh phải đi theo các quỹ đạo có hình dạng hoàn hảo (hình tròn) theo một chuyển động hoàn hảo (tức là phải đều); vậy mà các quan sát của Brahe lại cứ ương ngạnh nói với ông một thực trạng hoàn toàn khác: các quỹ đạo hành tinh không tròn, mà có hình elip, và chuyển động của chúng không là đều, các hành tinh tăng tốc khi tiến gần

Mặt Trời và giảm tốc đi ra xa Mặt Trời. Là một nhà khoa học đích thực, Kepler đã nghiêng mình trước phán quyết của quan sát.

## **VÔNG MẠC LÀ TRUNG TÂM CỦA THỊ GIÁC**

Ngoài các công trình về chuyển động của các hành tinh ghi dấu ấn trong lịch sử khoa học, Kepler còn quan tâm đến các vấn đề quang học, trong đó có một số gắn liền với thiên văn học.

Chẳng hạn, ông đã tự vấn tại sao đường kính của hình ảnh của Mặt Trăng chiếu qua một lỗ vào trong buồng tối lại luôn lớn hơn giá trị mong đợi, làm cho hình ảnh bị nhòe. Ông đã rút ra kết luận đúng đắn rằng nguyên nhân ở đây chính là tại kích thước hữu hạn của cái lỗ. Nhưng, ông tiếp tục, nếu mắt là một buồng tối, như Léonard de Vinci giả định, và nếu các tia sáng đi vào mắt qua con ngươi có một kích thước nhất định, thì thế giới bên ngoài phải trình hiện trước mắt ta một cách mờ nhòe, không rõ nét. Tuy nhiên, thực tế lại không phải như vậy. Do đó, các hình ảnh mà mắt nhìn thấy phải được hình thành theo một cơ chế khác. Kepler đã nhận ra rằng cơ chế này chính là sự khúc xạ. Các tia sáng không lan truyền theo đường thẳng khi đi vào mắt, như trường hợp buồng tối, mà bị lệch hướng khi đi vào thủy tinh thể. Như vậy, mặc dù mượn phần lớn các quan điểm của Alhazen, nhưng Kepler không đồng ý với khẳng định của nhà khoa học ẢRập này theo đó chỉ có những tia đi vuông góc với giác mạc mới đóng góp cho thị giác. Tại sao một tia sáng rất gần với đường vuông góc với mắt lại không giúp gì cho thị giác? Điều đó không đúng ! Kepler đã khẳng định một cách chính xác rằng tất cả các tia sáng đều đóng góp cho thị giác và sở dĩ chúng ta nhìn thấy rõ nét các hình ảnh, chính là bởi vì tất cả các tia này đều bị lệch hướng và hội tụ vào một điểm duy nhất khi đi vào mắt người.

Để kiểm tra giả thuyết của mình, Kepler đã miệt mài tiến hành các thí nghiệm với các bình thủy tinh tròn chứa đầy chất lỏng, giống như mắt. Ông đã chứng tỏ được rằng các tia sáng đi qua các bình thủy tinh nước ấy đều hội tụ vào một điểm duy nhất, và rằng hình ảnh là sáng và nét nếu độ mở mà các tia đi qua đó là tương đối nhỏ. Mắt có một độ mở nhỏ như thế (con ngươi) và một thấu kính (thủy tinh thể) để hội tụ các tia sáng. Nhưng hình ảnh được hình thành ở đâu? Vẫn rất chính xác, Kepler cho rằng nơi hội tụ các tia sáng và hình thành các hình ảnh là võng mạc - chứ không phải là thủy tinh thể như Alhazen và Galien đã nghĩ. Sau hai nghìn năm lý thuyết về thị giác, vai trò của võng mạc là trung tâm của thị giác cuối cùng đã được thừa nhận.

Nhưng Kepler cũng vấp phải vấn đề đã từng hấp dẫn Léonard de Vinci: các hình ảnh của thế giới bên ngoài trên võng mạc bị đảo ngược (H. 5). Ông viết: "Thị giác tạo bởi một hình ảnh của vật nhìn thấy được trên thành màu trắng và lõm của võng mạc; và các vật của thế giới bên ngoài nếu ở bên phải sẽ xuất hiện ở bên trái, những vật ở bên trái sẽ xuất hiện ở bên phải, ở trên thì lộn xuống dưới, ở dưới ngược lên trên".

## THỊ GIÁC ĐƯỢC TẠO RA CẢ TRONG MẮT VÀ TRONG NÃO

Vậy thì tại sao chúng ta lại không nhìn thấy thế giới bị lộn ngược? Léonard de Vinci giải thích điều đó bằng sự đảo chiều kép được thực hiện khi các tia sáng khi đi qua thủy tinh thê làm cho các vật trở lại chiều đúng của chúng. Nhưng sự đảo ngược kép này đã diễn ra như thế nào?

Kepler đã cố gắng tìm hiểu cách giải thích của Léonard de Vinci, nhưng không có kết quả. Tất nhiên là ông không thể hiểu được bởi vì quan niệm đó là sai lầm! Từ đó ông rút ra kết luận rất đúng đắn rằng Léonard đã đi sai đường và rằng hình ảnh tạo thành trên võng mạc đúng là bị lộn ngược. Ông đã khẳng định điều đó bằng các phẫu tích mắt bò do chính ông tự tay thực hiện và những phẫu tích này đều cho thấy rõ các hình ảnh bị lộn ngược trên võng mạc. Kepler khẳng định, điều xảy ra đối với hình ảnh bị đảo ngược sau khi được dây thần kinh thị giác của mắt truyền tới não trong phần gọi là lương tri (*sensus communis*) nơi mà sự tri giác cuối cùng coi như đã được khu biệt, không còn là một vấn đề của quang học nữa, và do đó không còn thuộc phạm vi của vật lý học mà là của sinh lý học. Bằng một cơ chế nào đó chưa rõ, não biết cách tái lập lại sự định hướng đúng của vật, và nhờ đó mà chúng ta nhìn thấy các vật theo đúng chiều thuận của chúng. Như vậy, Kepler là người đầu tiên gợi ý rằng não có thể đóng một vai trò tích cực trong thị giác, rằng chúng ta nhìn cả bằng mắt và bằng não. Nhiều thế kỷ sau, vai trò chính xác của não trong quá trình thị giác mới được làm sáng tỏ.

Trung thành với quan niệm huyền bí về thế giới, Kepler đã gán cho ánh sáng một tính chất siêu hình: ánh sáng có lẽ là sự biểu hiện của Chúa. Ngược lại với Aristote, ông cho rằng ánh sáng (thực thể phi vật chất) và màu sắc (tính chất của các vật được chiếu sáng) không cần môi trường trung gian để lan truyền. Ánh sáng lan truyền tức thời: vận tốc của ánh sáng là vô hạn. Bù lại, Kepler chấp nhận quan niệm của Aristote về “ánh sáng tiềm năng” của các vật có màu. Tiềm năng này được thực tại hóa nhờ ánh sáng bên ngoài. Các màu hiện diện bên trong chứ không phải ở trên bề mặt của các vật. Chính vì thế mà sự phản xạ ở bề mặt của các chất lỏng không làm thay đổi màu của các tia tó. Còn về một số kim loại cho sự phản xạ có màu sắc, đó là do chúng đã thêm ánh sáng có màu của chúng vào ánh sáng bên ngoài.

## TƯ TƯỞNG NGHI NGỜ CỦA DESCARTES

Đến cuối thế kỷ XVII, chủ nghĩa Aristote mất dần ảnh hưởng và suy tàn. Lúc này nhu cầu xem xét lại toàn bộ hệ tư tưởng trở nên cấp bách hơn bao giờ hết. Triết gia kiêm nhà toán học Pháp René Descartes (1596-1650) là người đóng vai trò tiên phong trong cuộc cách mạng về quan niệm này.

Sinh ở Touraine, là con trai của một gia đình quý tộc ở Rennes, Descartes học phổ thông tại các trường dòng Tên và năm hai mươi tuổi đỗ cử nhân luật ở Paris. Sau đó ông nhập ngũ và chu du khắp châu Âu, “lần lộn đây đó khắp nơi, tự trao cho mình nhiệm vụ làm khán giả chứ không phải diễn viên trong các tấn trò đời đang diễn ra ở đó”. Từ năm 1629, ông lập nghiệp ở Hà Lan, sống ở đó hai mươi năm và thường xuyên gặp gỡ giới trí thức tinh hoa của nước này. Năm 1648, ông đến Stockholm theo lời mời của nữ hoàng Thụy Điển Christine, người muốn theo học triết học của ông. Để tận dụng tối đa thời gian có mặt của Descartes, vị nữ hoàng trẻ trung này hẹn gặp từ 5 giờ sáng vị triết gia khôn khổ vốn không bao giờ dậy trước 12h trưa! Sức khỏe của Descartes suy sụp và ông mất năm 54 tuổi.

Toán học đóng vai trò quan trọng trong tư tưởng của Descartes. Đối với ông cũng như đối với Galileo (1564-1642), toán học là ngôn ngữ của tự nhiên. Descartes sáng tạo ra hình học giải tích, cho phép ông mô tả bằng phương trình các hình hình học như hình tròn hay hình tam giác. Tin vào sự thống nhất cơ bản của các khoa học, ông coi các khoa học, cũng như toán học, phần lớn đều có thể được suy ra bằng lý trí thuần túy. Ở điểm này, ông đi ngược lại với Kepler và Galileo, hai nhà khoa học này nhấn mạnh sự cần thiết phải quan sát và thực nghiệm để giải mã các bí mật của tự nhiên, nhưng đồng thời không hề phủ nhận vai trò cơ bản của toán học. Như vậy Descartes là biểu tượng của “chủ nghĩa duy lý”.

Descartes xây dựng hệ tư tưởng của ông dựa trên sự nghi ngờ: tất cả đều phải được xem xét lại, vì các giác quan của chúng ta đều có thể bị nhầm lẫn. Xét cho cùng, trong giấc mơ chúng ta thấy các vật cũng thật như khi chúng ta thức. Nhưng, theo Descartes, ít nhất có một điều không thể bị xem xét lại, đó là bản thân việc mình đang nghi ngờ. Khi nghi ngờ, cần phải tư duy và, bởi vì tư duy, nên phải tồn tại với tư cách là người tư duy. Từ đó có câu nói nổi tiếng: “Tôi tư duy, vậy tôi tồn tại”, mở đầu cho tác phẩm Luận về phương pháp xuất bản năm 1636 và được dùng làm dẫn nhập cho các tiểu luận của ông về Khúc xạ học, Sao băng và Hình học . Trong Luận về phương pháp, Descartes đã trình bày các phương pháp “để dẫn dắt lý trí một cách đúng đắn và để tìm kiếm chân lý trong khoa học”, nói cách khác là để xóa bỏ khoa học cũ và xây dựng lại khoa học dựa trên các căn cứ duy lý.

## THỊ GIÁC GIỐNG NHƯ CÂY GẬY CỦA NGƯỜI MÙ

Theo Descartes, hiện thực có hai khía cạnh hoàn toàn khác nhau: khía cạnh tinh thần và khía cạnh thế giới vật chất. Đó chính là “nihil nguyên luận” nổi tiếng của ông. Tinh thần là ý thức thuần túy, không trải rộng trong không gian (tức không có quãng tính) và không thể phân chia.

Trái lại, vật chất hoàn toàn không có ý thức, có quãng tính không gian và có thể chia nhỏ đến vô cùng. Descartes có một quan niệm nguyên tử luận về không gian này. Không gian mà ông gọi là plenum chứa đầy các hạt có kích thước và hình dạng khác nhau. Lý thuyết hạt của Descartes khác với học thuyết nguyên tử của Démocrite ở chỗ nó bác bỏ sự tồn tại của chân không và cho rằng vật chất chia nhỏ được đến vô cùng.

Descartes áp dụng quan niệm không gian của ông cho ánh sáng theo cách sau: giữa mắt và mỗi vật tồn tại một cột plenum mà ánh sáng lan truyền qua với vận tốc vô hạn. Nói cách khác, sự lan truyền của ánh sáng là tức thời. Ánh sáng không phải là vật được phóng ra cũng không phải là chất lỏng, mà là một “xu hướng chuyển động”. Nói theo ngôn ngữ hiện đại, thì đó là một dạng sóng lan truyền trong không gian chứa đầy các hạt mà không làm dịch chuyển đáng kể bản thân các hạt này. Từ quan niệm như thế về ánh sáng, Descartes đã rút ra một phương pháp tiếp cận mang tính cơ giới về thị giác. Theo ông, thị giác giống như cây gậy của người mù; để tìm đường đi, người mù dò dẫm bằng cách dùng cây gậy chạm vào các vật trên vệ đường. Ngay khi đầu gậy chạm vào một vật, một xung lực truyền ngay đến đầu kia của gậy chỗ tay cầm, và người mù nhận ra ngay vị trí của vật cản. Tương tự, một vật sáng tác động lên plenum quanh nó, gây ra trong mắt một xung động, và nhờ đó mà chúng ta nhìn thấy. Descartes miêu tả trong Luận về phương pháp: “Ánh sáng không là gì khác, trong các vật mà người ta gọi là sáng, một chuyển động nào đó, hay một tác động cực nhanh và mạnh, truyền đến mắt bạn qua không khí và các vật trong suốt khác, cũng giống như chuyển động hoặc xung động truyền đến tay người mù qua cây gậy”. Như vậy Descartes là người đầu tiên phát biểu rõ ràng một lý thuyết cơ giới về ánh sáng, về môi trường truyền và thị giác. Hoàn toàn có thể coi lý thuyết của ông là điểm mốc khởi đầu của quang học vật lý hiện đại.

## **DESCARTES VÀ SỰ RA ĐỜI CỦA SINH LÝ HỌC THẦN KINH**

Descartes cũng đề cập đến sinh lý học thông qua các hạt. Ông bác bỏ quan niệm phô biến của những người đương thời cho rằng linh hồn là khởi nguyên của sự sống. Ông lấy lại thuyết linh khí (pneuma) của Galien nhưng dưới dạng giản lược và duy vật.

Theo ông, tồn tại một chuỗi các hạt gọi là “linh hồn động vật” đi từ máu đến não, rồi từ tủy sống qua các dây thần kinh có đường kính thay đổi tùy theo các kích tố (stimuli). Ông đưa ra một quan điểm quan trọng và độc đáo, mà cho tới nay vẫn còn sức sống: một sự kiện tâm thần (một xúc cảm hay một cảm giác) luôn đi kèm với một sự kiện vật lý nào đó trong não. Nhưng, bởi vì tâm thần là phi vật chất và não là vật chất, vậy thì bằng cách nào chúng ảnh hưởng lẫn nhau? Câu trả lời của Descartes là bằng sự hỗ trợ của “tuyến tùng”, một điểm nhỏ của não. Theo Descartes, tuyến tùng điều khiển não bằng các chuyển động nhỏ, bằng cách mở và đóng các lỗ của nó, giống như một nhạc sĩ đàn organ điều khiển cho các ống mở hoặc đóng bằng cách ấn phím.

Descartes cũng quan tâm đến vấn đề thị giác, đặc biệt là vấn đề hình ảnh bị lộn ngược trên võng mạc do Kepler nêu ra. Ông xem xét và bác bỏ giả thiết cho rằng có một “người tí hon” (homunculus) trong đầu, nhìn hình ảnh trên võng mạc và tái lập lại chiều đúng của hình ảnh. Loại lập luận này nhanh chóng dẫn đến phi lý vì cần phải có một người tí hon khác nữa để tái lập chiều của hình ảnh trên võng mạc của homunculus, và cứ như vậy đến vô cùng. Sẽ có một chuỗi vô hạn các homunculus lồng vào nhau, giống như một chuỗi vô tận các con búp bê Nga.

Trong Luận về con người, Descartes đã xây dựng một lý thuyết cơ giới về thị giác. Theo ông, các dây thần kinh thị giác đi từ hai mắt vận chuyển đến não các thay đổi cơ học trên võng mạc do ánh sáng gây ra. Các dây thần kinh này hoạt động như các sợi dây căng truyền mọi nhiễu động từ đầu này đến đầu kia. Chẳng hạn, một hình ảnh kép về thế giới bên ngoài từ võng mạc của hai mắt được truyền lên não. Sau đó hai hình ảnh này được kết hợp thành một hình ảnh duy nhất trong “lương tri” của não (H. 6).

Hình 6. Hệ thống thị giác theo René Descartes (1596-1650) (Luận về con người, Paris, 1664). Đó là một lý thuyết cơ giới: các dây thần kinh truyền lên não tất cả các thay đổi cơ học do ánh sáng gây ra trên võng mạc của mỗi mắt. Hai hình ảnh từ hai mắt sau đó được ghép với nhau và được tuyêt tùng của não giải mã.

Về vấn đề hình ảnh trên võng mạc bị lộn ngược, Descartes đã nói rất dứt khoát: chính não đã tái lập lại chiều đúng của các hình ảnh, giúp chúng ta không nhìn thấy thế giới bị lộn ngược. Descartes còn đi xa hơn: hình ảnh trong não mà chúng ta tri giác được là một phiên bản đơn giản hóa của hình ảnh được gửi tới từ thế giới bên ngoài, và chính não đã bổ khuyết thêm những thông

tin còn thiếu. Ông so sánh các hình ảnh trong não với các bức tranh. Các bức tranh không phải là sự tái hiện chính xác thế giới thực, tuy nhiên não của chúng ta biết nhận ra ở đó các đồ vật, con người hay phong cảnh bằng sự tri giác các nét cọ chấm phá đây đó. Đó là một quan niệm đi trước rất xa so với thời đại của ông: phải vài thế kỷ sau sinh lý học hiện đại mới đề cập đến vấn đề mã hóa có lựa chọn các đường viền của vật...

Đối với các con vật, mà Descartes coi là không có tâm hồn, các tín hiệu thị giác được tích hợp với các tín hiệu của các giác quan khác, như xúc giác và khứu giác, và được gắn kết với các dữ liệu của trí nhớ trong “lương tri”. Sau đó một xung động đi từ não đến các cơ bắp để tạo ra các phản xạ. Còn về con người, do vốn có một tâm hồn, nên các tín hiệu của các giác quan khác nhau được “tuyến tùng” giải mã để cho ta một nhận thức cảm tính. Liên quan đến sự tri giác các màu, Descartes nghĩ rằng đó là do các cuộn xoáy của các hạt. Descartes cho rằng, trái ngược với ánh sáng lan truyền bằng các xung động theo đường thẳng, các màu đến mắt là do chuyển động quay của các hạt.

Như vậy, Descartes là người đầu tiên cố gắng khai mở các con đường từ sự tri giác thế giới bên ngoài cho đến bộ não. Theo nghĩa này, ông có thể được coi là cha đẻ của ngành sinh lý học thần kinh hiện đại.

## RÖMER VÀ VẬN TỐC ÁNH SÁNG

Aristote cho rằng thị giác bắt nguồn từ một thay đổi tức thời môi trường do ánh sáng xung quanh gây ra. Ngoại trừ Alhazen và một số rất ít các nhà bác học khác, cho tới thế kỷ XVII tất cả các nhà tư tưởng vẫn đinh ninh rằng sự lan truyền ánh sáng là tức thời và vận tốc của ánh sáng là vô hạn.

Xét cho cùng, mỗi buổi sáng khi tỉnh dậy và mở mắt ra, chúng ta có cảm giác rằng các hình ảnh của thế giới xung quanh xâm chiếm tức thì ý thức của chúng ta. Địa vị siêu hình học của ánh sáng thời Trung Cổ vẫn còn tiếp tục củng cố niềm tin này: bởi vì ánh sáng là biểu hiện của Chúa mà Chúa thì hiện diện khắp nơi, nên sự lan truyền của ánh sáng phải là tức thời. Ngay cả Kepler và Descartes, những người đã khai mở kỷ nguyên khoa học hiện đại, cũng khư khư giữ chặt quan điểm cho rằng ánh sáng đến với chúng ta mà không cần mất một khoảng thời gian nào.

Trung thành với danh tiếng là người quan sát tự nhiên, Galileo là người đầu tiên tiến hành thí nghiệm để kiểm tra giả thiết này. Ông đặt hai người ở hai vị trí khác nhau, mỗi người cầm một cái đèn lồng. Ông yêu cầu họ gửi cho nhau các chớp sáng bằng cách đưa tay che trước đèn, rồi sau đó rút tay lại. Mỗi người phải trả lời cho người kia bằng một chớp sáng ngay khi nhận được chớp sáng do người kia phát ra. Galileo nhận xét một cách đúng đắn rằng nếu ánh sáng phải mất thời gian để lan truyền, thì các khoảng thời gian giữa hai chớp sáng kế tiếp nhau xuất phát từ cùng một người phải càng dài nếu khoảng cách giữa hai người càng xa. Nhưng, khi tách hai người ra xa hơn, ông không phát hiện ra bất kỳ khác biệt nào. Từ đó Galileo kết luận rằng hoặc là sự lan truyền ánh sáng là tức thời, hoặc là vận tốc của ánh sáng là cực lớn.

Phải mãi tới sau này, nhà thiên văn học người Đan Mạch là Ole Römer (1644-1710) mới chứng minh được rằng kết luận thứ hai của Galileo là đúng. Năm 1671, vua Louis XIV mời Römer đến làm việc tại Đài thiên văn hoàng gia Paris mà ông vừa thành lập. Tại đây, Römer chuyên nghiên cứu vấn đề quỹ đạo của một trong các mặt trăng của Mộc tinh, tên là Io, được Galileo phát hiện năm 1610 ngay sau khi phát minh ra kính thiên văn. Römer xác định thời gian để Io đi hết một vòng quỹ đạo của nó quanh Mộc tinh bằng cách đo khoảng thời gian giữa hai lần nguyệt thực liên tiếp của mặt trăng Mộc tinh, nguyệt thực này xảy ra trong mỗi vòng quay khi Io đi qua phía sau Mộc tinh. Ông phát hiện ra một hiện tượng lạ: thời gian để Io thực hiện được một vòng quay quanh Mộc tinh không cố định, mà thay đổi theo chu kỳ (trung bình là 42 giờ rưỡi). Thời gian này tăng khoảng 20 phút khi Trái Đất, trong chuyến chu du hằng năm quanh Mặt Trời, ở xa Mộc tinh nhất, và giảm cũng chừng ấy thời gian khi Trái Đất gần Mộc tinh nhất (H. 7). Mà thời gian Io quay một vòng quanh Mộc tinh không thể thăng giáng, cũng giống như Mặt Trăng luôn quay quanh Trái Đất một vòng hết đúng một tháng.

Hình 7. Ole Römer (1644-1710) đo vận tốc ánh sáng năm 1676. Nhà thiên văn học Đan Mạch đo khoảng thời gian giữa hai lần nguyệt thực liên tiếp của mặt trăng Io của Mộc tinh, từ hai vị trí khác nhau của Trái Đất trên quỹ đạo của nó quanh Mặt Trời: 1) khi Trái Đất gần Mộc tinh và Io nhất, và 2) khi Trái Đất cách xa chúng nhất. Kết quả của hai phép đo chênh nhau khoảng hai mươi phút: đó là thời gian cần thiết để ánh sáng đi qua khoảng cách bằng đường kính của quỹ đạo Trái Đất. Chỉ cần chia khoảng cách này (tính bằng các kỹ thuật khác) cho thời gian 20 phút là biết vận tốc của ánh sáng.

Römer đã giải thích chính xác độ lệch biểu kiến của chu kỳ quỹ đạo của Io là bằng chứng cho thấy ánh sáng từ Io phải mất một khoảng thời gian nhất định để đến được Trái Đất, và khoảng thời gian gần 20 phút (giá trị chính xác đo được bằng các máy đo hiện đại là 16 phút 36 giây) là ứng với thời gian bổ sung cần thiết để ánh sáng đi từ Io tới vị trí xa nhất của Trái Đất. Sở dĩ Römer thành công ở chỗ mà Galileo đã thất bại, đó là vì khoảng cách Mộc tinh - Trái Đất là khoảng 600 triệu kilômét, trong khi hai người truyền cho nhau các chớp sáng trong thí nghiệm của Galileo chỉ cách nhau vài trăm mét ! Bởi vì vận tốc của ánh sáng là cực lớn (7,5 lần vòng quanh trái đất trong một giây), nên phải dùng các khoảng cách thiên văn mới có thể làm sáng tỏ được sự chênh lệch thời gian mà ánh sáng phải mất để đến được chúng ta. Như vậy quan niệm của Descartes về một plenum truyền tức thời các thay đổi cơ học do ánh sáng gây ra là hoàn toàn sai lầm.

## ÁNH SÁNG ĐI CHẬM HƠN HAY NHANH HƠN KHI ĐI VÀO

### MÔI TRƯỜNG CHIẾT QUANG HƠN?

Người đầu tiên thiết lập được công thức toán học về định luật khúc xạ là Kepler. Trong cuốn Khúc xạ học, Kepler cho rằng tỷ số của góc tới (tức là góc lập bởi tia và pháp tuyến) và góc khúc xạ là không đổi. Nhưng định luật này chỉ đúng đối với các góc nhỏ.

Phải đợi đến thế kỷ XVI, nhà khoa học người Hà Lan Willibrord Snel (1580-1626) mới phát hiện ra định luật đúng về khúc xạ: tỷ số của sin góc tới và sin góc khúc xạ là không đổi, dù góc tới có là thế nào chăng nữa . Định luật khúc xạ được phát hiện sau khoảng một nghìn năm nghiên cứu này là một trong những định luật đầu tiên của vật lý học được phát biểu một cách định lượng.

Nhưng nếu Snel biết miêu tả hành trạng của ánh sáng khúc xạ bằng một công thức toán học, thì ông lại không thể giải thích được nó. Descartes cố gắng tìm ra nguồn gốc của định luật của Snel bằng cách mượn ý tưởng của Alhazen: chính sự thay đổi vận tốc của tia sáng khi đi từ môi trường này sang môi trường khác là nguyên nhân của hiện tượng khúc xạ. Nhưng sơ đồ của ông là ngược với sơ đồ của Alhazen: thay vì phần ánh sáng song song với mặt phân cách giữa hai môi trường chậm lại so với thành phần vận tốc thẳng đứng không thay đổi, Descartes lại cho rằng thành phần vận tốc thẳng đứng tăng lên so với thành phần song song không thay đổi. Ông cho rằng tỷ số sin của góc tới và sin của góc khúc xạ là không đổi và bằng tỷ số của vận tốc ánh sáng trong nước và vận tốc ánh sáng trong không khí. Nhưng, bởi vì góc tới lớn hơn góc khúc xạ, nên theo Descartes, ánh sáng đi trong nước nhanh hơn đi trong không khí. Vận tốc của ánh sáng tăng khi chuyển từ một môi trường kém chiết quang sang một môi trường chiết quang hơn: một kết quả chí ít cũng là hoàn toàn phi trực giác !

Sau này bằng cách mượn lại các quan điểm của Alhazen và Descartes, nhà bác học người Anh Isaac Newton (1642-1727) đã dùng những suy luận theo thủy động lực học để đưa ra một sự biện minh sai lầm: các kênh hẹp hơn trong môi trường đặc hơn sẽ buộc ánh sáng phải đi nhanh hơn, giống như nước chảy nhanh hơn khi chúng ta bóp nhỏ đường kính của ống ở chỗ nước phun ra. Nhưng lương tri của chúng ta chống lại sự biện minh đó: nó mách bảo chúng ta rằng một môi trường càng đặc (tức chiết quang hơn) sẽ cản trở càng mạnh sự truyền của ánh sáng, và ánh sáng càng bị chậm hơn, chứ không phải ngược lại!

## KHÚC XẠ ÁNH SÁNG “BĒ GĀY” CÁC TIA

Trong cùng một môi trường ánh sáng lan truyền theo đường thẳng.

Khi ánh sáng gặp một vật, thì một trong hai hiện tượng sẽ xảy ra: hoặc là nó nảy trên bề mặt của vật để quay lại phía sau, và người ta nói ánh sáng bị phản xạ (chẳng hạn, khi bạn nhìn mình trong gương, thì chính ánh sáng của cơ thể bạn được phản xạ bởi gương đi vào trong mắt bạn); hoặc là ánh sáng đi vào môi trường mới trong suốt bằng cách thay đổi hướng, và người ta nói ánh sáng bị khúc xạ.

Bốn thế kỷ trước CN, Euclide đã biết định luật phản xạ trên mặt phẳng: góc của tia tới tạo với pháp tuyến của mặt phẳng bằng góc của tia phản xạ với chính pháp tuyến đó (H. 8). Archimède (khoảng 287-212 tr.CN) đã chứng minh được rằng có thể tập trung toàn bộ ánh sáng tới vào tiêu điểm của gương nếu gương này có dạng parabol. Như vậy, người Hy Lạp đã biết làm chủ kỹ thuật chế tạo gương. Trên thực tế, Archimède đã thiêu rụi hạm đội La Mã đang vây hãm thành phố Syracuse bằng cách dùng các gương parabol khổng lồ tập trung ánh sáng mặt trời lên tàu địch. Ngày nay nguyên lý tập trung ánh sáng này vẫn được dùng trong kỹ thuật để chế tạo các kính thiên văn lớn.

Hình. 8. Các định luật phản xạ và khúc xạ ánh sáng. (a) Đổi với phản xạ, các góc tạo bởi tia tới và phản xạ so với pháp tuyến là bằng nhau. (b) Đổi với khúc xạ, hiện tượng xảy ra khi, ví dụ, ánh sáng đi từ không khí vào nước (hoặc vào một môi trường trong suốt khác như thủy tinh, chẳng hạn). Trong trường hợp này, góc  $r$  lập bởi tia khúc xạ và pháp tuyến nhỏ hơn góc  $i$  của tia tới lập với pháp tuyến. Khi đi vào một môi trường trong suốt đặc hơn (còn gọi là chiết quang hơn), ánh sáng truyền chậm lại. Người ta định nghĩa chiết suất  $n$  bằng tỷ số  $\sin i / \sin r$ .  $n$  là hằng số có giá trị bằng tỷ số của vận tốc của ánh sáng trong môi trường đầu kém chiết quang hơn (không khí chẳng hạn) với vận tốc trong môi trường sau chiết quang hơn (nước chẳng hạn). Đây chính là định luật Snell. Như vậy chiết suất luôn luôn lớn hơn 1. Giá trị của chiết suất đổi với mặt phân cách không khí-nước là 1,333.

Người Hy Lạp cũng đã biết đến hiện tượng khúc xạ. Trong cuốn Quang học, Ptolémée miêu tả thí nghiệm đã từng được Euclide nhắc đến (bạn có thể dễ dàng tự mình thực hiện thí nghiệm này để bước đầu tìm hiểu các hiệu ứng của khúc xạ ánh sáng): đặt một cái bát to lên bàn và thả xuống đáy bát một đồng tiền xu. Hãy ngồi ở một chỗ sao cho bạn không thể nhìn thấy đồng xu nếu không hơi nhôm người lên. Nghĩa là đồng xu đã nằm ngoài tầm mắt của bạn. Sau đó hãy đổ nước từ từ vào trong bát. Mức nước tăng lên và, đến một lúc nào đó, bạn sẽ nhìn thấy đồng xu mà không phải nhôm người lên. Sở dĩ bạn nhìn thấy đồng xu là nhờ khúc xạ ánh sáng: không có nước, các tia sáng xuất phát từ đồng xu không đi vào mắt; có nước, tia sáng bị lệch về phía đáy và

đi vào mắt nên bạn có thể nhìn thấy nó (H. 9). Một thí nghiệm khác cũng minh họa những hiệu ứng lạ của khúc xạ: đặt một cái bút chì vào trong bát nước và bạn thấy cái bút chì này dường như không còn là một vật nguyên vẹn nữa, mà trông cứ như bị cắt làm đôi; khúc xạ làm cho phần bị chìm dưới nước trông cứ như không gắn với phần nằm trên mặt nước.

Hình 9. Trong trường hợp (a), bát không có nước và đồng xu không được nhìn thấy từ nơi người quan sát; trong trường hợp (b), bát đầy nước, ánh sáng đi từ đồng xu bị khúc xạ và người quan sát vẫn ở vị trí đó có thể nhìn được nó.

Mặc dù đã nghiên cứu về khúc xạ, nhưng Ptolémée vẫn chưa biết các định luật chi phối ánh sáng khúc xạ . Nhà bác học Arập Alhazen đã đưa ra một lý thuyết về khúc xạ ánh sáng vào năm 1000, nhưng không phải bằng ngôn ngữ toán học. Tuy nhiên, trực giác của ông đã tỏ ra đúng đắn. Ông đã cho ánh sáng một vận tốc hữu hạn và thừa nhận ra rằng vận tốc ánh sáng phụ thuộc vào môi trường mà nó đi qua . Alhazen tách vận tốc ánh sáng làm hai thành phần: một vuông góc với mặt phân cách giữa hai môi trường trong suốt, chẳng hạn không khí và nước, và một song song với mặt phân cách ấy; ông nghĩ rằng thành phần song song của tia sáng chậm hơn thành phần nằm vuông góc khi ánh sáng đi vào một môi trường chiết quang hơn (như từ không khí vào nước), làm cho ánh sáng bị lệch về phía pháp tuyến của của mặt phân cách (H. 8).

## VĂN ĐỀ CỨU NGƯỜI CHẾT ĐUỐI

Nguyên lý tiết kiệm không chỉ áp dụng cho hành trạng của ánh sáng. Nó còn có các hệ quả khác thực tiễn hơn. Chẳng hạn, vấn đề mà Fermat giải quyết cho đường đi của ánh sáng cũng là bài toán mà một nhân viên cứu hộ phải giải để cứu một người bơi bất cẩn đang bị chìm.

Người cứu hộ phải làm thế nào để đến chỗ người chết đuối nhanh nhất có thể. Anh ta có thể lựa chọn đường đi. Có thể chạy thẳng xuống nước theo hướng vuông góc với bờ biển và sau đó bơi đến chỗ người bị nạn. Nhưng bơi sẽ mất nhiều thời gian hơn chạy trên bờ biển, và anh ta có nguy cơ đến muộn. Cũng có thể chạy một khoảng cách dài nhất có thể trên bờ biển nơi anh ta thấy gần người bị nạn nhất rồi sau đó bơi thẳng (vuông góc) từ bờ biển đến chỗ người bị nạn. Hoặc cũng có thể đi theo một con đường nào đó là trung gian giữa hai con đường vừa nêu ở trên. Nguyên lý tiết kiệm nói với chúng ta rằng đường đi nhanh nhất đối với người cứu hộ là sẽ là một trong số những con đường trung gian đó.

Ngay lập tức nghiên cứu của Fermat đã bị các học trò của Descartes tấn công, đặc biệt là Claude Clerselier. Clerselier phê bình Fermat đã sử dụng một nguyên lý mục đích luận ("Không phải nguyên tắc đạo đức, mà lại là các mục đích buộc tự nhiên hành động") và một nguyên tắc khác buộc tự nhiên phải do dự (tự nhiên có thể rút ngắn nhất thời gian hoặc khoảng cách cần phải vượt qua; vậy tại sao tự nhiên cứ phải chọn thời gian?). Mặt khác, chứng minh của Fermat đã giả định rằng ánh sáng ngay lúc xuất phát đã "biết" trước nơi mà nó phải đến để cực tiểu hóa thời gian đi. Đó là siêu hình chứ đâu phải là vật lý nữa!

Tuy nhiên, các tiến bộ sau này của vật lý đã chứng tỏ rằng Fermat đã đúng và các phê phán đó là sai lầm. Fermat đã nhận ra một đặc tính chung của tự nhiên bao trùm một loạt các tình huống và có thể được phát biểu đơn giản và ngắn gọn thế này: tự nhiên hành động tiết kiệm nhất có thể. Những người sáng tạo ra khoa học về cơ học và chuyển động sẽ thường gặp trên con đường của mình nguyên lý tiết kiệm này, nguyên lý mà họ đặt tên là "nguyên lý tác dụng tối thiểu".

## **GRIMALDI VÀ NHIỀU XẠ HAY PHƯƠNG THỨC LAN TRUYỀN MỚI CỦA ÁNH SÁNG**

Như vậy ánh sáng có thể lan truyền theo ba cách khả dĩ: theo đường thẳng, bằng phản xạ trên một mặt phẳng như gương chẳng hạn, và bằng khúc xạ khi thay đổi môi trường. Nhưng liệu ánh sáng có chỉ giới hạn trong ba hành trạng này không?

Câu trả lời là không, vì năm 1665, năm Fermat qua đời, là năm công bố di cảo một chuyên luận dài mang nhan đề Một luận đề siêu hình học và toán học về ánh sáng, màu sắc và cầu vồng, của một tu sĩ dòng Tên, giáo viên dạy toán ở Bologne (Italia) tên là Francesco Maria Grimaldi (1618-1663). Trong chuyên luận này, Grimaldi đã thông báo một phát hiện quan trọng đạt được trong các nghiên cứu tỉ mỉ về bóng của các vật được chiếu bởi ánh sáng lọc qua các lỗ rất nhỏ. Trên thực tế ông thấy ánh sáng có thể lan truyền theo một cách khác nữa: “Tôi sẽ chứng tỏ với các bạn một phương thức lan truyền thứ tư mà tôi gọi là nhiễu xạ, bởi vì ánh sáng bị phân tán, ngay cả trong một môi trường đồng nhất, ở lân cận một vật cản, thành các nhóm tia khác nhau lan truyền theo các hướng khác nhau”.

Trong quá trình tiến hành thí nghiệm, Grimaldi nhận thấy bóng của các vật được chiếu sáng được mở rộng hơn kích thước được dự liệu bởi các tính toán thuần túy hình học dựa trên các mặt nón tia sáng lan truyền theo đường thẳng (H. 10). Grimaldi từ đó đã suy ra rất chính xác rằng tia sáng không thể chỉ đi theo đường thẳng, rằng một số tia chắc chắn đã bị vật cản làm lệch hướng. Một sự kiện khác còn khó hiểu hơn: trong bóng xuất hiện xen kẽ và cách đều nhau các dải màu đỏ và xanh. Tuy nhiên, hiện tượng nhiễu xạ không đến mức quá lì lùng như thoát đầu chúng xuất hiện. Thỉnh thoảng trong cuộc sống hằng ngày chúng ta vẫn thấy xuất hiện nhiễu xạ khi ánh sáng đi qua mép của một vật không trong suốt. Chẳng hạn, trong một đêm trời mưa, nếu nhìn ánh đèn đường qua ô che mưa, bạn sẽ thấy rất nhiều hình ảnh màu của ánh sáng này. Tương tự, nếu bạn cầm một vật nhỏ cỡ một xentimet giữa ngón cái và ngón trỏ cùng hướng với nguồn sáng, bạn sẽ thấy hiện lên một motif các đường viền và hình dạng tối. Nói cách hình ảnh, thì chính sự đấu tranh của ánh sáng với bóng tối đã cho ra đời các hình dạng và màu sắc này.

Hình 10. Hiện tượng nhiễu xạ ánh sáng đã được một tu sĩ dòng Tên người Italia tên là Francesco Grimaldi (1618 - 1663) phát hiện ra. Nếu ánh sáng thực sự chỉ truyền theo đường thẳng thì ánh sáng đi qua hai lỗ CD và GH sẽ chỉ chiếu sáng màn trong vùng ở giữa N và O. Ánh sáng trong vùng I - N và O - K có được là do nhiễu xạ.

Grimaldi nhận ra rằng không một hiện tượng nào trong số các hiện tượng nhiễu xạ, trong đó ánh sáng xâm lấn bóng tối, có thể được giải thích bằng quan niệm về ánh sáng đang thẳng thớ ở thời kỳ đó, cụ thể là ánh sáng bao gồm các hạt lan truyền chỉ theo đường thẳng và nối đuôi nhau. Để

giải thích các quan sát của ông, Grimaldi đã đưa ra giả thiết cho rằng ánh sáng có bản chất sóng. Xét đến cùng, nhiều xạ xuất hiện là do ánh sáng đi qua một vật cản giống như một dòng nước uốn qua một tảng đá để tiếp tục con đường của mình. Mà các sóng nước, chuỗi các đỉnh và hõm này, rõ ràng là có bản chất sóng. Tại sao lại không phải như vậy với ánh sáng?

Nhưng Grimaldi đã không đi xa hơn.

## HUYGENS VÀ BẢN CHẤT SÓNG CỦA ÁNH SÁNG

Chính nhà bác học người Hà Lan Christiaan Huygens (1629-1695) (H. 11) mới là người đầu tiên xây dựng lý thuyết sóng ánh sáng. Sinh ra trong một gia đình ưu tú ở Hà Lan, ông được coi là nhà toán học và vật lý học lớn nhất của thời kỳ giữa Galileo và Newton.

Với một bộ óc toàn năng, vừa là nhà thực nghiệm vừa là nhà lý thuyết, Huygens đã có những đóng góp to lớn cho nhiều lĩnh vực khoa học khác nhau. Đóng góp cho thiên văn học của ông là phát hiện ra các vành của Thổ tinh và mặt trăng lớn Titan của hành tinh này. Nhờ phát minh ra kính mắt trong kính thiên văn của ông, cho phép thực hiện được các quan sát chính xác, mà Huygens đã đo đạc được chuyển động quay của Hỏa tinh. Trong toán học, ông là người biên soạn chuyên luận đầy đủ đầu tiên về phép tính xác suất. Trong cơ học, ông đã xây dựng lý thuyết con lắc được sử dụng để điều chỉnh đồng hồ. Trong quang học, ông giải thích các định luật phản xạ và khúc xạ bằng lý thuyết sóng ánh sáng.

Năm 1666, ông được vua Louis XIV và Colbert mời đến Paris để thành lập tại đây Viện Hàn lâm Khoa học, mà ông là Tổng thư ký đầu tiên. Vì là người theo đạo Tin Lành, nên ông đã quay trở về Hà Lan vào năm 1685 do bị cách chức theo chỉ dụ Nantes của vua Henri IV. (Bản thân vua Henri IV trước khi lên ngôi cũng là một người theo đạo Tin Lành nhưng đã cải sang Công giáo để có thể lên ngôi. Việc đưa ra chỉ dụ này đã chấm dứt cuộc chiến tôn giáo tàn phá nước Pháp suốt thế kỷ XVI - ND). Chính tại đây, vào năm 1690, ông đã cho xuất bản cuốn Luận về ánh sáng nổi tiếng.

Theo Huygens, ánh sáng không thể bắt nguồn từ sự dịch chuyển các hạt của vật sáng tới mắt. Ông cho rằng nếu ánh sáng là một chùm các hạt vật chất, thì một tia sáng sẽ phải va chạm với một tia sáng khác nếu hai tia gặp nhau. Nhưng thực tế điều đó đã không xảy ra. Nhà vật lý học người Hà Lan này cũng bác bỏ quan điểm của Descartes cho rằng ánh sáng như một xung động lan truyền tức thời. Theo ông, ánh sáng lan truyền trong không gian cũng giống như sóng được sinh ra khi ta ném một viên đá xuống ao, nó sẽ truyền trên khắp mặt nước. Sự truyền sóng không hề vận chuyển vật chất nào đi theo, như ta có thể nhận thấy khi thả nổi người trên mặt biển. Bạn hãy bơi ra khơi xa: các con sóng ở đây, với các đỉnh và hõm, cũng giống như là một sóng lan truyền trên mặt biển. Biên độ của các sóng này tăng lên khi càng tiến gần vào bờ. Các sẽ nghĩ rằng với sức mạnh không gì cưỡng lại được, chúng sẽ kéo bạn vào phía bờ và bẻ gãy cơ thể khổng lồ của bạn trên cát chứ gì? Thật may là không phải như vậy. Trên thực tế, khi các con sóng đi qua, bạn không bị đẩy về phía bờ, mà cơ thể của bạn chỉ lần lượt bị đẩy lên và kéo lên và xuống tại chỗ. Nước không di chuyển về phía bờ, nó chỉ làm mỗi việc là nâng lên và hạ xuống ở cùng một vị trí. Khi bạn nhìn thấy các con sóng tiến về phía bạn, thì đó không phải là khối nước tiến đến

ập lên bạn, mà là sóng. Chỉ khi nào sóng bị vỡ trên cát thì bắn thân nước mới tràn ra. Chuỗi các sự kiện tương tự sẽ xảy ra nếu bạn quan sát một cái chai rỗng hoặc một cái phao nổi trên mặt biển: khi một con sóng đi qua, các vật này nâng lên và hạ xuống, nhưng vẫn ở vị trí cũ. Như vậy ánh sáng không phải là một sự lan truyền của một thực thể vật chất, mà là của một hình dạng.

## ÊTE, THỰC THỂ HUYỀN BÍ VÀ VÔ HÌNH

Nhưng, giống như các sóng nước lan trên mặt biển, các sóng ánh sáng cũng cần phải có một thể nền vật chất để lan truyền.

Theo Huygens, chất nền này là một tinh chất, huyền bí và không sờ mó được, choán đầy trong không gian, một chất lỏng giả thuyết, không trọng lượng và đan hồi mà người xưa gọi là “ête”.

Theo Huygens, ête không có gì giống với không khí cả. Nếu bạn đặt một cái chuông trong bình rồi hút hết không khí trong bình ra, bạn sẽ không thể nghe được tiếng chuông kêu, vì âm thanh cần có không khí để lan truyền. Ngược lại, bạn vẫn sẽ nhìn thấy cái chuông, vì ánh sáng là một sóng lan truyền trong ête, ête không bị hút ra khỏi bình như không khí. Huygens nghĩ - một cách sai lầm, như chúng ta sẽ thấy - rằng ánh sáng, cũng giống như âm thanh, là một sóng nén, rằng nó lan truyền bằng cách nén các hạt ête ở trước nó.

Vậy sóng ánh sáng sinh ra như thế nào? Theo Huygens, một nguồn sáng bao gồm vô số các hạt rung động. Các hạt này truyền rung động của chúng tới các hạt ête bên cạnh dưới dạng các sóng cầu có tâm tại mỗi một hạt rung này (H.12). Vô số các sóng cầu này được truyền đi, và bán kính tác dụng của chúng tăng dần theo thời gian. Chúng chồng chập lên nhau và biểu hiện hỗn độn của chúng ở gần nguồn sáng giảm dần khi các sóng truyền ra xa nguồn sáng. Càng xa nguồn sáng, sóng càng trở nên trơn và đều đặn hơn.

Ánh sáng còn một tính chất khác cần được giải thích: áng sáng đi nhanh hơn rất nhiều âm thanh, như ai cũng có thể nhận thấy khi trời có giông. Chúng ta nhìn thấy chớp sờm hơn nhiều nghe thấy tiếng sấm. Vận tốc của âm thanh nghe được, có tần số từ 15 Hz (âm trầm) và 15 kHz (bỗng), là khoảng 340 m/s; trong khi đó vận tốc của ánh sáng là 300 triệu m/s, lớn hơn khoảng một triệu lần. Huygens giải thích sự chênh lệch lớn về vận tốc này là do có độ chênh lệch lớn về độ cứng giữa không khí và ête.

Thật vậy, vận tốc lan truyền của một sóng tăng theo độ cứng của môi trường trong suốt. Để nhận thấy điều đó, bạn hãy kéo căng một sợi dây giữa hai cột. Đập một cái vào một đầu dây và nhìn sóng do cú đập gây ra lan truyền sang đầu dây bên kia. Hãy tăng độ cứng của dây bằng cách kéo căng nó hơn một chút, và lặp lại thí nghiệm. Bạn sẽ thấy nhiều động sóng sẽ chuyển động nhanh hơn. Ngược lại, khi giảm độ căng, và sóng sẽ chuyển động chậm hơn. Huygens thừa nhận rằng các hạt ête cứng và rắn đến mức chúng truyền mọi nhiễu động hầu như tức thời. Chỉ cần một sự rung nhẹ ở đầu bên này của một hạt ête là ngay lập tức nó sẽ được truyền sang đầu bên kia. Ngược lại, các hạt không khí mềm hơn và truyền các rung động chậm hơn rất nhiều.

Nhờ lý thuyết sóng của mình mà Huygens đã có được một cái nhìn tổng hợp về quang học. Ông không chỉ tìm được các định luật phản xạ và khúc xạ, mà còn giải thích được hiện tượng nhiễu xạ đã từng được Grimaldi quan sát, điều mà một lý thuyết hạt không thể làm được. Tuy nhiên, lý thuyết sóng ánh sáng của ông còn chưa chiếm được ưu thế. Một nhân vật mới đã bước lên sân khấu ánh sáng, đó là nhà bác học người Anh Isaac Newton (1642-1727), người một lần nữa lại làm nghiêng cán cân sang phía lý thuyết hạt.

## NEWTON, THIÊN TÀI CÔ ĐƠN

Giống như một loại truyền tiếp ngọn đuốc, Newton sinh đúng vào năm Galileo (1564-1642) mất. Cuộc đời của họ đã xác định thời kỳ của cuộc đại cách mạng khoa học mà hai người đã có rất nhiều đóng góp.

Khi còn là sinh viên ĐH Cambridge vào những năm 1664 và 1665, chàng trai trẻ Newton đã thuộc lòng các tác phẩm của Descartes, Galileo và Kepler.

Để tránh dịch hạch đang hoành hành trong thời gian đó, năm 1665, ông về nương náu ở nhà mẹ tại Woolsthorpe, vùng nông thôn Lincolnshire. Hai năm tiếp sau đó thật kỳ diệu vì chính trong quãng thời gian này nhà vật lý trẻ đã làm thay đổi diện mạo thế giới bằng sức mạnh trí tuệ của mình. Ông đã phát minh ra phép tính vi tích phân năm hai mươi tư tuổi, có các phát hiện cơ bản về bản chất của ánh sáng, và đặc biệt là xây dựng lý thuyết vạn vật hấp dẫn. Truyền thuyết kể rằng khi nhìn thấy một quả táo trong vườn rơi xuống chân, trực giác thiên tài của ông đã lập tức mách bảo rằng nguyên nhân làm cho quả táo rơi và làm cho Mặt Trăng quay quanh Trái Đất chỉ là một, đó là lực hấp dẫn.

Newton được phong giáo sư ở ĐH Cambridge, một trường ĐH danh tiếng, khi mới sắp bước vào tuổi 29. Nhưng, ngoài một vài đồng nghiệp biết đến các phát minh của ông, còn thì Newton là nhân chứng duy nhất về thiên tài của chính mình. Làm việc đơn độc, ông viết hàng trăm trang tính toán, rồi cuối cùng cát kĩ trong ngăn kéo bàn. Newton không cho đăng các công trình nghiên cứu của mình, có lẽ bởi vì ông cho rằng chúng vẫn còn chưa hoàn chỉnh, mà cũng có thể vì tính ông hay đa nghi và hoang tưởng. Vì giáo sư trẻ này nghĩ rằng việc công bố sẽ gây ra những công kích chống lại các quan điểm của ông, hoặc các quan điểm của ông sẽ bị các đồng nghiệp ăn cắp một cách trắng trợn.

Thiên tài của Newton không chỉ phát lộ trong các nghiên cứu toán học và lý thuyết. Ông còn chứng tỏ là một nhà thực nghiệm ngoại hạng. Với hy vọng xâm nhập sâu hơn vào các bí mật của tự nhiên và của Chúa (Newton là người cực kì sùng tín), ông cũng đã lao vào nghiên cứu giả kim thuật và thần học. Nhưng cuộc đời ông đã có một bước ngoặt quan trọng vào năm 1684, khoảng hai mươi năm sau phát hiện ra định luật vạn vật hấp dẫn, khi ông gặp nhà thiên văn học hoàng gia Edmund Halley. Qua một câu chuyện tình cờ, Halley biết gần hai thập kỷ trước Newton đã giải được bài toán về các chuyển động của hành tinh - tại sao các hành tinh lại tuân theo các định luật của Kepler? - bằng một kỹ thuật toán học do chính ông sáng tạo ra - phép tính vi tích phân ! Halley liên tục thúc giục Newton công bố lý thuyết của mình. Nhượng bộ trước những khích lệ của nhà thiên văn học hoàng gia, và sau hai năm viết cật lực, năm 1689, cuối cùng Newton cũng đã xuất

bản bằng tiền của Halley tuyệt tác Các nguyên lý toán học của triết học tự nhiên (thường được gọi tắt bằng tên Latinh là Principia), trong đó ông trình bày rất tài tình lý thuyết vạn vật hấp dẫn. Principia ngày nay vẫn còn là một cuốn sách vật lý có ảnh hưởng nhất của mọi thời đại .

Vài năm sau, một suy sụp tinh thần đã chấm dứt khả năng sáng tạo của Newton. Ông rời Cambridge đến Luân Đôn, tại đây ông được bổ nhiệm làm “Giám đốc Sở đúc tiền”. Ông đã dành nhiều năm để quan tâm đến vấn đề tiền tệ của nước Anh. Chính trong thời kỳ này ông đã viết tác phẩm quan trọng mang tên Opticks, xuất bản năm 1704. Trong cuốn sách này ông đã mô tả các nghiên cứu của mình về quang học thực hiện khoảng ba mươi năm trước. Các quan điểm của ông sau đó đã thống trị toàn bộ tư tưởng của thế kỷ XVIII về ánh sáng và màu sắc.

Các quan điểm của Newton lan rộng khắp lục địa và làm ông trở nên nổi tiếng. Đóng góp vào đó là những người phổ biến khoa học tài năng đưa khoa học và triết học Newton đến với giới trí thức châu Âu. Trong số họ, có lẽ xuất sắc và nổi tiếng nhất là Voltaire (1694-1778), một triết gia của kỹ nguyên Ánh Sáng và là người hâm mộ nồng nhiệt Newton, ông đã công bố cuốn Các yếu tố của triết học Newton trong tầm tay mọi người vào năm 1738. Trong cuốn sách dành tặng người tình của mình, nữ hầu tước Châtelet, này Voltaire đã tự trao cho mình nhiệm vụ “nhổ gai khỏi các trang sách của Newton đồng thời không tô điểm thêm cho chúng các bông hoa không thích hợp.” Sau khi cuốn sách được xuất bản, ngay cả những đối thủ (các tu sĩ dòng Tên) của Voltaire cũng đã phải thừa nhận rằng “cả Paris vang dội tên tuổi của Newton, cả Paris nghiên cứu và học Newton”. Hơn hai thế kỷ sau, Albert Einstein, một người khổng lồ khác của lâu đài vật lý, đã nói về bậc tiền bối của mình: “Newton là tổng hoà của nhà thực nghiệm, nhà lý thuyết và nhà nghệ sỹ. Ông sừng sững trước chúng ta, mạnh mẽ, chắc chắn và cô đơn: niềm vui của ông trong sáng tạo và sự chính xác tỉ mỉ của ông hiển hiện trong mỗi con chữ và mỗi phép tính.”

## LĂNG KÍNH CỦA NEWTON

Newton bắt đầu nghiên cứu quang học bằng việc chế tạo một “kính theo kiểu Galileo”. Galileo đã đi vào đầu óc mọi người với vai trò là người đầu tiên hướng kính thiên văn lên trời, vào năm 1609. Với độ phóng đại gấp ba mươi hai lần, kính này cho phép Galileo khám phá rất nhiều kỳ quan.

Trong số các khám phá ngoạn mục nhất của ông phải kể đến bốn mặt trăng lớn của Mộc tinh, ngày nay gọi là các “vệ tinh Galileo”, các vết trên Mặt Trời và các dãy núi trên Mặt Trăng. Kính thiên văn của Galileo hoạt động dựa trên một thấu kính tụ tiêu ánh sáng tới từ một tinh tú xa xôi; khi đi qua thấu kính trong suốt, các tia bị lệch hướng theo các định luật khúc xạ (từ đó kính có tên là “kính thiên văn khúc xạ”) và hội tụ đằng sau thấu kính để tạo thành ảnh ở một vị trí gọi là “tiêu điểm” (H. 13). Nhưng Newton đã nhanh chóng nhận ra rằng các ảnh mà ông thu được bằng kính thiên văn khúc xạ của Galileo có các rìa mép không rõ nét, chúng bị bao quanh bởi một quầng ngũ sắc, với các màu luôn theo một trật tự: tím, chàm, lam, lục, vàng, cam và đỏ.

Để hiểu hiện tượng phát ngũ sắc bí ẩn này, Newton đã quyết định tiến hành các thí nghiệm về ánh sáng bằng cách cho nó đi qua các lăng kính rắn, trong suốt có dạng lăng kính với tiết diện ngang là hình tam giác, có tác dụng phân tách và làm lệch hướng ánh sáng (H. 14). Ông đã tiến hành một loạt các thí nghiệm thuộc loại cơ bản nhất và thanh nhã nhất của vật lý học, và cũng có thể là thuộc loại những thí nghiệm nổi tiếng nhất trong lịch sử về ánh sáng. Ông đã dùng lăng kính thủy tinh để phân tách ánh sáng Mặt Trời (ánh sáng trắng) thành một lễ hội màu sắc mà chúng ta có thể nhìn thấy trong cầu vòng hoặc trong các giọt sương ban mai vương trên cỏ một buổi sáng nắng đẹp (H.1 trong tập hình ảnh màu). Newton nhận ra rằng dãy màu sắc này đích thị là dãy được nhìn thấy trên rìa mép ngũ sắc của ảnh các thiên thể nhìn được bằng kính thiên văn của Galileo.

Hình 13. So sánh kính thiên văn khúc xạ (b) với kính thiên văn phản xạ (a). Hai loại kính thiên văn được sử dụng để nhận và tụ tiêu ánh sáng vũ trụ. Các máy dò điện tử được đặt tại tiêu điểm để ghi ánh sáng. Trong trường hợp kính thiên văn khúc xạ, ánh sáng đi qua thấu kính và được tụ tiêu tại tiêu điểm ở sau thấu kính. Trong trường hợp kính thiên văn phản xạ, ánh sáng được một hệ các gương phản xạ và tụ tiêu. Máy dò điện tử có thể được đặt ở tiêu điểm của gương sơ cấp để ghi ánh sáng do gương sơ cấp phản xạ tới. Các gương sơ cấp lớn nhất trên thế giới có đường kính tới mươi mét: đó là hai kính thiên văn Keck được đặt trên đỉnh núi lửa đã tắt Mauna Kea ở Hawaii. Nhưng tiêu điểm của các kính thiên văn phản xạ nằm rất cao, và nói chung sẽ là không thực tế nếu đặt các dụng cụ đo tại đó. Thông thường nhất, ánh sáng trên đường đi của nó từ gương sơ cấp bị chặn bởi một gương thứ cấp nhỏ hơn, có tác dụng lái ánh sáng đến một vị trí

thuận lợi hơn. Trong kính thiên văn phản xạ loại Newton (gọi theo tên Newton, người phát minh ra nó), chùm sáng bị làm lệch 90 độ về phía thị kính. Loại kính thiên văn này rất được các nhà thiên văn học nghiệp dư ưa thích.

Bức thư viết năm 1671 gửi Royal Society, tức Viện Hàn lâm Khoa học đầy uy tín của nước Anh, Newton đã miêu tả sự thích thú của mình khi được chơi với ánh sáng như thế này : “Năm 1666, tôi mua một lăng kính tam giác bằng thủy tinh để thực hiện các thí nghiệm về các hiện tượng nổi tiếng về màu sắc. Sau khi đóng kín phòng cho tối và khoét một lỗ cửa để một lượng ánh sáng Mặt Trời thích hợp lọt vào, tôi đặt lăng kính trước cái lỗ đó để ánh sáng bị khúc xạ lên tường đối diện. Ban đầu, đó là một trò giải trí rất thú vị vì được ngắm các màu sắc sống động và mạnh được tạo ra”. Ông viết tiếp: “Nhưng, một lúc sau, khi cố gắng xem xét chúng một cách chi tiết hơn, tôi ngạc nhiên nhận thấy rằng ánh sáng bị tán sắc có hình bầu dục chứ không tròn, như các định luật về khúc xạ dự báo”. Newton hiểu rằng sở dĩ có hình dạng bầu dục này là do ánh sáng Mặt Trời bị tán sắc bởi lăng kính không trải đều theo tất cả các hướng để tạo cho hình ảnh có dạng tròn, mà chỉ theo hướng vuông góc với mặt của lăng kính, tạo cho nó có hình bầu dục.

Hình 14. Nhà bác học người Anh Isaac Newton (1642-1727) đang miệt mài với các thí nghiệm nổi tiếng dùng lăng kính để phân tách ánh sáng trắng của Mặt Trời thành các màu cầu vồng. Các thí nghiệm này thuộc loại quan trọng nhất của lịch sử vật lý (Tranh khắc của Froment theo Guillon, thế kỷ XIX). © Rue des Archives/PVDE.

## BÂY MÀU CƠ BẢN

Trong khi cố gắng hiểu dãy các màu, Newton nhớ lại một thí nghiệm khác. Buộc một sợi dây màu đỏ với một sợi dây màu lam, rồi quan sát hai sợi dây qua một lăng kính, ông thấy sợi màu đỏ bị xê xích nhẹ so với sợi màu lam.

Thay vì nằm như phần kéo dài của sợi màu lam, sợi màu đỏ nhìn hơi bị dịch lên cao hơn, điều này chỉ có thể được giải thích là do ánh sáng màu lam bị lệch hướng nhiều hơn ánh sáng màu đỏ. Thí nghiệm về sự phân tách ánh sáng bằng lăng kính cũng cho các kết quả tương tự (H. 15). Nó cũng chứng tỏ rằng ánh sáng màu lam khúc xạ nhiều hơn ánh sáng màu đỏ, và lần này, nguồn sáng không còn là sợi dây màu nữa, mà là đĩa trăng Mặt Trời.

Làm thế nào ánh sáng trăng lại có thể có các màu như vậy? Hai khả năng có thể xảy ra: hoặc là các màu là các tính chất do lăng kính tạo cho ánh sáng trăng khi đi qua nó; hoặc là ánh sáng trăng đã chứa sẵn trong nó tất cả các màu cầu vồng, chức năng duy nhất của lăng kính là tách các màu này ra. Descartes đã lựa chọn giả thiết thứ nhất. Theo ông, ánh sáng được vận chuyển bởi các hạt, và các hạt có màu sắc bằng cách quay quanh mình theo một chuyển động quay do lăng kính truyền cho. Newton đã bác bỏ giả thuyết này. Trong thí nghiệm của ông về hai sợi dây màu, các màu đã tồn tại ở hai sợi dây trước khi ánh sáng đi qua lăng kính. Như vậy không phải là lăng kính tạo ra màu. Mặt khác, ông cũng đã quan sát thấy cùng một dãy màu đó khi nghiên cứu sự tương tác của ánh sáng với các bong bóng xà phòng. Như vậy các màu không thể là do lăng kính tạo ra được. Nhưng, để chắc chắn rằng ánh sáng trăng đúng là kết quả của một hỗn hợp các màu, Newton đã có ý tưởng thiên tài là đưa ánh sáng bị phân tách bởi lăng kính đầu tiên thành các màu khác nhau đi qua lăng kính thứ hai giống hệt với lăng kính thứ nhất, nhưng đặt theo chiều ngược lại. Và điều kỳ diệu đã xảy ra: ánh sáng đi ra từ lăng kính thứ hai lại trở về màu trăng! Như vậy ánh sáng trăng chắc chắn là tổng hợp của bảy màu gọi là màu cơ bản.

Theo Newton, việc có bảy màu cơ bản không phải là một ngẫu nhiên. Với bản tính ưa thần bí, ông cho rằng các màu của ánh sáng cũng phải tuân theo nguyên lý hài hòa chi phối các âm trong âm nhạc. Theo ông, bảy màu cơ bản này được phân bố trên một quang támt, tương ứng với bảy âm của thang nguyên. Newton không phải là người đầu tiên nêu ra sự tương tự giữa ánh sáng và âm nhạc. Trước ông rất lâu, Aristote cũng đã so sánh màu sắc với âm thanh. Nhưng, ngược với Aristote người cho rằng các màu được sắp xếp một cách tuyến tính, đi từ trắng đến đen, Newton là người đầu tiên nhận thấy rằng bảy màu cơ bản (không bao gồm màu trắng và màu đen) không nối tiếp nhau một cách tuyến tính, mà được sắp xếp theo vòng tròn, đi từ tím đến đỏ qua chàm, lam, lục, vàng và cam để rồi trở lại tím, giống như một con rắn tự cắn đuôi mình. Bảy màu nối tiếp

tuần tự gói lên nhau. Màu trắng ở giữa (H. 16). Newton đã chỉ ra cách sử dụng vòng tròn màu như thế để biết kết quả pha hai hay nhiều màu với các tỉ lệ khác nhau. Như vậy có thể nói ông còn là cha đẻ của phép phối màu.

Hình 16. Bánh xe màu của Newton. Quang phổ của bảy màu cơ bản (đỏ, cam, vàng, lục, lam, chàm và tím) được sắp xếp theo vòng tròn sao cho màu tím và màu đỏ nằm cạnh nhau. Màu trắng nằm ở giữa. Như vậy Newton là người đầu tiên đưa ra một hệ các màu vừa thực tiễn vừa chính xác về mặt tâm lý; giữa đỏ và tím tồn tại một quan hệ gần gũi.

## KÍNH PHẢN XẠ CỦA NEWTON

Nhưng Newton không dừng lại ở đó. Ông muốn có thêm luận chứng để tổng khú dứt khoát vào quên lãng cái quan điểm cho rằng lăng kính tạo ra các màu cho ánh sáng.

Trong khoa học, nhiều khi chính sự đổi chiều các kết quả thí nghiệm độc lập sẽ tạo niềm tin đối với tính đúng đắn của một lý thuyết.

Nhờ các tấm chắn, Newton đã phân chia các tia màu đi ra từ lăng kính đầu tiên thành nhiều chùm, mỗi chùm chỉ chứa một màu (được gọi là chùm đơn sắc). Sau đó ông cho mỗi chùm sáng đơn sắc này đi qua lăng kính thứ hai, lần này được đặt cùng chiều với lăng kính thứ nhất. Câu hỏi đặt ra là: các chùm đơn sắc này liệu có bị phân tách thành các thành phần còn cơ bản hơn nữa không? Câu trả lời là không. Một tia là đỏ hoặc lục đi vào lăng kính thứ hai khi đi ra vẫn chính xác là màu đỏ hoặc màu lục ấy (H. 17). Từ đó Newton rút ra kết luận rằng bảy màu do lăng kính thứ nhất tách ra đúng là các màu cơ bản, không thể phân chia được nữa, của ánh sáng trắng.

Hình 17. Experimentum Crucis. Một thí nghiệm cơ bản cũng của Newton chứng tỏ rằng một chùm sáng đơn sắc không thể bị phân tách bởi lăng kính. Hình này cho thấy một chùm các tia sáng Mặt Trời đi vào qua cửa sổ và đi qua lăng kính đầu tiên phân tách nó thành bảy chùm đơn sắc. Một trong các chùm đơn sắc này sau đó được phóng qua một lăng kính thứ hai. Lần này, chùm sáng không bị phân tách thành nhiều chùm khác nhau nữa: ánh sáng trắng là một hỗn hợp, không phải là một màu cơ bản.

Một kết quả khác cũng khẳng định kết luận này. Ánh sáng đi từ lăng kính thứ hai có dạng tròn chứ không phải dạng bầu dục, như đi ra từ lăng kính thứ nhất. Điều này có nghĩa là lăng kính thứ hai thực tế không hề làm thay đổi bản chất của ánh sáng tới, ngoại trừ hướng của nó, sự đổi hướng này phụ thuộc vào màu của chùm tới.

Từ các thí nghiệm này Newton kết luận rằng mép thấu kính trong kính thiên văn Galileo có tác dụng như một lăng kính, nó phân tách ánh sáng tới từ một tinh tú xa xôi thành nhiều thành phần màu khác nhau, khi làm lệch hướng của chúng một cách khác nhau tùy theo màu sắc. Như vậy, mỗi một chùm sáng đơn sắc sẽ có một tiêu điểm riêng. Chẳng hạn, ánh sáng lam bị lệch hướng nhiều hơn, nên tiêu điểm của nó ở gần thấu kính hơn một chút so với ánh sáng đỏ. Chính sự có nhiều các tiêu điểm là nguyên nhân tạo ra quầng ngũ sắc. Các nhà thiên văn học gọi hiện tượng này là “sắc sai” (H. 18).

Hình 18. Sắc sai. Các mép của một thấu kính trong kính thiên văn khúc xạ xử sự như một lăng kính và làm lệch các thành phần màu theo các góc khác nhau. Chẳng hạn, thành phần tím bị lệch nhiều hơn và tụ tiêu tại một điểm gần thấu kính hơn thành phần đỏ. Điều này có nghĩa là tất cả

hình ảnh thu được về các thiên thể đều có một quầng màu, dù vị trí của máy dò được đặt ở đâu giữa các tiêu điểm các ánh sáng tím và đỏ.

Chú ý: các chữ ghi trên hình (từ trái sang phải) !!!!!

Ánh sáng trắng; Tím; Đỏ

Bởi vì chính thấu kính là nguyên nhân làm cho các ảnh bị mờ nhòe ở viền mép, nên cần phải loại bỏ nó để thu được ảnh rõ nét! Newton vì thế đã phát minh ra một kính thiên văn trong đó ông thay thấu kính bằng gương. Chính gương này thu nhận, phản xạ và tụ tiêu ánh sáng. Kính thiên văn như vậy được gọi là kính phản xạ (H. 13). Ngoài việc loại bỏ được các quầng ngũ sắc, kính thiên văn phản xạ còn có nhiều ưu điểm khác so với kính thiên văn khúc xạ. Trước hết, ánh sáng quý báu đi đến từ vũ trụ không bị hấp thụ cũng không bị tiêu tán, bởi vì nó không phải đi qua thủy tinh của thấu kính. Hiệu ứng hấp thụ này không lớn đối với ánh sáng nhìn thấy được, nhưng lại là lớn đối với các ánh sáng cực tím hoặc hồng ngoại. Thứ hai, thấu kính lớn bằng thủy tinh rất nặng và, vì nó chỉ có thể được đẽo ở hai đầu mút để không chặn các tia sáng tới, nên nó dễ bị biến dạng dưới tác động của trọng lượng của chính nó, điều này ảnh hưởng đến chất lượng của hình ảnh. Trong khi đó, một gương có hình dạng parabolít (để tụ tiêu các tia vào một điểm) có thể được đẽo trên toàn bộ mặt phía sau của nó. Cuối cùng, thấu kính có hai mặt (một mặt lõm và một mặt lồi) phải được mài cực kỳ một cách chính xác - một nhiệm vụ cực kỳ khó khăn - để thu được các ảnh rõ nét, trong khi gương chỉ có một mặt, điều này giúp tiết kiệm được rất nhiều công sức mài nhẵn.

Chính vì tất cả những lý do này mà các kính thiên văn lớn hiện đại đều là các kính thiên văn phản xạ và đều sử dụng gương để thu nhận ánh sáng của vũ trụ. Kính thiên văn khúc xạ lớn nhất thế giới, có một thấu kính đường kính khoảng một mét, được chế tạo cách đây đã hơn một thế kỷ, năm 1897, tại đài thiên văn Yerkes, Wisconsin. Kể từ đó, các kính thiên văn phản xạ đã thế chỗ của kính thiên văn khúc xạ. Các kính thiên văn lớn nhất hiện nay có đường kính khoảng 10 mét (đó là các kính Keck, ở đài thiên văn Mauna Kea, trên đảo Hawaii), nhưng các kính thiên văn khổng lồ đường kính 30 mét đã lắp ló ở chân trời. Năm 1672 Newton đã giới thiệu kính thiên văn phản xạ của ông với Royal Society tại Luân Đôn (H. 19). Có khả năng phóng đại các hình ảnh gấp khoảng ba mươi tám lần, sáng chế này đã làm cho danh tiếng của ông vượt ra ngoài cộng đồng giáo sư hạn hẹp ở Cambridge.

## CÁC ĐÁM MÂY ĐEN ĐÃ THẤP THOÁNG LÓ Ở CHÂN TRỜI

Huygens đã ra sức bảo vệ lý thuyết sóng ánh sáng của ông. Ông đã tìm được một đồng minh là Robert Hooke (1635-1703), một nhà thực nghiệm kỳ cựu và nổi tiếng của Royal Society chuyên chuẩn bị các thí nghiệm để cung cấp cho các cuộc tranh luận của các thành viên uyên bác của Hội Hoàng gia Luân Đôn.

Hooke trước hết nổi tiếng rộng rãi với vai trò là tác giả của cuốn Micrographia, tác phẩm đầu tiên miêu tả chi tiết thế giới nhìn qua kính hiển vi. Nhờ có năng khiếu bẩm sinh của một nhà quan sát và một tài năng tuyệt vời của một họa sĩ, ngoài những thứ khác, Hooke đã phát hiện ra bản chất đích thực của mốc trên cánh hoa hồng, hay dáng vẻ kì lạ của một số thực vật, các con nhện và bọ chét khi chúng được phóng đại lên nhiều lần. Ông cũng miêu tả trong sách rất chi tiết các màu được tạo bởi các lớp vật chất rất mỏng, như các thành của một bong bóng xà phòng hay hai tấm thủy tinh mỏng ép sát vào nhau. Ông nhận thấy rằng bằng cách thay đổi độ dày của lớp không khí giữa hai tấm thủy tinh, các vòng màu sẽ xuất hiện theo cùng một trật tự như các màu cầu vồng. Hooke cũng phát triển trong tác phẩm của mình một lý thuyết sóng của ánh sáng có nhiều nét giống như lý thuyết của Huygens. Theo ông, ánh sáng bắt nguồn từ chuyển động của các hạt vật chất. Trong một vật sáng, các hạt rung động và sự rung động của chúng lan truyền trong môi trường xung quanh (ête) dưới dạng sóng, mà không có một sự vận chuyển vật chất nào kèm theo.

Nhưng quan niệm này về bản chất sóng của ánh sáng không kéo dài được lâu. Nó đã bị quét bỏ và nhấn chìm bởi làn sóng phản khích đón nhận các quan điểm hạt của Newton. Tuy nhiên, một lý thuyết thuần túy hạt liệu có thể thực sự giải thích được tất cả các tính chất của ánh sáng hay không? Một thí nghiệm đặc biệt, do chính Newton thực hiện, khiến người ta phải suy nghĩ.

Khi Newton đặt một thấu kính phẳng lồi lên trên một tấm thủy tinh (với mặt phẳng ngửa lên trên) và chiếu sáng tất cả bằng ánh sáng đơn sắc, ông đã phát hiện ra một hiện tượng quang học mới, rất lạ. Nhiều vòng tròn đồng tâm (ngày nay được gọi là các “vân tròn Newton”) xuất hiện, đan xen giữa vân đen và vân màu. Hoàn toàn tự nhiên, Newton giải thích các vân đen là vùng ở đó ánh sáng bị thấu kính phản xạ, và các vân màu là các vùng ở đó ánh sáng được truyền qua. Nhưng làm thế nào có thể giải thích được một hạt ánh sáng, khi đến bề mặt của thấu kính, lúc thì bị phản xạ, lúc thì được truyền qua? Newton cho rằng, bởi vì các điều kiện của thủy tinh và của thấu kính là giống nhau và không đổi, nên chính các tính chất của các hạt ánh sáng phải biến đổi và khác nhau. Như vậy ông cho mỗi một hạt ánh sáng một tính chất được gọi là “accès” (đường tới). Các hạt có “accès” truyền qua dễ thì sẽ truyền qua, còn các hạt ánh sáng có “accès” phản xạ dễ

thì sẽ phản xạ. Nhưng “lý thuyết” này không giải thích được điều gì: nó chỉ làm xuất hiện thêm vấn đề, vì cần phải có một lý thuyết khác để giải thích các tính chất được gọi là “accès”.

Bất chấp một vài đám mây đen báo hiệu sắp có giông bão, các công trình của Newton vẫn tiếp tục có ảnh hưởng và gây được tiếng vang lớn. Tiếng vang thể hiện rõ qua hai câu thơ của nhà thơ người Anh Alexandre Pope (1688-1744) khắc trên bia ở mộ ông, năm 1727 :

Tự nhiên và các định luật của tự nhiên bị bao bọc trong bóng tối, Chúa nói: “Sẽ có Newton”, và tất cả bừng sáng!

## CÁC HẠT ÁNH SÁNG

Newton là một người ủng hộ mạnh mẽ lý thuyết hạt ánh sáng. Theo ông, các tia sáng được cấu thành từ vô số các hạt sáng phát ra bởi các vật được chiếu sáng, lan truyền theo đường thẳng qua không gian nối tiếp nhau, như xe ô tô trên đường. Ông xem xét, và sau đó bác bỏ giả thuyết sóng ánh sáng.

Lý lẽ chính của ông là người ta có thể nghe thấy rõ một tiếng động ở chỗ rẽ góc phố mà không cần nhìn thấy người hoặc vật đã gây ra tiếng động. Mà, nếu ánh sáng có bản chất sóng, như âm thanh, thì trong những điều kiện như nhau, chúng ta sẽ phải nhìn thấy ánh sáng giống như nghe thấy âm thanh.

Còn về sự tri giác các màu của chúng ta, thì nguyên nhân chính kích thước của các hạt. Chẳng hạn, các hạt nhỏ nhất tạo ra cảm giác tím. Các hạt lớn hơn gây ra cảm giác về màu chàm, và cứ tiếp tục như vậy. Bởi vì tồn tại bảy màu cơ bản, nên các hạt phải có bảy loại kích thước khác nhau. Như vậy sự tổng giác của chúng ta về các màu là biểu thị chủ quan của một hiện thực khách quan được quy định bởi kích thước của các hạt.

Nhờ mô hình hạt và các khái niệm được gợi ý từ lý thuyết vạn vật hấp dẫn của mình – lý thuyết chi phối sự rơi của quả táo và chuyển động của các hành tinh - Newton đã giải thích được các định luật cơ bản của quang học. Chẳng hạn, để giải thích các định luật phản xạ, khúc xạ và nhiễu xạ, Newton đã đưa vào các lực hút và đẩy giữa các hạt ánh sáng, những hạt mà nếu để tự do chúng sẽ truyền theo đường thẳng. Liên quan đến khúc xạ, ông đã đưa ra giả thuyết cho rằng trên bề mặt của một vật trong suốt (như lăng kính, chẳng hạn) tồn tại một vùng rất mỏng ở đó có một lực tác dụng để kéo các tia sáng vào bên trong nó. Như vậy, các hạt màu tím, do chúng nhỏ hơn, sẽ bị hút bởi một môi trường đặc hơn không khí (như thủy tinh, chẳng hạn) mạnh hơn so với các hạt lớn hơn có màu đỏ, tức các hạt màu tím bị lệch khỏi đường đi ban đầu của nó nhiều hơn các hạt màu đỏ. Như vậy, Newton đã giải thích được tại sao các chùm màu khác nhau lại bị lệch hướng khác nhau bởi cùng một môi trường, và tại sao một chùm đơn sắc bị lệch hướng khác nhau trong các môi trường trong suốt khác nhau. Ông cũng đã tìm lại được định luật khúc xạ của Snell bằng cách thừa nhận - một cách sai lầm, giống như Descartes - rằng ánh sáng đi nhanh hơn trong một môi trường đặc hơn. Để giải thích các tia bị nhiễu xạ của Grimaldi, ông không viện đến một lực hút, mà một lực đẩy có tác dụng đẩy các hạt ánh sáng vào trong bóng tối hình học của một vật.

Nói cách khác, theo Newton, cơ học ánh sáng là đồng nhất với cơ học các thiên thể. Sau khi thống nhất trời và đất bằng lý thuyết vạn vật hấp dẫn, Newton đã thống nhất thế giới vô cùng bé với thế giới vô cùng lớn bằng cơ học. Trong quan niệm tổng thể về vũ trụ này, hành trạng của vạn vật – từ

các vật vô cùng bé, như các hạt ánh sáng, đến các vật vô cùng lớn, như các thiên thể xa xôi - đều bị chi phối bởi cùng các lực cơ học và tất định.

Suốt một thế kỷ sau khi cuốn Opticks được công bố (năm 1704), quan niệm hạt của Newton thống trị hoàn toàn các cuộc tranh luận về bản chất của ánh sáng. Các thí nghiệm của ông với các lăng kính được thực hiện chính xác và rất dễ hiểu, các giải thích của ông giàu tính thuyết phục và phần lớn các nhà vật lý đều tán thành. Mọi tiếng nói khác đều nhanh chóng bị dập tắt.