

SINH HỌC

Dịch theo sách xuất bản lần thứ tám

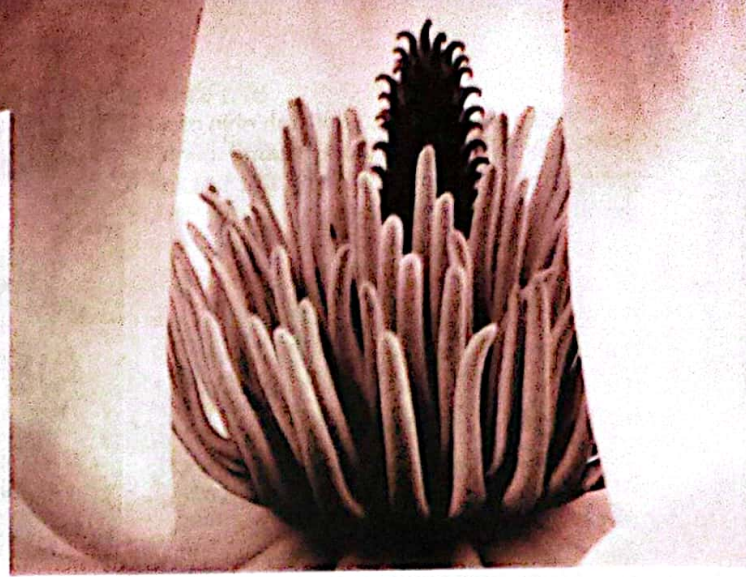
CAMPBELL • REECE

URRY • CAIN • WASSERMAN

MINORSKY • JACKSON



Mở đầu: Các chủ đề trong nghiên cứu sự sống



▲ Hình 1.1 Bông hoa này cho thấy những đặc tính nào của sự sống?

CÁC KHÁI NIỆM THEN CHỐT

- 1.1 Các chủ đề kết nối các khái niệm sinh học
- 1.2 Chủ đề then chốt: Tiến hoá giải thích cho tính thống nhất và đa dạng của thế giới sống
- 1.3 Các nhà khoa học sử dụng hai dạng điều tra chính trong các nghiên cứu tự nhiên

TỔNG QUAN

Tìm hiểu thế giới sống

Bông hoa trên trang bìa của cuốn sách này và trên **Hình 1.1** là hoa của loài ngọc lan hoa to, loại cây cổ của các khu rừng châu Á và châu Mỹ. Hoa ngọc lan nở là dấu hiệu của sinh vật đang sống vì hoa chứa các cơ quan sinh sản hữu tính, và sự sinh sản, như bạn sẽ được biết, là đặc tính cơ bản của sự sống.

Như mọi sinh vật, cây ngọc lan hoa to trên **Hình 1.2** có mối quan hệ mật thiết với các sinh vật khác, mặc dù bản thân nó khác xa với các cây rừng tổ tiên của nó. Ví dụ, cây hoa lan phải phụ thuộc vào những con bọ cánh cứng mang hạt phấn từ hoa này đến hoa khác, và về phần mình, những con bọ cánh cứng lại lấy thức ăn từ hoa. Những bông hoa đã thích nghi với bọ cánh cứng bằng một số cách: Hình bát của bông hoa cho phép bọ cánh cứng dễ xâm nhập vào hoa và cơ quan sinh sản với những cánh hoa nhỏ, chắc, xếp thành nhiều lớp (xem **Hình 1.1**) giúp cho một số con bọ cánh cứng phàm ăn có thể sống sót. Sự thích nghi như vậy là kết quả của tiến hoá, quá trình làm biến đổi sự sống từ dạng khởi đầu cổ xưa nhất đến sự đa dạng của các sinh vật ngày nay. Như chúng ta sẽ thấy ở cuối chương này, tiến hoá là nguyên tắc tổ chức nền tảng của sinh học và là chủ đề chính của cuốn sách này.

Mặc dù các nhà sinh học biết khá chi tiết về cây ngọc lan hoa to và những thực vật khác nhưng vẫn còn nhiều điều bí ẩn. Ví dụ, cái gì thực sự dẫn đến sự xuất hiện của thực vật có hoa? Đặt ra những câu hỏi về thế giới sống và tìm kiếm các câu trả lời dựa trên cơ sở khoa học – tìm hiểu khoa học – là những hoạt động trung tâm của

sinh học, môn khoa học về sự sống. Các câu hỏi của các nhà sinh học có thể có nhiều tham vọng. Họ có thể hỏi, bằng cách nào mà một tế bào nhỏ bé trở thành một cây to hoặc thành một con chó, não người làm việc như thế nào, hoặc các dạng sống trong một khu rừng tương tác với nhau ra sao. Bạn có cho rằng, một số câu hỏi về các cơ thể sống gây hứng thú cho bạn? Nếu có thì bạn đã bắt đầu suy nghĩ như một nhà sinh học. Hơn thế nữa, sinh học là sự tìm tòi về bản chất sự sống.

Có lẽ, một số câu hỏi của bạn liên quan đến sức khỏe hoặc những vấn đề về môi trường và xã hội. Sinh học xâm nhập vào cơ cấu nền văn hoá của chúng ta nhiều hơn bất kỳ khi nào trước đây và nó có thể giúp trả lời nhiều câu hỏi tác động đến sự sống của chúng ta. Những nghiên cứu đột phá về di truyền học và sinh học tế bào đang làm biến đổi y học và nông nghiệp. Khoa học thần kinh và sinh học tiến hoá đang làm cho tâm lý học và khoa học xã hội trở nên sâu sắc hơn. Những mô hình sinh thái mới đang giúp xã hội đánh giá các vấn đề môi trường như sự nóng lên toàn cầu. Chưa khi nào việc bắt tay vào nghiên cứu sự sống lại có tầm quan trọng như vậy.



▲ Hình 1.2 Cây hoa ngọc lan hoa to đầu mùa xuân.

▼ **Cấu trúc thứ bậc.** Hình ảnh nhìn gần của bông hoa hướng dương minh hoạ cho cấu trúc có tính trật tự cao đặc trưng cho sự sống.



▲ **Đáp ứng với môi trường.** Cây ăn sâu bọ này nhanh chóng đóng bẫy lại khi chú chuồn chuồn đậu lên (kích thích từ môi trường).

▲ **Thích nghi tiến hoá.** Hình dạng của chú cá ngựa biển nhỏ bé này là để ngụy trang. Những kiểu thích nghi như vậy đã tiến hoá qua nhiều thế hệ nhờ sự thành đạt sinh sản của những cá thể mang những đặc điểm di truyền phù hợp nhất với môi trường.



▲ **Điều hoà.** Sự điều hoà dòng máu qua các mạch máu ở tai của con thỏ lớn này giúp duy trì thân nhiệt ổn định nhờ điều chỉnh sự trao đổi nhiệt với không khí bao quanh.



▲ **Chuyển hoá năng lượng.** Con chim hút mật này lấy năng lượng ở dạng mật hoa. Nó dùng năng lượng hoá học dự trữ trong mật hoa để bay và làm các công việc khác.



▼ **Sinh trưởng và phát triển.** Các gene mang thông tin di truyền điều khiển phương thức sinh trưởng và phát triển của sinh vật như sự sinh trưởng của con cá sấu sông Nile này.



▲ **Sinh sản.** Các sinh vật sinh ra con cái giống chúng. Con chim cánh cụt này đang bảo vệ con của nó.

▲ Hình 1.3 Một số đặc tính của sự sống.

? Máy cắt cỏ chạy bằng xăng có phải là vật thể sống không? Nó có những đặc tính nào trong những đặc tính nêu trên? Nó không có những đặc tính nào?

Vậy sự sống là gì? Thậm chí một đứa trẻ cũng nhận biết được rằng con chó hoặc cái cây là những vật thể sống còn hòn đá thì không. Hiện tượng chúng ta gọi là sự sống, khó đến mức chúng ta không thể định nghĩa được bằng một câu duy nhất. Chúng ta nhận biết sự sống qua những gì vật thể sống làm. **Hình 1.3** khái quát một số đặc tính và quá trình có liên quan đến sự sống.

Chỉ với một số hình ảnh hạn chế, Hình 1.3 cũng nhắc nhở chúng ta rằng, thế giới sống biến đổi kỳ diệu. Bằng cách nào các nhà sinh học nhận thức được

tính đa dạng và phức tạp đó? Chương mở đầu này xây dựng bộ khung để trả lời cho câu hỏi đó. Phần đầu của chương này sẽ cung cấp bức tranh chung về lĩnh vực sinh học xoay quanh một số chủ đề. Sau đó chúng ta sẽ tập trung vào chủ đề bao trùm của sinh học, tiến hoá, với việc giới thiệu các lý do đã khiến Charles Darwin phát minh ra học thuyết của mình. Cuối cùng, chúng ta sẽ xem xét cách khám phá khoa học – các nhà khoa học đề xuất vấn đề và tìm câu trả lời về thế giới sống như thế nào.

Các chủ đề kết nối các khái niệm sinh học

Sinh học là môn khoa học có tầm kiến thức rộng lớn, và bất kỳ ai theo dõi tin tức cũng biết rằng các kiến thức sinh học đang mở rộng với tốc độ nhanh chưa từng có. Việc ghi nhớ một cách đơn giản các chi tiết của môn khoa học rộng lớn này không phải là cách làm hợp lý. Vậy, bằng cách nào để bạn, một sinh viên, nắm bắt được các sự kiện để phát triển một cách nhìn logic về sự sống? Có một cách là sắp xếp rất nhiều thứ bạn học thành một bộ các chủ đề bao trùm toàn bộ lĩnh vực sinh học – đây là cách tư duy về sự sống sẽ được áp dụng trong nhiều thập kỷ nữa kể từ bây giờ. Việc tập trung vào một vài ý tưởng lớn sẽ giúp bạn tổ chức và cảm nhận được toàn bộ thông tin bạn sẽ gặp khi nghiên cứu sinh học. Để giúp bạn, chúng tôi chọn bảy chủ đề làm tiêu chuẩn khi bạn nghiên cứu cuốn sách này.

Tiến hoá, chủ đề bao trùm toàn bộ sinh học

Tiến hoá là chủ đề cốt lõi của sinh học – là quan điểm để nhận thức mọi điều chúng ta biết về sự sống. Sự sống đã và đang tiến hoá trên Trái Đất qua hàng tỷ năm, tạo nên sự đa dạng khổng lồ các sinh vật trong quá khứ và hiện tại. Tuy nhiên, cùng với tính đa dạng, chúng ta cũng tìm thấy nhiều đặc điểm chung. Ví dụ, trong khi con cá ngựa, con thỏ, con chim, con cá sấu và những con chim cánh cụt trên Hình 1.3 trông rất khác nhau thì xương của chúng cơ bản là giống nhau. Cách giải thích khoa học cho tính thống nhất và đa dạng đó – và cho cả tính thích nghi của sinh vật với môi trường của chúng – chính là sự tiến hoá: quan điểm cho rằng, các sinh vật trên Trái Đất ngày nay là con cháu đã được biến đổi từ những tổ tiên chung. Nói cách khác, chúng ta có thể giải thích các đặc điểm cùng có ở hai sinh vật với ý tưởng cho rằng chúng đã được truyền lại từ một tổ tiên chung và chúng ta cũng lý giải cho những điểm khác biệt giữa các sinh vật là do đã xảy ra các biến đổi di truyền trong quá trình tiến hoá. Có nhiều loại bằng chứng chứng minh quá trình tiến hoá đã và đang diễn ra cũng như ủng hộ cho học thuyết mô tả tiến hoá diễn ra như thế nào. Chúng ta sẽ quay lại với chủ đề tiến hoá ở cuối chương này sau khi tìm hiểu một vài chủ đề khác và phác hoạ một bức tranh đầy đủ hơn về phạm vi của sinh học.

Chủ đề: Những đặc tính nổi trội ở mỗi cấp độ tổ chức sinh học

Nghiên cứu sự sống trải rộng từ mức độ hiển vi của các phân tử và tế bào cấu tạo nên các cơ thể sống cho đến quy mô toàn cầu của toàn bộ hành tinh. Chúng ta có thể chia chúng thành các cấp độ tổ chức sinh học.

Hãy hình dung, từ không trung chúng ta mở ống kính để nhìn sự sống trên Trái Đất ngày càng gần hơn. Bây giờ là mùa xuân, và điểm đến của chúng ta là một khu rừng ở Ontario, Canada, nơi chúng ta sẽ tìm hiểu lá cây thích ở mức độ phân tử. **Hình 1.4** (ở hai trang tiếp sau) thuật lại chuyến du ngoạn này vào sự sống với những mũi tên cong dẫn dắt bạn qua các mức độ tổ chức sinh học được minh hoạ bằng hình ảnh.

Những đặc tính nổi trội

Nếu chúng ta thu ống kính ngược trở lại từ mức độ phân tử ở Hình 1.4, chúng ta sẽ thấy những đặc tính mới, không có ở mức độ tổ chức trước, hiện ra ở mỗi giai đoạn. Những **đặc tính nổi trội** đó có được là nhờ sự sắp xếp và tương tác giữa các bộ phận để làm tăng độ phức tạp của tổ chức. Ví dụ, nếu bạn cho vào ống nghiệm hỗn hợp gồm chlorophyll và các phân tử khác tìm thấy trong lục lạp thì sự quang hợp không diễn ra. Quang hợp có thể diễn ra chỉ khi các phân tử được sắp xếp theo cách đặc biệt trong một lục lạp hoàn chỉnh. Hãy lấy một ví dụ khác, nếu một vết thương nghiêm trọng ở đầu, phá huỷ cấu trúc phức tạp của bộ não thì trí não có thể dừng hoạt động cho dù các bộ phận của não vẫn còn đó. Sự tư duy và trí nhớ của chúng ta là những đặc tính mới của một mạng lưới phức tạp các tế bào thần kinh. Tại bậc tổ chức cao nhất của sinh học – hệ sinh thái – sự quay vòng các nguyên tố hoá học quan trọng đối với sự sống như carbon, phụ thuộc vào mạng lưới các sinh vật rất đa dạng tương tác với nhau và với đất, nước, không khí.

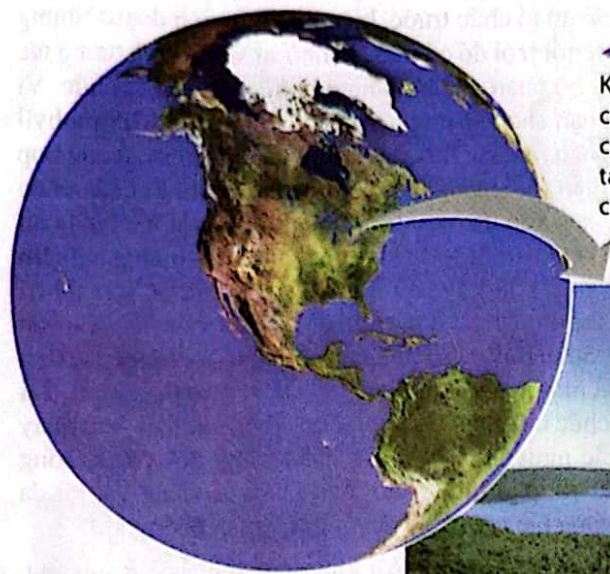
Những đặc tính nổi trội không phải chỉ có ở sự sống. Chúng ta có thể thấy tầm quan trọng của việc sắp xếp tinh tế khi so sánh hộp chứa các bộ phận của chiếc xe đạp với chiếc xe đạp đang đi. Than đá và kim cương đều là carbon tinh khiết nhưng chúng lại có những đặc tính khác nhau vì các nguyên tử carbon của chúng được sắp xếp khác nhau. Tuy nhiên, so với các vật thể không sống như vậy, tính phức tạp của các hệ thống sinh học làm cho việc nghiên cứu các đặc tính nổi trội của sự sống trở nên đặc biệt khó khăn.

Sức mạnh và những hạn chế của giản hoá luận

Vì những đặc tính của sự sống xuất hiện từ sự tổ chức phức tạp nên các nhà khoa học phải đối mặt với nhiều tình huống khó khăn khi tìm hiểu các hệ thống sinh học. Một mặt, chúng ta không thể giải thích đầy đủ bậc tổ chức cao hơn bằng cách phân nhỏ nó thành các phần. Một động vật bị cắt ra thì không còn hoạt động chức năng nữa; một tế bào bị phân tách đến tận các thành phần hoá học thì không còn là tế bào nữa. Việc phá huỷ một hệ thống sống là can thiệp vào hoạt động chức năng của nó. Mặt khác, cái phức tạp như cá thể sinh vật hoặc tế bào không thể được phân tích bằng cách tách riêng từng phần của nó ra.

Giản hoá luận – cách phân nhỏ các hệ thống phức tạp thành các hợp phần đơn giản hơn để nghiên cứu – là chiến lược hữu ích trong sinh học. Ví dụ, để nghiên cứu cấu trúc phân tử của DNA được tách chiết từ tế bào, James Watson và Francis Crick, năm 1953, đã suy luận ra phân tử này có thể đóng vai trò là cơ sở hoá học của sự di truyền như thế nào. Tuy nhiên, vai trò chính của DNA trong tế bào và cơ thể chỉ được hiểu rõ hơn khi các nhà khoa học có khả năng nghiên cứu sự tương tác của nó với các phân tử khác. Các nhà sinh học phải cân bằng chiến lược giản hoá với đối tượng nghiên cứu ở mức độ rộng để hiểu các đặc tính nổi trội – cụ thể là, bằng cách nào các tế bào, các cơ thể và các bậc tổ chức cao hơn, như hệ sinh thái phối hợp hoạt động với nhau. Ngày nay, lĩnh vực nghiên cứu sự tương tác trong các hệ thống sinh học dựa trên các nghiên cứu đa ngành được gọi là sinh học hệ thống.

Khảo sát các cấp độ tổ chức sinh học



1 Sinh quyển

Khi chúng ta tiến gần tới Trái Đất đủ để nhận ra các lục địa và đại dương, chúng ta bắt đầu nhận thấy các dấu hiệu của sự sống, ví dụ, màu xanh là các cánh rừng trên hành tinh. Đó là hình ảnh đầu tiên về sinh quyển, nó bao gồm tất cả các môi trường có sự sống trên Trái Đất. Sinh quyển bao gồm hầu hết các vùng đất, các vùng nước và khí quyển tới độ cao vài kilomet.

2 Hệ sinh thái

Khi chúng ta đến bề mặt Trái Đất, hãy tưởng tượng rằng ta đến Ontario, chúng ta bắt đầu phân biệt được cánh rừng với vô vàn những cây rừng lá (những cây rụng lá vào một mùa và mọc lại lá vào mùa khác). Cánh rừng cây rụng lá như vậy là một ví dụ về hệ sinh thái. Đồng cỏ, sa mạc và rạn san hô biển là những kiểu hệ sinh thái khác. Một hệ sinh thái bao gồm tất cả các vật thể sống trong một khu vực cụ thể cùng với các thành phần không sống của môi trường mà sự sống tương tác, như đất, nước, các chất khí trong khí quyển và ánh sáng. Tất cả các hệ sinh thái trên Trái Đất kết hợp lại tạo nên sinh quyển.



3 Quần xã

Toàn bộ sinh vật sống trong một hệ sinh thái cụ thể được gọi là quần xã sinh học. Quần xã trong hệ sinh thái rừng của chúng ta bao gồm nhiều loại cây và các thực vật khác, nhiều loài động vật, các loài nấm và số lượng vô cùng lớn các vi sinh vật, như vi khuẩn, loại sinh vật quá nhỏ chỉ thấy được khi có kính hiển vi. Mỗi dạng sống đó được gọi là *loài*.



4 Quần thể

Quần thể bao gồm tất cả các cá thể của một loài sống trong phạm vi của một khu vực xác định. Ví dụ, cánh rừng Ontario của chúng ta chứa quần thể cây thích đường và quần thể hươu đuôi trắng. Bây giờ, chúng ta có thể định nghĩa lại rằng, quần xã là tập hợp các quần thể sống ở một vùng cụ thể.



5 Cá thể sinh vật

Mỗi vật thể sống được gọi là một cá thể sinh vật. Mỗi cây thích này và những cây khác trong rừng đều là một sinh vật, giống như mỗi động vật trong rừng như con ếch, con sóc, hươu nai hoặc con bọ cách cứng. Đất chứa đầy các vi sinh vật như vi khuẩn.

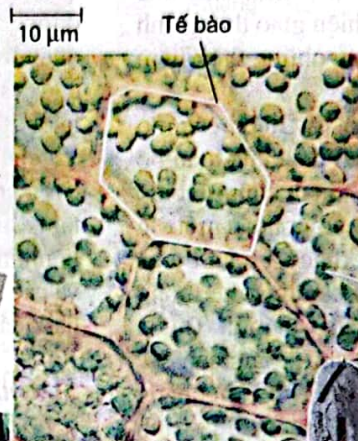
▼ 6 Cơ quan và hệ cơ quan

Hệ thống phân cấp tổ chức của sự sống liên tục được mở ra khi chúng ta tìm hiểu kiến trúc của các cơ thể phức tạp hơn. Lá cây mộc lan là một ví dụ về cơ quan, nó cơ bản được cấu tạo từ hai hoặc nhiều loại mô (cái mà chúng ta sẽ gặp ở mức tổ chức sau). Cơ quan thực hiện một chức năng cụ thể trong cơ thể. Thân và rễ là những cơ quan lớn khác ở thực vật. Ví dụ về các cơ quan ở người là não, tim và thận. Các cơ quan của người, của các động vật phức tạp khác và của thực vật được tổ chức thành các hệ cơ quan, mỗi hệ cơ quan gồm một nhóm các cơ quan phối hợp với nhau thực hiện một chức năng chuyên biệt. Ví dụ, hệ tiêu hoá của người bao gồm các cơ quan như lưỡi, dạ dày và ruột.

▼ 8 Tế bào

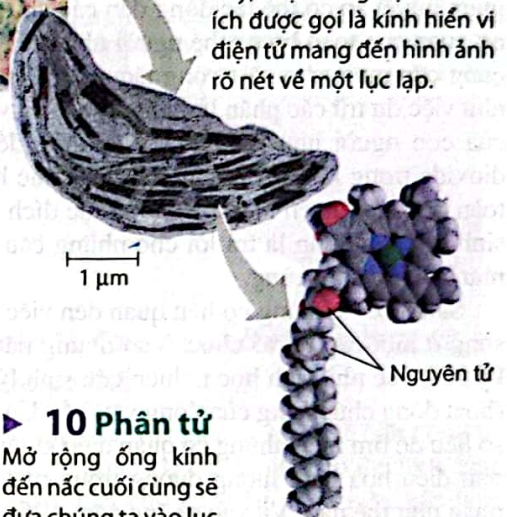
Tế bào là đơn vị cơ bản về cấu trúc và chức năng của sự sống. Một số sinh vật như trùng amip và hầu hết vi khuẩn là đơn bào. Các sinh vật khác, bao gồm động vật và thực vật, là đa bào. Thay vì một tế bào phải thực hiện mọi chức năng của sự sống, sinh vật đa bào có sự phân chia lao động giữa các tế bào được chuyên hoá. Cơ thể người gồm tỷ tỷ các tế bào nhỏ thuộc nhiều loại khác nhau, như tế bào cơ và tế bào thần kinh được tổ chức thành các mô khác nhau. Ví dụ, mô cơ gồm các bó tế bào cơ. Trên ảnh bên dưới chúng ta nhìn thấy hình ảnh một số tế bào mô lá được phóng đại. Chiều ngang mỗi tế bào chỉ khoảng 25 micromet (μm). Có thể lấy hơn 700 tế bào như vậy mới xếp đủ ngang qua mặt đồng xu.

Mặc dù tế bào nhỏ như vậy, bạn vẫn có thể thấy mỗi tế bào chứa rất nhiều cấu trúc màu xanh được gọi là lục lạp có nhiệm vụ quang hợp.



▼ 9 Bào quan

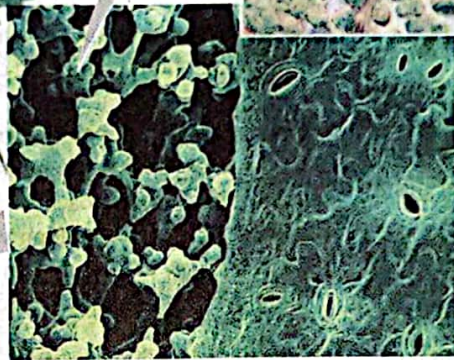
Lục lạp là ví dụ về bào quan, những hợp phần có chức năng khác nhau cấu tạo nên tế bào. Trong hình ảnh này, một công cụ rất hữu ích được gọi là kính hiển vi điện tử mang đến hình ảnh rõ nét về một lục lạp.



► 7 Mô

Cấp tổ chức tiếp theo – hãy xem các mô lá trên hình – cần có kính hiển vi. Chiếc lá trên hình được cắt lát.

Mô giống như tổ ong bên trong lá (bên trái ảnh) là vị trí chính để quang hợp, quá trình chuyển hoá năng lượng ánh sáng thành năng lượng hoá học của đường và các thức ăn khác. Chúng tôi thể hiện chiếc lá được cắt lát mỏng với hy vọng rằng nó có thể giúp chúng ta thấy được loại mô được sắp xếp – giống như trò chơi xếp hình được gọi là biểu mô, “da” trên bề mặt của lá (phần bên phải ảnh). Các lỗ xuyên qua biểu mô cho phép carbon dioxide, vật liệu thô để sản xuất đường, đến được tới các mô quang hợp bên trong lá. Ở mức độ tổ chức này, chúng ta cũng có thể thấy rằng mỗi mô đều có cấu trúc tế bào. Thực tế, mỗi loại mô là một nhóm tế bào giống nhau.



► 10 Phân tử

Mở rộng ống kính đến nấc cuối cùng sẽ đưa chúng ta vào lục lạp để quan sát sự sống ở mức độ phân tử. Phân tử là cấu trúc hoá học được cấu tạo từ hai hoặc nhiều đơn vị nhỏ gọi là nguyên tử, cái được biểu diễn như những quả bóng trên bức ảnh về phân tử chlorophyll do máy tính tạo ra. Chlorophyll là phân tử sắc tố làm cho lá cây mộc lan có màu xanh. Là một trong số các phân tử quan trọng nhất trên Trái Đất, chlorophyll hấp thụ ánh sáng mặt trời vào giai đoạn đầu của quá trình quang hợp. Bên trong lục lạp, hàng triệu chlorophyll và các phân tử khác được tổ chức thành công cụ để chuyển hoá năng lượng ánh sáng thành năng lượng hoá học của thức ăn.

Sinh học hệ thống

Hệ thống chỉ đơn giản là một tổ hợp các hợp phần hoạt động cùng nhau. Nhà sinh học có thể nghiên cứu một hệ thống ở bất kỳ cấp độ tổ chức nào. Một tế bào lá có thể được coi là một hệ thống, giống như một con ếch, một tổ kiến hay một hệ sinh thái sa mạc. Để hiểu các hệ thống như vậy hoạt động như thế nào, việc chỉ có "danh mục các thành phần", thậm chí rất đầy đủ, là chưa đủ. Nhận thức được điều đó, ngày nay nhiều nhà nghiên cứu bổ sung những chiến lược mới cho cách tiếp cận của các nhà giải phẫu luận để nghiên cứu toàn bộ hệ thống. Triển vọng thay đổi này giống như bay từ góc phố lên máy bay trực thăng bay cao trên thành phố, từ đó bạn có thể nhìn thấy các công trình xây dựng, tai nạn, sự cố tín hiệu giao thông ảnh hưởng đến toàn thành phố như thế nào ở những thời điểm khác nhau trong ngày.

Mục tiêu của sinh học hệ thống là xây dựng các mô hình diễn tả phương thức hoạt động linh hoạt của toàn bộ các hệ thống sinh học. Những mô hình thành công sẽ giúp các nhà khoa học tiên đoán sự biến đổi ở một hoặc một vài biến số sẽ tác động đến các hợp phần khác và toàn bộ hệ thống như thế nào. Như vậy, cách tiếp cận theo hệ thống giúp chúng ta có được những dạng câu hỏi mới. Thuốc giảm huyết áp có thể tác động đến các chức năng của các cơ quan của toàn bộ cơ thể người như thế nào? Việc tăng cung cấp nước cho cây trồng tác động đến các quá trình như việc dự trữ các phân tử quan trọng đối với dinh dưỡng của con người như thế nào? Việc tăng đều đặn carbon dioxide trong khí quyển tác động đến các hệ sinh thái và toàn bộ sinh quyển như thế nào? Mục đích cuối cùng của sinh học hệ thống là trả lời cho những câu hỏi lớn giống như câu hỏi cuối cùng.

Sinh học hệ thống có liên quan đến việc nghiên cứu sự sống ở mọi cấp độ tổ chức. Vào những năm đầu của thế kỷ XX, các nhà sinh học nghiên cứu sinh lý học động vật (hoạt động chức năng của động vật) bắt đầu lồng ghép các số liệu để tìm hiểu những cơ quan điều khiển các quá trình như điều hoà hàm lượng đường trong máu phối hợp với nhau như thế nào. Và vào những năm 1960, các nhà khoa học nghiên cứu các hệ sinh thái đã lần đầu tiên đưa ra một cách tiếp cận công phu, theo hệ thống, bằng phương pháp toán học với các mô hình tỷ mỉ sơ đồ hoá mạng lưới tương tác giữa các sinh vật và với các thành phần không sống của các hệ sinh thái như hệ sinh thái đầm lầy. Những mô hình như vậy rất hữu ích cho việc tiên đoán đáp ứng của các hệ thống đó với những biến số luôn biến động. Gần đây, sinh học hệ thống đã được nghiên cứu ở mức tế bào và phân tử, điều đó chúng ta sẽ được mô tả ở phần sau khi chúng ta thảo luận về DNA.

Chủ đề: Các sinh vật tương tác, trao đổi vật chất và năng lượng với môi trường

Trở lại Hình 1.4, lần này chúng ta tập trung vào rừng. Trong hệ sinh thái này và trong bất kỳ hệ sinh thái nào khác, mỗi sinh vật đều tương tác liên tục với môi trường, bao gồm cả các nhân tố không sống và các sinh vật khác. Ví dụ, cây hấp thụ nước và chất khoáng từ đất thông qua rễ. Đồng

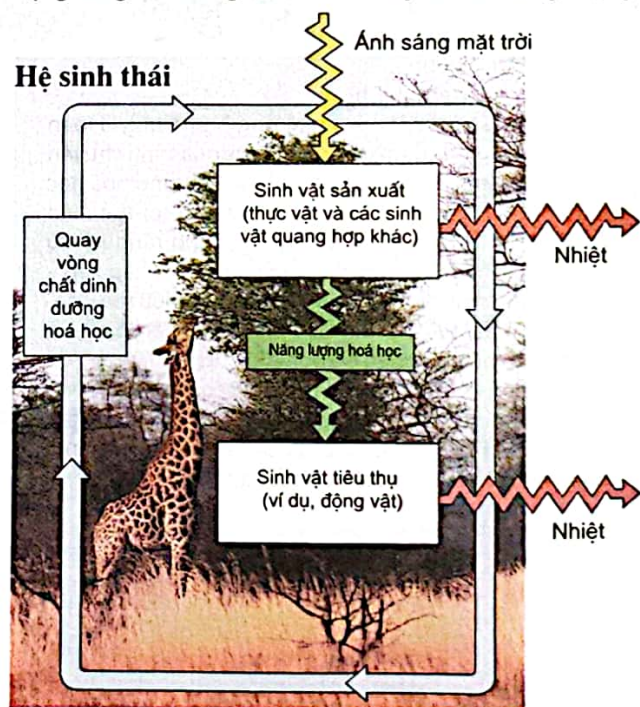
thời, lá của nó lấy carbon dioxide từ không khí và sử dụng ánh sáng mặt trời do chlorophyll hấp thụ để điều khiển quá trình quang hợp, chuyển hoá nước và carbon dioxide thành đường và oxygen. Cây thải oxygen vào không khí và rễ của nó giúp hình thành đất do nó phá vỡ những tảng đá. Cả sinh vật và môi trường đều bị tác động bởi mối tương tác giữa chúng. Cây cũng tương tác với các sinh vật khác như các vi sinh vật đất sống liên quan đến rễ cây và các con vật ăn lá và quả của nó.

Động học hệ sinh thái

Hoạt động của bất kỳ hệ sinh thái nào cũng bao gồm hai quá trình chính. Một quá trình là sự quay vòng các chất dinh dưỡng. Ví dụ, các chất khoáng mà cây cần, cuối cùng, cũng quay trở lại đất do các sinh vật phân huỷ lớp lá rụng, rễ cây chết và các mảnh vụn. Quá trình thứ hai trong hệ sinh thái là dòng năng lượng một chiều từ ánh sáng mặt trời đến sinh vật sản xuất rồi đến sinh vật tiêu thụ. Sinh vật sản xuất là cây xanh và các sinh vật quang hợp khác, chúng sử dụng năng lượng ánh sáng để tạo ra đường. Các sinh vật tiêu thụ là những sinh vật như động vật, chúng ăn sinh vật sản xuất và các sinh vật tiêu thụ khác. Sơ đồ trên Hình 1.5 minh hoạ hai quá trình trong một hệ sinh thái châu Phi.

Sự chuyển hoá năng lượng

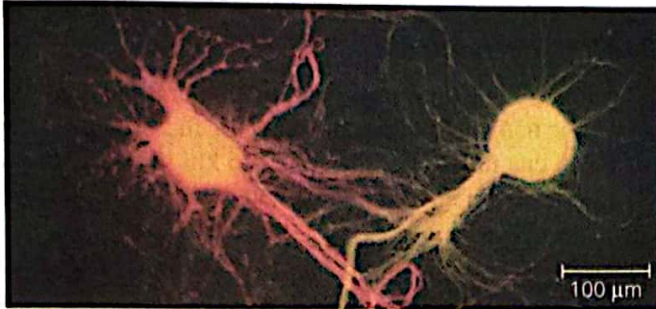
Sự vận động, sinh trưởng, sinh sản và các hoạt động khác của sự sống là những công việc cần năng lượng. Sự trao đổi năng lượng giữa sinh vật và môi trường xung quanh thường bao gồm sự chuyển đổi năng lượng từ dạng này sang dạng khác. Ví dụ, lá cây hấp thụ năng lượng ánh sáng và chuyển hoá nó thành năng lượng hoá học dự trữ trong các phân tử đường. Khi các tế bào cơ của động vật sử dụng đường làm nhiên liệu để vận động, chúng chuyển hoá năng lượng hoá học thành động năng. Và trong tất cả các chuyển hoá năng lượng đó,



▲ Hình 1.5 Quay vòng chất dinh dưỡng và dòng năng lượng trong hệ sinh thái.



(a) Cánh chim có dạng rất phù hợp về khí động lực.



(c) Cơ bay được các neuron (các tế bào thần kinh) kiểm soát, chúng truyền tín hiệu. Với những sợi dài, các neuron được cấu tạo đặc biệt phù hợp với việc truyền tin bên trong cơ thể.

▲ **Hình 1.6 Các cấu trúc phù hợp với chức năng ở chim mòng biển.** Cơ thể chim và cấu trúc của các thành phần giúp cho nó có thể bay được.

? **Cánh tay người có hình dạng phù hợp với chức năng như thế nào?**

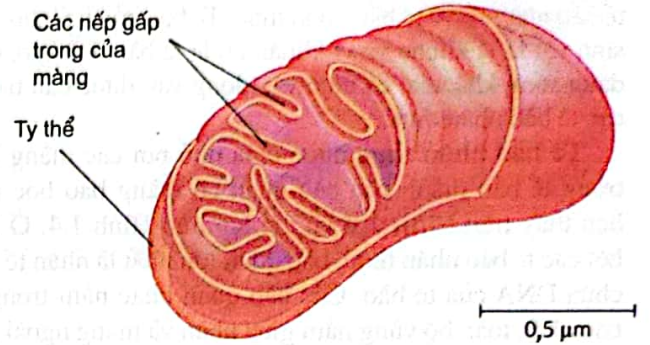
một số năng lượng được chuyển thành nhiệt năng toả vào môi trường dưới dạng nhiệt. Ngược với các chất dinh dưỡng hoá học được quay vòng trong hệ sinh thái, dòng năng lượng qua hệ sinh thái thường vào dưới dạng ánh sáng và ra dưới dạng nhiệt (xem Hình 1.5).

Chủ đề: Cấu trúc và chức năng phù hợp với nhau ở mọi cấp độ tổ chức sinh học

Một chủ đề khác được thể hiện trên Hình 1.4 là ý tưởng cho rằng cấu trúc luôn phù hợp với chức năng, điều mà chúng ta nhận thấy được trong cuộc sống hằng ngày. Ví dụ, chiếc tuốc-nơ-vít thích hợp để vặn đinh ốc, hay cái búa dùng để đóng đinh. Dụng cụ để làm gì phải phù hợp với cấu trúc của nó. Áp dụng vào sinh học, chủ đề này là chỉ dẫn đối với giải phẫu học sự sống ở mọi cấp độ cấu trúc. Ta thấy một ví dụ ở lá cây trên Hình 1.4: Lá mỏng, phẳng giúp lực hấp thụ được tối đa lượng ánh sáng mặt trời. Việc phân tích cấu trúc sinh học cho chúng ta manh mối về việc cấu trúc đó làm gì và hoạt động như thế nào. Ngược lại, biết được chức năng của bộ phận nào đó giúp chúng ta có thể thâm nhập vào bên trong cấu trúc của nó. Cánh chim là ví dụ từ giới Động vật bổ sung cho chủ đề quan hệ chức năng - cấu trúc (**Hình 1.6**). Khi khám phá sự sống, chúng ta đều phát hiện ra vẻ đẹp về chức năng ở mỗi bậc cấu trúc.



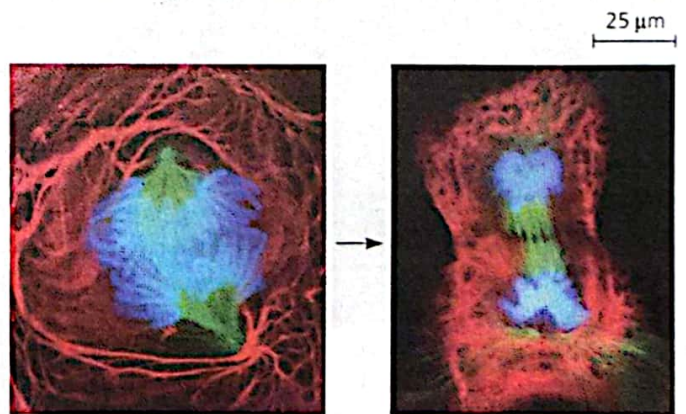
(b) Cánh chim có cấu trúc bên trong lỗ chỗ như tổ ong nên vững chắc nhưng nhẹ.



(d) Các cơ bay lấy năng lượng từ các bào quan được gọi là ty thể. Ty thể có màng trong với rất nhiều nếp gấp. Các phân tử gắn kết ở màng trong thực hiện nhiều giai đoạn trong quá trình sản sinh năng lượng và các nếp gấp trong giúp cho một lượng lớn lớp màng này nằm gọn trong một không gian hẹp.

Chủ đề: Tế bào là đơn vị cơ sở về cấu trúc và chức năng của cơ thể

Trên thang phân cấp cấu trúc của sự sống, tế bào có vị trí đặc biệt vì nó là mức độ tổ chức thấp nhất có thể thực hiện mọi hoạt động cần thiết cho sự sống. Hơn nữa, các hoạt động của cơ thể đều dựa trên hoạt động của tế bào. Ví dụ, sự phân chia tế bào tạo ra các tế bào mới là cơ sở cho sự sinh sản, sinh trưởng và tái sinh ở các cơ thể đa bào (**Hình 1.7**). Một ví dụ khác là sự chuyển động của mắt bạn khi bạn đọc dòng

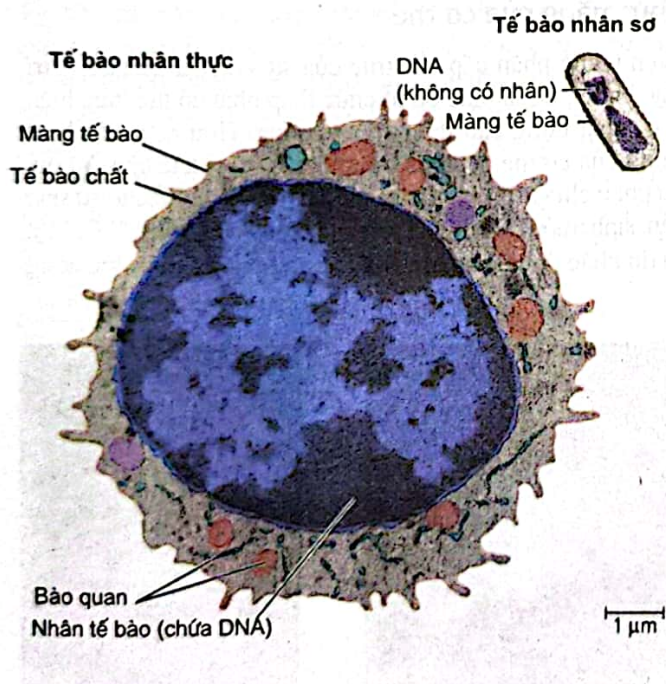


▲ **Hình 1.7 Tế bào phổi con sa giống phân chia thành hai tế bào nhỏ hơn; các tế bào sẽ sinh trưởng và lại phân chia.**

này là dựa trên sự hoạt động của các tế bào cơ và các tế bào thần kinh. Thậm chí, các quá trình toàn cầu như sự quay vòng của carbon cũng là sản phẩm tích lũy của các hoạt động của tế bào, bao gồm cả quá trình quang hợp diễn ra trong lục lạp của các tế bào lá. Việc tìm hiểu các tế bào hoạt động như thế nào là tâm điểm của nghiên cứu sinh học.

Mọi tế bào đều có những đặc điểm chung nhất định. Ví dụ, mỗi tế bào đều được bao bọc bởi màng điều hoà sự qua lại của vật chất giữa tế bào và môi trường bao quanh. Và, mỗi tế bào đều sử dụng DNA làm thông tin di truyền. Tuy nhiên, chúng ta có thể phân biệt hai loại tế bào chính: tế bào nhân sơ và tế bào nhân thực. Tế bào của hai nhóm vi sinh vật là vi khuẩn và vi khuẩn cổ là tế bào nhân sơ. Các dạng sống khác, kể cả thực vật, động vật, được cấu tạo từ các tế bào nhân thực.

Tế bào nhân thực được chia nhỏ bởi các màng bên trong tế bào thành các bào quan có màng bao bọc như bạn thấy trên **Hình 1.8** và lục lạp trên **Hình 1.4**. Ở hầu hết các tế bào nhân thực, bào quan lớn nhất là nhân tế bào chứa DNA của tế bào. Các bào quan khác nằm trong tế bào chất, toàn bộ vùng nằm giữa nhân và màng ngoài của tế bào. **Hình 1.8** cũng cho thấy các tế bào nhân sơ đơn giản hơn nhiều và nói chung là nhỏ hơn các tế bào nhân thực. Ở các **tế bào nhân sơ**, DNA không bị phân tách với phần còn lại của tế bào vì không nằm trong nhân có màng bao bọc. Các tế bào nhân sơ cũng không có các loại bào quan có màng bao bọc khác – các bào quan đặc trưng cho các tế bào nhân thực. Tuy vậy, dù cơ thể có các tế bào nhân sơ hay nhân thực thì cấu trúc và chức năng của nó cũng phụ thuộc vào các tế bào.



▲ **Hình 1.8** Sự khác biệt giữa tế bào nhân sơ và tế bào nhân thực về kích thước và mức độ phức tạp.

Chủ đề: Tính liên tục của sự sống dựa trên thông tin di truyền trong DNA

Bên trong tế bào đang phân chia trên **Hình 1.7** (ở trang trước), bạn có thể thấy các cấu trúc được gọi là nhiễm sắc thể bắt màu xanh với thuốc nhuộm. Nhiễm sắc thể chứa hầu hết thông tin di truyền của tế bào, các phân tử DNA của chúng (viết tắt của acid deoxyribonucleic). DNA là cơ sở vật chất của gene, đơn vị di truyền, truyền thông tin từ bố mẹ đến con cái. Ví dụ, nhóm máu (A, B, AB hoặc O) của bạn là kết quả của những gene nhất định mà bạn được di truyền từ bố mẹ bạn.

Cấu trúc và chức năng của DNA

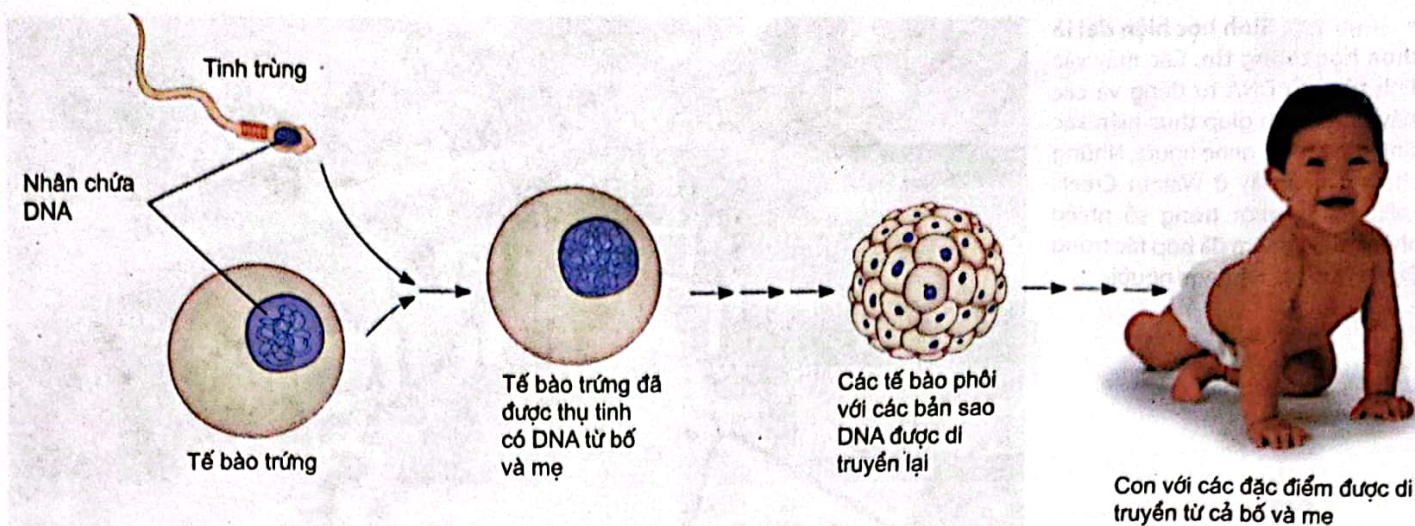
Mỗi nhiễm sắc thể có một phân tử DNA rất dài với hàng trăm hoặc hàng nghìn gene phân bố dọc theo chiều dài của nó. DNA của nhiễm sắc thể sao chép khi tế bào chuẩn bị phân chia và mỗi tế bào con nhận được một bộ hoàn chỉnh các gene.

Mỗi chúng ta bắt đầu sự sống bằng một tế bào duy nhất với DNA được di truyền từ bố mẹ. Sự sao chép DNA qua mỗi chu kỳ phân bào giúp truyền các bản sao của nó đến hàng tỷ tỷ tế bào. Trong mỗi tế bào, các gene nằm dọc theo chiều dài phân tử DNA mã hoá thông tin để tạo nên các phân tử khác của tế bào. Bằng cách đó, DNA kiểm soát sự phát triển và duy trì toàn bộ cơ thể và một cách gián tiếp, kiểm soát mọi việc mà cơ thể thực hiện (**Hình 1.9**). DNA là cơ sở dữ liệu trung tâm.

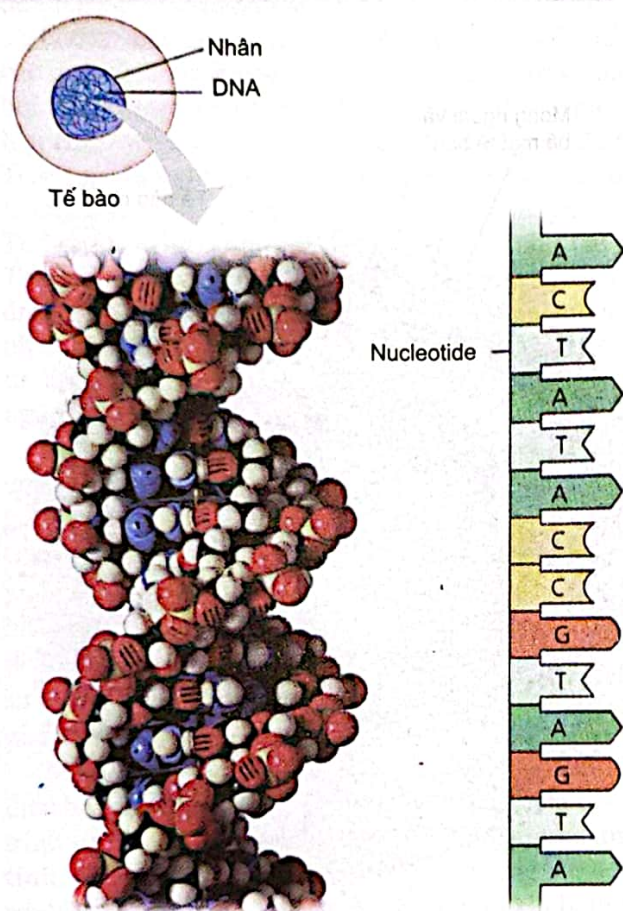
Cấu trúc phân tử của DNA giải thích cho khả năng lưu trữ thông tin của nó. Mỗi phân tử DNA được cấu tạo từ hai chuỗi dài sắp xếp thành chuỗi xoắn kép. Mỗi một mắt xích của một chuỗi là một trong số bốn cấu kiện hoá học được gọi là các nucleotide (**Hình 1.10**). Cách DNA mã hoá thông tin di truyền giống với cách sắp xếp các chữ cái của bảng chữ cái theo các trình tự chính xác có ý nghĩa riêng biệt. Ví dụ, từ *rat* tiếng Anh là loài gặm nhấm; các từ *tar* và *art* cũng chứa các chữ cái như vậy nhưng lại có nghĩa khác. Các thư viện với đầy sách chứa đựng thông tin được mã hoá theo các trình tự khác nhau chỉ từ 26 chữ cái. Chúng ta có thể coi các nucleotide là bảng chữ cái của sự di truyền. Cách sắp xếp liên tục theo những trình tự đặc biệt bốn chữ cái hoá học này mã hoá thông tin chính xác trong các gene. Một gene của vi khuẩn có thể được dịch là “hãy xây dựng thành phần này của màng tế bào”. Một gene cụ thể của người có thể có nghĩa là “hãy tạo hormone sinh trưởng”.

Một cách tổng quát hơn, các gene giống như chương trình được lưu giữ để tế bào sản sinh các phân tử lớn được gọi là protein. Các protein khác của người bao gồm cả các protein cơ cơ và các protein bảo vệ được gọi là các kháng thể. Nhóm các protein sống còn cho mọi tế bào là các enzyme xúc tác (làm tăng tốc độ) các phản ứng hoá học đặc hiệu. Như vậy, DNA cung cấp bản thiết kế và các protein là công cụ thực sự xây dựng nên, bảo trì tế bào và tiến hành các hoạt động của nó.

DNA của các gene kiểm soát việc sản xuất protein một cách gián tiếp bằng cách sử dụng một loại phân tử gắn gũi với nó là RNA làm vật trung gian.



▲ Hình 1.9. DNA được di truyền từ bố mẹ lại điều khiển sự phát triển của con.



(a) Chuỗi xoắn kép DNA. (b) Mạch đơn của DNA. Các mô hình này cho thấy mỗi nguyên tử trong một đoạn DNA, được cấu tạo từ hai chuỗi dài các nucleotide. DNA có hình dạng ba chiều giống như chuỗi xoắn kép.

Mô hình hình học và các chữ cái là biểu tượng đơn giản cho các nucleotide ở một phần nhỏ của một mạch phân tử DNA. Thông tin di truyền được mã hoá bằng trình tự đặc biệt của bốn loại nucleotide. (Tên của chúng được viết tắt là A, T, C và G.)

▲ Hình 1.10 DNA: Vật chất di truyền.

Trình tự các nucleotide dọc theo gene được phiên mã sang RNA rồi sau đó được dịch mã thành protein đặc hiệu có hình dạng và chức năng duy nhất. Trong quá trình dịch mã, tất cả các dạng sống đều chủ yếu khai thác cùng một kiểu mã di truyền. Một đoạn trình tự cụ thể các nucleotide nói lên cùng một điều cho sinh vật này cũng như cho sinh vật khác. Sự khác biệt giữa các sinh vật phản ánh sự khác biệt giữa các trình tự nucleotide của chúng.

Không phải tất cả các RNA trong tế bào được dịch mã thành protein. Từ nhiều thập kỷ qua, chúng ta đã biết rằng một số loại phân tử RNA thực sự là thành phần của bộ máy tế bào sản xuất ra protein. Gần đây, các nhà khoa học đã phát hiện những loại RNA hoàn toàn mới, giữ những vai trò khác trong tế bào như điều hoà hoạt động chức năng của các gene mã hoá protein.

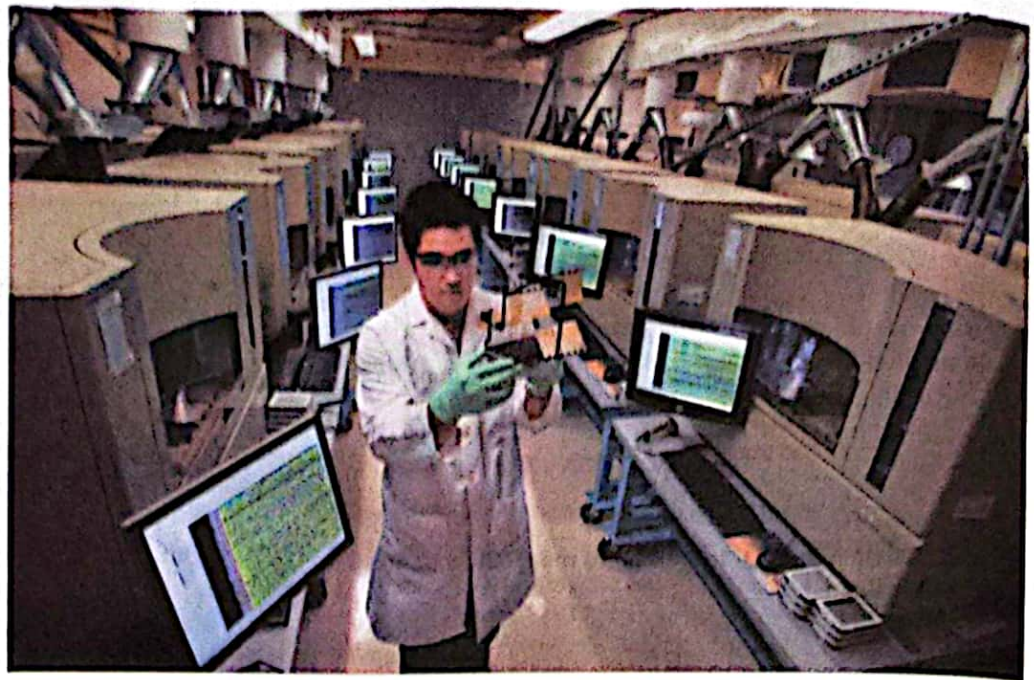
Toàn bộ “thư viện” các bản thiết kế di truyền mà sinh vật được thừa hưởng được gọi là hệ gene. Tế bào người điển hình có hai bộ nhiễm sắc thể giống nhau và mỗi bộ có tổng cộng khoảng 3 tỷ nucleotide. Nếu mỗi nucleotide được lấy biểu tượng bằng một chữ cái để viết thành các từ như các từ bạn đang đọc thì văn bản di truyền phải chứa đầy trong 600 quyển sách có kích thước như quyển sách này. Trong thư viện hệ gene này của các trình tự nucleotide là các gene quy định khoảng 75.000 loại protein và số lượng các phân tử RNA chưa biết rõ.

Sinh học hệ thống ở mức độ tế bào và phân tử

Ngày nay, cùng với trình tự hệ gene của các sinh vật khác, bao gồm vi khuẩn, vi khuẩn cổ, nấm, thực vật và động vật, toàn bộ trình tự nucleotide ở hệ gene người đã được biết. Những thành tựu đó có được là nhờ sự phát triển các phương pháp mới và máy xác định trình tự DNA như những chiếc máy trên Hình 1.11, ở trang sau.

Việc xác định trình tự hệ gene người là thành tựu khoa học và kỹ thuật sánh ngang với việc các nhà du hành vũ trụ tàu Apollo đặt chân xuống mặt trăng năm 1969.

► **Hình 1.11 Sinh học hiện đại là khoa học thông tin.** Các máy xác định trình tự DNA tự động và các máy tính mạnh giúp thực hiện xác định trình tự hệ gene người. Những phương tiện này ở Walnut Creek, California, là một trong số nhiều phòng thí nghiệm đã hợp tác trong Dự án Quốc tế Hệ gene người.

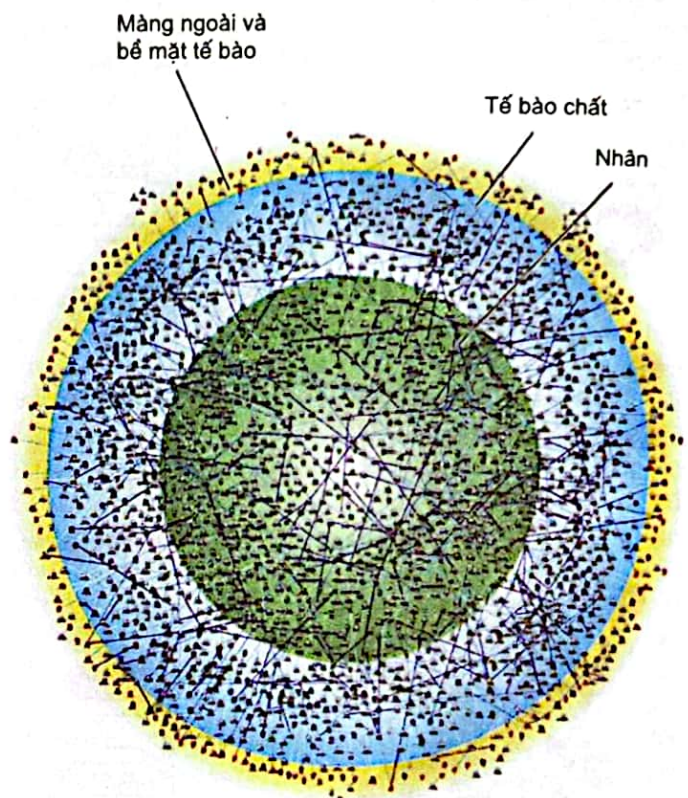


Tuy nhiên, đây mới chỉ là bắt đầu cho một cố gắng nghiên cứu lớn hơn, một cố gắng để tìm hiểu hoạt động của vô vàn các protein do DNA mã hoá được điều hoà hoạt động như thế nào trong tế bào và trong toàn bộ cơ thể.

Cách tốt nhất để nhận thức những số liệu ngày càng tràn ngập từ các dự án xác định trình tự hệ gene và danh mục ngày càng nhiều về chức năng của các protein đã được biết là áp dụng cách tiếp cận theo hệ thống ở mức độ tế bào và phân tử. **Hình 1.12** minh hoạ kết quả của một nghiên cứu lớn để lập bản đồ mạng lưới tương tác của protein trong một tế bào ruồi quả, đối tượng nghiên cứu phổ biến. Mô hình được xây dựng dựa trên cơ sở dữ liệu của hàng nghìn protein đã biết và các mối tương tác đã biết của chúng với các protein khác. Ví dụ, protein A có thể tấn công và làm thay đổi các hoạt động của các protein B, C và D rồi sau đó tiếp tục tương tác với các protein khác nữa. Hình bản đồ này trình bày cách sắp xếp toàn bộ các protein và vị trí của chúng trong tế bào.

Cơ sở của chiến lược hệ thống không hề phức tạp. Thứ nhất, cần liệt kê các bộ phận cấu thành hệ thống càng nhiều càng tốt, ví dụ như tất cả các gene và các protein đã biết trong tế bào (áp dụng thuyết giản hoá luận). Sau đó cần tìm hiểu mỗi bộ phận hoạt động như thế nào trong mối quan hệ với các bộ phận khác trong hệ thống – mối tương tác protein-protein trong ví dụ về tế bào ruồi quả của chúng ta. Cuối cùng, với sự giúp đỡ của máy tính và các phần mềm chuyên biệt, ta có thể sắp xếp các số liệu thành một hệ thống mạng lưới như trên **Hình 1.12**.

Cho dù ý tưởng cơ bản của sinh học hệ thống là đơn giản thì việc thực hành nó không hề đơn giản chút nào vì tính phức tạp của các hệ thống sinh học. Cần phát triển ba nghiên cứu nền tảng phục vụ cho sinh học hệ thống. Một là công nghệ “nhập vật liệu - tốc độ cao”, những công cụ có thể phân tích các vật liệu sinh học một cách rất nhanh chóng và cho ra một lượng lớn số liệu. Các máy xác định trình tự DNA tự động đã xác định được trình tự hệ gene người có thể là ví dụ của loại công cụ này (xem **Hình 1.11**).



▲ **Hình 1.12 Bản đồ hệ thống các kiểu tương tác giữa các protein trong một tế bào.** Sơ đồ này đã xác định vị trí của 2.346 protein (các dấu chấm) và mạng lưới tương tác (các đường nối các protein) ở tế bào ruồi quả. Các nhà sinh học hệ thống xây dựng những mô hình như vậy từ cơ sở dữ liệu to lớn về các phân tử và các mối tương tác của chúng trong tế bào. Mục tiêu chính của cách tiếp cận hệ thống này là sử dụng mô hình để tiên đoán khi một yếu tố thay đổi, ví dụ tăng hoạt tính của một protein cụ thể, có thể ảnh hưởng dây chuyền ở mức phân tử trong toàn tế bào để gây ra những biến đổi khác như thế nào. Có lẽ, số lượng protein tổng số trong loại tế bào này khoảng từ 4.000 đến 7.000.

Thứ hai là **tin sinh học**, nghiên cứu sử dụng công cụ máy tính để lưu trữ, tổ chức và phân tích lượng số liệu vô cùng lớn thu được từ các phương pháp nhập vật liệu nghiên cứu. Nghiên cứu cơ bản thứ ba cần phát triển là hình thành các nhóm nghiên cứu liên ngành - tập hợp các chuyên gia đa dạng về ngành nghề, có thể gồm các nhà khoa học máy tính, các nhà toán học, hoá học, vật lý học và, tất nhiên, các nhà sinh học từ nhiều lĩnh vực khác nhau.

Chủ đề: Cơ chế liên hệ ngược điều hoà hoạt động của các hệ thống sinh học

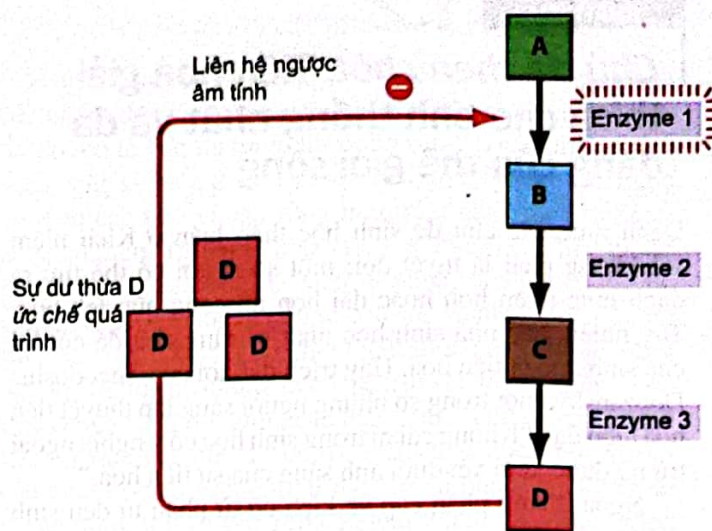
Lĩnh vực kinh tế học cung - cầu áp dụng được cho nhiều hệ thống sinh học. Ví dụ, hãy xem các cơ của bạn. Khi các cơ của bạn cần nhiều năng lượng hơn trong quá trình tập luyện, chúng tăng tiêu thụ các phân tử đường để cung cấp năng lượng. Ngược lại, khi bạn nghỉ ngơi, một loạt các phản ứng hoá học khác nhau chuyển hoá lượng đường dư thừa thành các phân tử dự trữ.

Giống như tất cả các quá trình hoá học của tế bào, các quá trình phân giải hoặc dự trữ đường được xúc tác bởi các protein chuyên hoá được gọi là các enzyme. Mỗi loại enzyme xúc tác cho một phản ứng hoá học đặc hiệu. Trong nhiều trường hợp, các phản ứng đó liên kết thành những con đường hoá học với mỗi bước có enzyme riêng. Tế bào điều hoà các con đường hoá học như thế nào? Trong ví dụ về việc quản lý đường, bằng cách nào tế bào điều khiển các con đường phân giải và tiêu thụ trái ngược nhau để đáp ứng nhu cầu đường? Chìa khoá là khả năng tự điều hoà nhiều quá trình sinh học bằng cơ chế liên hệ ngược.

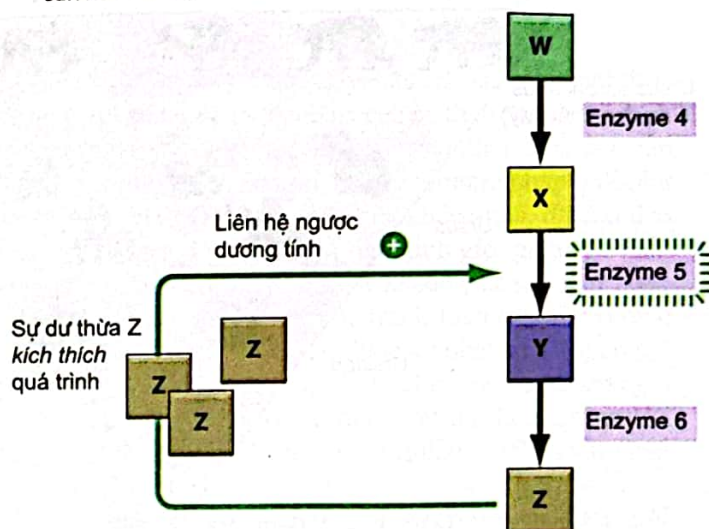
Trong sự điều hoà liên hệ ngược, đầu ra hoặc sản phẩm của quá trình điều hoà chính quá trình đó. Trong sự sống, hình thức điều hoà phổ biến nhất là **liên hệ ngược âm tính**, trong đó sự tích lũy sản phẩm cuối cùng của quá trình làm giảm tốc độ quá trình đó. Ví dụ, sự phân huỷ đường của tế bào sinh ra năng lượng hoá học ở dạng cơ chất là ATP. Khi tế bào sản sinh ATP nhiều hơn mức nó có thể sử dụng thì sự dư thừa ATP "liên hệ ngược" và ức chế enzyme ở gần giai đoạn đầu của con đường (Hình 1.13a).

Mặc dù ít phổ biến hơn so với các quá trình được điều hoà bằng liên hệ ngược âm tính, cũng có nhiều quá trình sinh học được điều hoà bằng **liên hệ ngược dương tính**, trong đó sản phẩm cuối cùng làm tăng tốc độ quá trình sản xuất (Hình 1.13b). Sự đông máu khi bị thương là một ví dụ. Khi mạch máu bị tổn thương, các cấu trúc trong máu được gọi là các tiểu cầu bắt đầu tập hợp tại vị trí đó. Mỗi liên hệ ngược dương tính diễn ra khi các chất hoá học do các tiểu cầu giải phóng ra hấp dẫn nhiều tiểu cầu khác. Sau đó các tiểu cầu bắt đầu một quá trình phức tạp hàn vết thương bằng các sợi máu.

Phương thức liên hệ ngược là phương thức điều hoà phổ biến đối với sự sống ở mọi cấp độ, từ phân tử đến hệ sinh thái và sinh quyển. Cách điều hoà như vậy là ví dụ về sự tích hợp làm cho hệ thống sống trở nên to lớn hơn rất nhiều so với cách cộng đơn thuần các thành phần của nó.



(a) **Liên hệ ngược.** Con đường hoá học ba giai đoạn này chuyển hoá chất A thành chất D. Mỗi enzyme đặc hiệu xúc tác một phản ứng hoá học. Sự tích lũy sản phẩm cuối cùng (D) ức chế enzyme đầu tiên trong chuỗi phản ứng, làm giảm quá trình sản xuất thêm D.



(b) **Liên hệ ngược dương tính.** Trong con đường hoá sinh học được điều hoà bằng cơ chế liên hệ ngược dương tính, sản phẩm kích thích enzyme trong phản ứng, làm tăng tốc độ sản sinh sản phẩm.

▲ Hình 1.13 Điều hoà bằng các cơ chế liên hệ ngược.

? Điều gì có thể xảy ra nếu mất enzyme 2?

KIỂM TRA KHÁI NIỆM 1.1

- Với mỗi mức độ tổ chức sinh học ở Hình 1.14, hãy viết một câu có chứa mức tổ chức "thấp hơn" nằm tiếp sau. Ví dụ: "quần xã bao gồm các *quần thể* của các loài khác nhau, sống trong một khu vực xác định".
- Chủ đề nào trong số các chủ đề trên được minh hoạ bằng (a) gai nhọn của loài nhím, (b) nhân dòng cây từ một tế bào đơn lẻ, và (c) con chim hút mật dùng đường để bay?
- ĐIỀU GÌ NẾU?** Với mỗi chủ đề thảo luận ở phần này, hãy lấy một ví dụ chưa được nhắc đến trong sách.

Câu trả lời có trong Phụ lục A.

Chủ đề then chốt: Tiến hoá giải thích cho tính thống nhất và đa dạng của thế giới sống

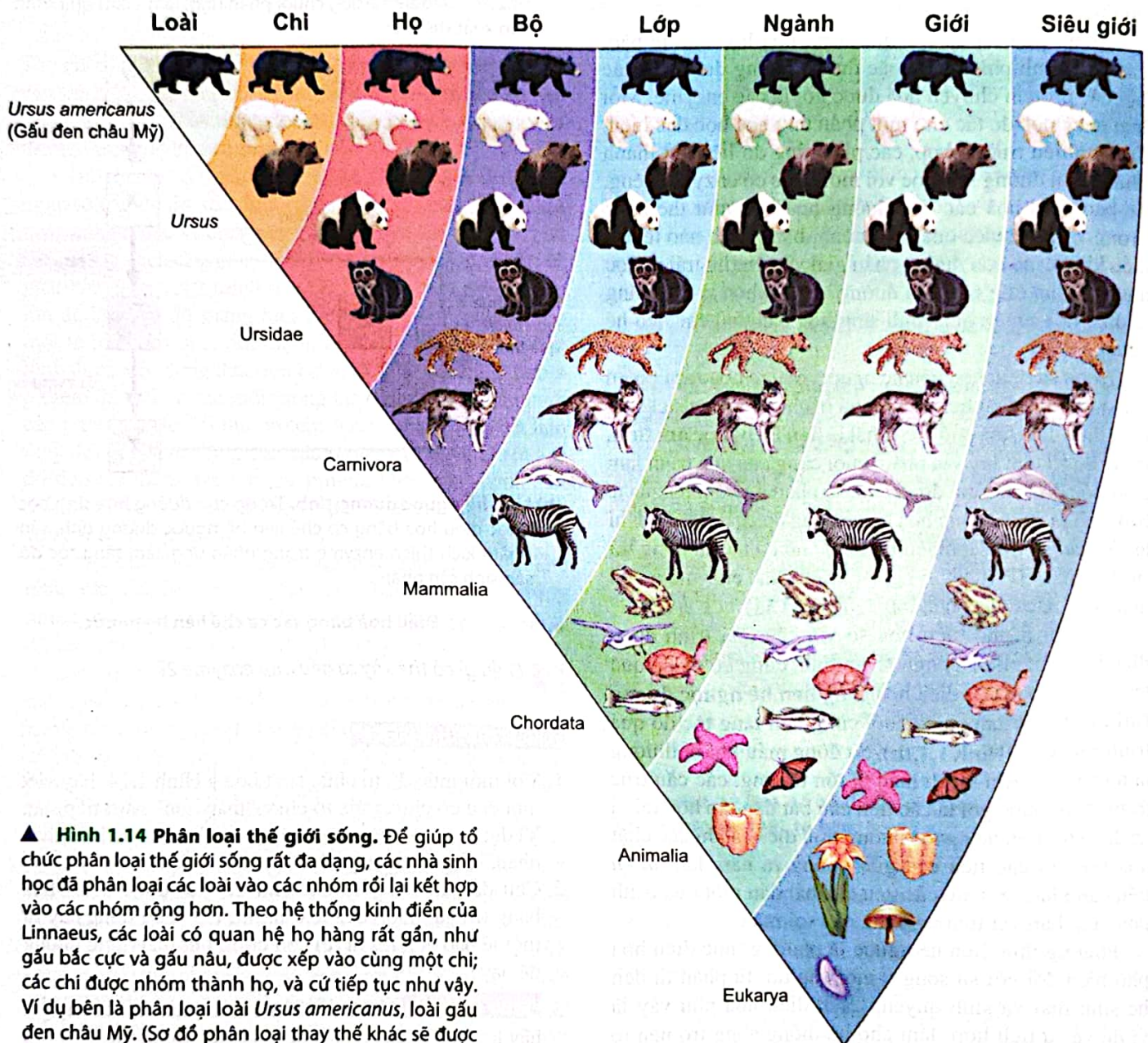
Danh mục các chủ đề sinh học thảo luận ở Khái niệm 1.1 không phải là tuyệt đối; một số người có thể tìm ra danh mục ngắn hơn hoặc dài hơn thì càng hữu ích hơn. Tuy nhiên, các nhà sinh học nhất trí rằng chủ đề cốt lõi của sinh học là tiến hoá. Hãy trích dẫn lời của Theodosius Dobzansky, một trong số những người sáng lập thuyết tiến hoá hiện đại, "Không cái gì trong sinh học có ý nghĩa ngoại trừ nó được xem xét dưới ánh sáng của sự tiến hoá."

Ngoài thang phân cấp về kích cỡ từ phân tử đến sinh quyển có tính bao trùm, sinh học còn nghiên cứu bao quát sự đa dạng to lớn của các loài đã từng sống trên Trái Đất.

Để hiểu được điều khẳng định của Dobzansky, chúng ta cần thảo luận xem các nhà sinh học nghĩ gì về tính đa dạng to lớn đó.

Phân loại thế giới sống

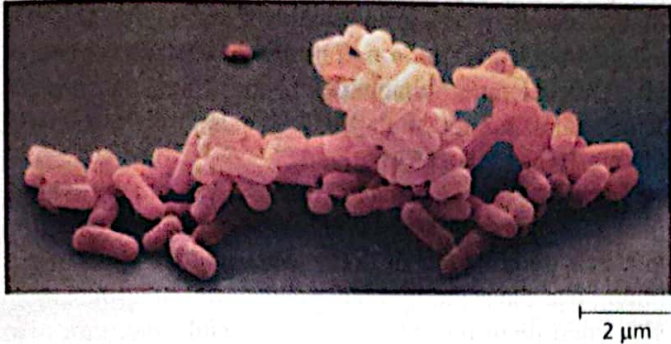
Tính đa dạng là đặc điểm nổi bật nhất của thế giới sống. Các nhà sinh học đã xác định và đặt tên cho khoảng hơn 1,8 triệu loài. Đến nay, các loài đã được biết bao gồm ít nhất là 6.300 loài sinh vật nhân sơ (sinh vật có cấu trúc tế bào nhân sơ), 100.000 loài nấm, 290.000 loài thực vật, 52.000 loài động vật có xương sống và 1 triệu loài côn trùng (chiếm hơn một nửa các dạng sống đã biết). Hằng năm, các nhà nghiên cứu còn xác định thêm hàng nghìn loài. Ước tính số loài là khoảng 10 đến hơn 100 triệu. Cho dù số lượng thật là bao nhiêu thì sự đa dạng to lớn của thế giới sống cũng cho sinh học một phạm vi nghiên cứu rộng lớn. Các nhà sinh học đang đối mặt với khó khăn to lớn để tìm hiểu tính đa dạng đó (Hình 1.14).



▲ **Hình 1.14 Phân loại thế giới sống.** Để giúp tổ chức phân loại thế giới sống rất đa dạng, các nhà sinh học đã phân loại các loài vào các nhóm rồi lại kết hợp vào các nhóm rộng hơn. Theo hệ thống kinh điển của Linnaeus, các loài có quan hệ họ hàng rất gần, như gấu bắc cực và gấu nâu, được xếp vào cùng một chi; các chi được nhóm thành họ, và cứ tiếp tục như vậy. Ví dụ bên là phân loại loài *Ursus americanus*, loài gấu đen châu Mỹ. (Sơ đồ phân loại thay thế khác sẽ được thảo luận chi tiết ở Chương 26.)

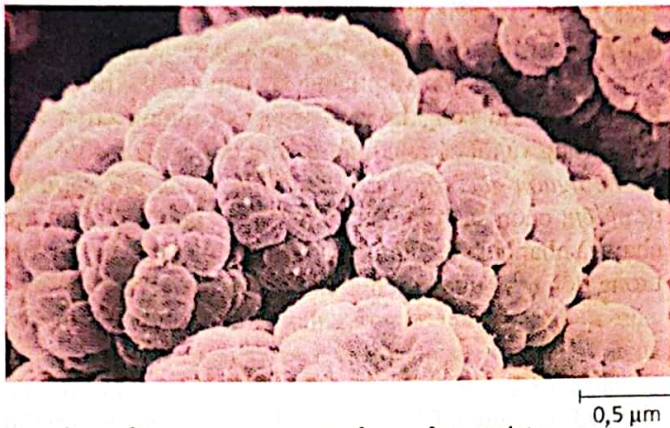
(a) SIÊU GIỚI BACTERIA (VI KHUẨN)

▼ **Vi khuẩn** là sinh vật nhân sơ đa dạng và phân bố rộng nhất và ngày nay được chia thành nhiều giới. Mỗi cấu trúc hình que ở bức ảnh này là một tế bào vi khuẩn.



(b) SIÊU GIỚI ARCHAEA (VI KHUẨN CỔ)

▼ Nhiều sinh vật nhân sơ được gọi **vi khuẩn cổ** sống trong những môi trường cực đoan của Trái Đất, như hồ muối và suối nước nóng. Siêu giới vi khuẩn cổ gồm nhiều giới. Ảnh cho thấy một khuẩn lạc gồm nhiều tế bào.

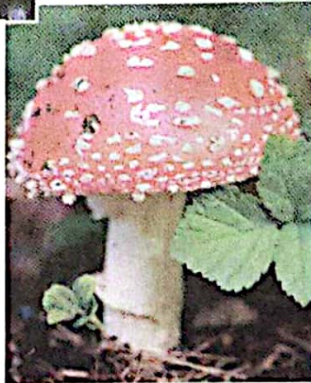


(c) SIÊU GIỚI EUKARYA (SINH VẬT NHÂN THỰC)



▲ **Protist** (gồm nhiều giới) là các sinh vật nhân thực đơn bào và sinh vật đa bào đơn giản có quan hệ họ hàng với chúng. Ảnh trên là các protist sống ở nước hồ. Gần đây, các nhà khoa học đang tranh cãi xếp protist vào giới nào để phản ánh đúng quan hệ tiến hoá của chúng.

▶ **Giới Nấm**, một phần được xác định bởi kiểu dinh dưỡng của các thành viên của nó, như loại nấm này hấp thụ các chất dinh dưỡng từ môi trường.



▲ **Giới Thực vật** gồm các sinh vật đa bào thực hiện quang hợp – quá trình chuyển hoá năng lượng ánh sáng thành năng lượng hoá học trong thức ăn.



▼ **Giới Động vật** gồm các sinh vật nhân thực đa bào ăn các sinh vật khác.

Nhóm các loài thành các nhóm: Ý tưởng cơ bản

Con người luôn có xu hướng nhóm những gì đa dạng thành các nhóm dựa vào những đặc điểm giống nhau của chúng. Ví dụ, có lẽ bạn đã từng nhóm bộ sưu tập các nhạc phẩm theo nghệ sĩ biểu diễn. Rồi sau đó bạn lại nhóm các nghệ sĩ theo các tiêu chuẩn rộng hơn, như nhạc rock, jazz và nhạc cổ điển. Tương tự như vậy, việc nhóm các loài giống nhau thành các nhóm là điều tự nhiên đối với chúng ta. Chúng ta có thể nói về những con sóc và những con bướm mặc dù chúng ta biết có nhiều loài thuộc mỗi nhóm động vật đó. Thậm chí, chúng ta có thể sắp xếp thành nhóm theo tiêu chuẩn rộng hơn, như các loài gặm nhấm (gồm cả sóc) và côn trùng (gồm cả bướm). Phân loại học, một ngành của sinh học làm nhiệm vụ đặt tên và phân loại các loài – xây dựng trật tự sắp xếp các loài thành các nhóm theo các chỉ tiêu rộng dần lên (xem Hình 1.14). Bạn sẽ được nghiên cứu sơ đồ phân loại này kỹ hơn ở Chương 26. Bây giờ, chúng ta tập trung vào giới và siêu giới – các đơn vị phân loại rộng nhất.

Ba siêu giới của thế giới sống

Cho đến vài thập kỷ trước đây, hầu hết các nhà sinh học đồng ý với sơ đồ phân loại chia các cơ thể sống thành năm giới: Thực vật, Động vật, Nấm, Sinh vật nhân thực đơn bào và Sinh vật nhân sơ. Sau đó, những phương pháp mới như so sánh trình tự DNA của các loài khác nhau, đã dẫn đến việc phải đánh giá lại các chỉ tiêu ranh giới giữa các giới. Các nhà nghiên cứu đã đề xuất khoảng từ sáu đến hàng tá các giới. Tuy nhiên, vì cuộc tranh luận tiếp tục ở mức độ giới nên cuối cùng đã đạt được sự nhất trí rằng có thể nhóm các giới thành ba cấp độ tổ chức cao hơn được gọi là siêu giới. Ba siêu giới đó được đặt tên là Bacteria (Vi khuẩn), Archaea (vi khuẩn cổ) và Eukarya (Sinh vật nhân thực) (Hình 1.15).

Các sinh vật trong siêu giới Archaea và siêu giới Bacteria đều là các sinh vật nhân sơ. Hầu hết các sinh vật nhân sơ là đơn bào và có kích thước hiển vi. Trong hệ thống phân loại năm giới, vi khuẩn và vi khuẩn cổ được

▲ Hình 1.15 Ba siêu giới của thế giới sống.

xếp vào cùng một giới vì chúng đều có cấu trúc tế bào nhân sơ. Tuy nhiên, ngày nay có nhiều bằng chứng ủng hộ quan điểm rằng vi khuẩn và vi khuẩn cổ là hai nhánh rất khác biệt của sinh vật nhân sơ; bạn sẽ được biết những khác biệt chính ở Chương 27. Cũng còn có bằng chứng chứng minh rằng, ít nhất thì vi khuẩn cổ cũng có quan hệ họ hàng gần gũi với các sinh vật nhân thực hơn là với vi khuẩn.

Ngày nay, tất cả các sinh vật nhân thực (sinh vật có cấu trúc tế bào nhân thực) được nhóm thành siêu giới Eukarya. Vào kỷ nguyên của sơ đồ phân loại năm giới, hầu hết các sinh vật nhân thực đơn bào, như nguyên sinh động vật, cùng được xếp vào giới "Protista" (giới Nguyên sinh). Nhiều nhà sinh học còn mở rộng ranh giới của giới Protista gồm cả một số dạng sống đa bào, như tảo biển có quan hệ họ hàng gần gũi với một số protist đơn bào. Xu hướng phân loại gần đây là phân nhỏ protista thành một vài giới. Ngoài các nhóm sinh vật nguyên sinh (protist), siêu giới Eukarya còn bao gồm ba giới sinh vật nhân thực đa bào: các giới Thực vật, Nấm và Động vật. Ba giới này phân biệt nhau, một phần, bởi phương thức dinh dưỡng của chúng. Thực vật tự sản sinh ra đường và các thức ăn khác bằng cách quang hợp. Nấm hấp thụ các chất dinh dưỡng hoà tan từ môi trường xung quanh; nhiều loại nấm phân huỷ các sinh vật chết và các chất thải hữu cơ (như lá rụng và phân động vật) rồi hấp thụ các chất dinh dưỡng từ các nguồn đó. Động vật lấy thức ăn bằng cách tiêu hoá – ăn vào và phân huỷ các sinh vật khác. Tất nhiên, chúng ta cũng thuộc giới Động vật.

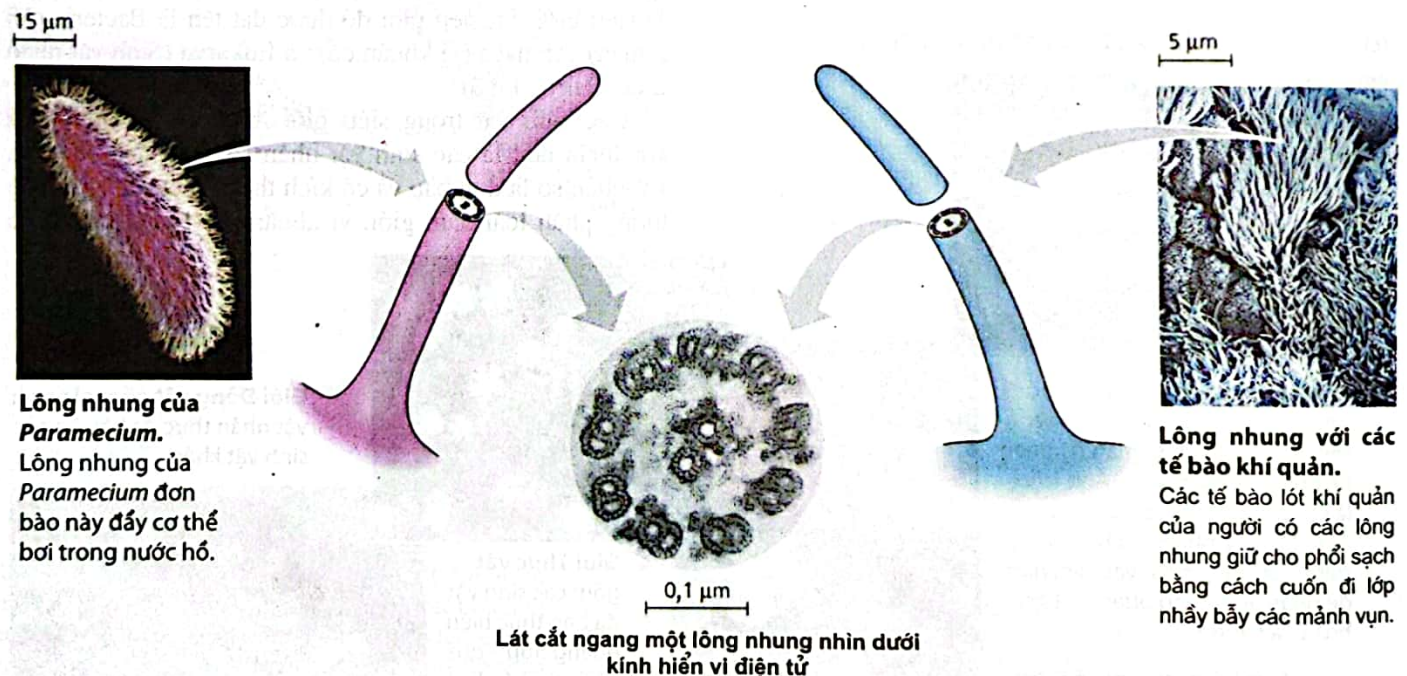
Tính thống nhất trong đa dạng của thế giới sống

Tuy thế giới sống rất đa dạng nhưng cũng có tính thống nhất rõ rệt. Ở phần trên, chúng ta đã nhắc đến bộ xương giống nhau của các động vật có xương sống, tuy nhiên, những đặc điểm giống nhau còn rõ hơn ở mức độ tế bào và phân tử. Ví dụ, ngôn ngữ di truyền của DNA là chung cho các sinh vật rất khác nhau, như vi khuẩn và động vật. Nhiều bằng chứng về tính thống nhất còn thấy ở nhiều đặc điểm cấu tạo tế bào (**Hình 1.16**).

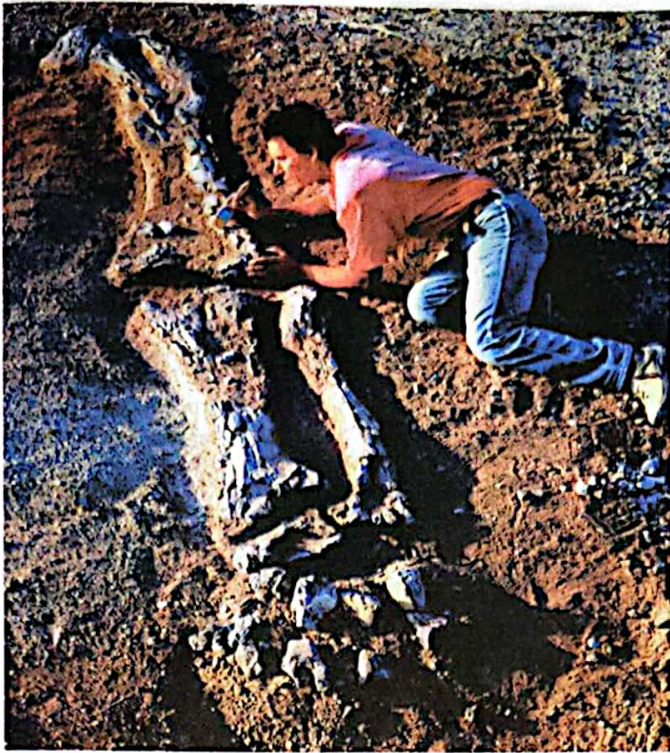
Chúng ta có thể giải thích bản chất hai mặt là tính thống nhất và đa dạng của thế giới sống như thế nào? Quá trình tiến hoá được diễn giải ở các phần sau sẽ minh hoạ cả những đặc điểm giống, khác nhau trong thế giới sống và giới thiệu thêm một chiều khác của sinh học: thời điểm lịch sử.

Charles Darwin và thuyết chọn lọc tự nhiên

Lịch sử sự sống được chứng minh bằng hoá thạch và các bằng chứng khác là thiên tiểu thuyết về sự biến đổi của Trái Đất với vô vàn dạng sống luôn tiến hoá trải qua hàng tỷ năm (**Hình 1.17**). Quan điểm tiến hoá về thế giới sống càng được chú ý hơn vào tháng 11 năm 1859, khi Charles Robert Darwin công bố một trong số những cuốn sách quan trọng và rất có ảnh hưởng từng được viết ra. Với tiêu đề *Về nguồn gốc các loài được hình thành bởi chọn lọc tự nhiên*, cuốn sách của Darwin đã là cuốn sách bán chạy và nhanh chóng làm cho "Chủ nghĩa Darwin" trở nên tương đồng với quan điểm tiến hoá (**Hình 1.18**).



▲ **Hình 1.16** Một ví dụ về tính thống nhất trong đa dạng của thế giới sống: cấu trúc của lông nhung ở sinh vật nhân thực. Lông nhung là phần kéo dài của tế bào có chức năng chuyển động. Chúng có ở nhiều sinh vật nhân thực như Paramecium và người. Thậm chí các sinh vật rất khác nhau cũng có lông nhung có cấu trúc giống nhau, đều có hệ thống ống tinh vi rất ấn tượng như thấy trên ảnh lát cắt ngang của lông nhung.

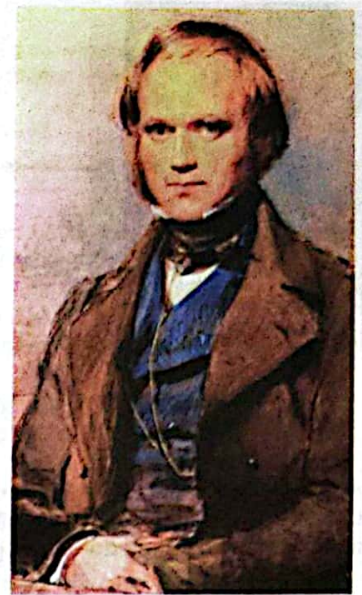


▲ **Hình 1.17** Đào bới vào quá khứ. Nhà Cổ sinh học Paul Sereno, Trường Đại học Tổng hợp Chicago thận trọng khai quật xương chân khủng long ở Niger.

Nguồn gốc các loài chỉ rõ hai luận điểm chính. Thứ nhất, Darwin đưa ra các bằng chứng ủng hộ cho quan điểm của ông rằng, các loài ngày nay xuất hiện từ sự kế tiếp nhau của các dạng tổ tiên. (Chúng ta sẽ thảo luận các bằng chứng tiến hoá một cách chi tiết ở Chương 22). Darwin gọi đó là lịch sử tiến hoá của các loài “hậu duệ có biến đổi”. Đó là câu nói sáng suốt vì nó phản ánh được tính hai mặt là tính thống nhất và tính đa dạng của sự sống – tính thống nhất trong quan hệ họ hàng giữa các loài là do hậu duệ (con cháu) được bắt nguồn từ những tổ tiên chung;

tính đa dạng do có sự biến đổi được tiến hoá khi các loài phân nhánh từ những tổ tiên chung (**Hình 1.19**). Luận điểm lớn thứ hai của Darwin là đưa ra cơ chế hậu duệ có biến đổi. Ông gọi đó là cơ chế tiến hoá bởi chọn lọc tự nhiên.

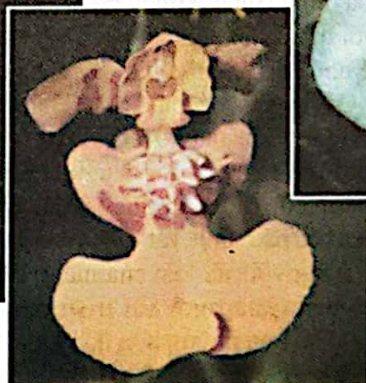
Darwin tổng hợp thành thuyết về chọn lọc tự nhiên của ông từ những quan sát mà tự chúng chẳng có gì mới hoặc chẳng có gì là sâu sắc. Những người khác đã biết được một số manh mối khác nhau về các vấn đề khó hiểu của tiến hoá nhưng Darwin lại biết lấp ghép các manh mối này với nhau ra sao. Ông bắt



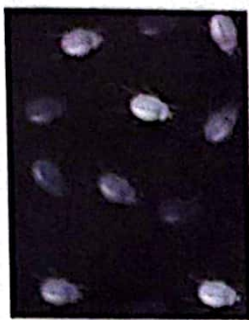
▲ **Hình 1.18** Charles Darwin thời trẻ.

dầu bằng quan sát sau đây từ tự nhiên: Các cá thể trong quần thể có nhiều đặc điểm khác nhau, có khả năng di truyền được (truyền từ bố mẹ đến con cái). Ngoài ra, quần thể có khả năng sinh ra số con nhiều hơn nhiều so với số có thể sống sót và sinh sản tiếp. Với số cá thể nhiều hơn những gì môi trường có khả năng cung cấp nên sự cạnh tranh là không thể tránh khỏi. Cuối cùng, nói chung, các loài đều thích ứng với môi trường sống của chúng. Ví dụ, những con chim sống nơi các hạt cứng là nguồn thức ăn chính có thể có mỏ rất khoẻ.

Darwin đã rút ra các kết luận từ các quan sát đó để đi đến thuyết tiến hoá của mình. Ông cho rằng, những cá thể với những tính trạng di truyền thích hợp nhất với môi trường cụ thể sẽ có khả năng sống sót cao hơn và sinh sản nhiều hơn so với những cá thể kém thích nghi. Qua nhiều thế hệ, tỷ lệ các cá thể có những tính trạng có lợi ngày một tăng dần trong quần thể.



▲ **Hình 1.19** Tính thống nhất và đa dạng ở họ Hoa phong lan. Ba loại hoa phong lan rừng mưa này là biến thể của một dạng hoa chung. Ví dụ, mỗi hoa đều có cánh hoa hình môi để hấp dẫn các côn trùng thụ phấn và làm bến đậu cho chúng.



① Quần thể với những đặc điểm di truyền khác nhau.



② Đào thải những cá thể mang những đặc điểm nhất định.



③ Các cá thể sống sót sinh sản.



④ Tần số các đặc điểm giúp tăng cường khả năng sống sót và sự thành đạt sinh sản.

▲ **Hình 1.20 Chọn lọc tự nhiên.** Quần thể bọ cánh cứng giả định này sống ở nơi đất có màu đen do tro bụi của trận hoả hoạn gần đây. Đầu tiên, các cá thể của quần thể được di truyền nhiều màu sắc khác nhau, từ màu xám nhạt đến màu đen than. Những con chim ăn bọ cánh cứng đang đói dễ dàng nhận ra những con có màu nhạt.

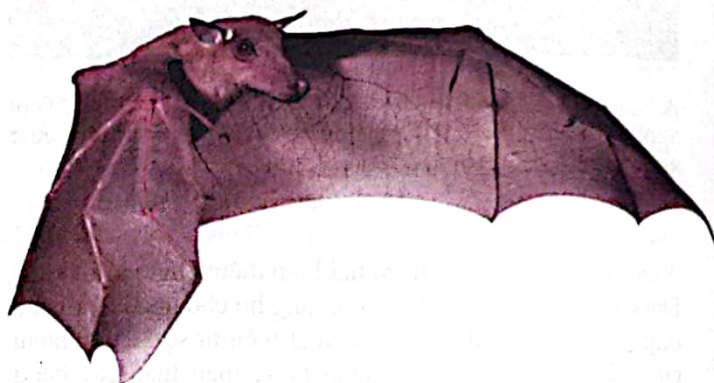
Tiến hoá diễn ra khi có sự thành đạt sinh sản không giống nhau giữa các cá thể, giúp cho quần thể thích nghi với môi trường.

Darwin gọi cơ chế thích nghi tiến hoá này là “chọn lọc tự nhiên” vì môi trường tự nhiên “chọn lọc” để nhân lên những đặc điểm nhất định. Ví dụ trên **Hình 1.20** minh hoạ khả năng chọn lọc tự nhiên “loại bỏ” lại những biến dị di truyền về màu sắc của quần thể. Chúng ta cũng thấy các sản phẩm của chọn lọc tự nhiên trong những cách thích nghi cực kỳ tinh tế về cách sống phù hợp với môi trường của những sinh vật khác nhau trong những hoàn cảnh đặc biệt (**Hình 1.21**).

Cây tiến hoá

Hãy xem cấu trúc xương cánh dơi trên **Hình 1.21** theo cách khác. Những chiếc cánh đó, dù thích nghi để bay, thực sự cũng có các xương, khớp, dây thần kinh và mạch máu như ở chân tay của các sinh vật khác như tay người, chân trước của ngựa và chân chèo của cá voi. Quả thực, chi trước của động vật có vú là biến dị giải phẫu của một bản thiết kế chung giống như những bông hoa trên **Hình 1.19** là biến dị của “loài hoa phong lan”. Những ví dụ về các mối quan hệ họ hàng như vậy minh chứng cho tính thống nhất trong sự đa dạng của sự sống, đưa Darwin đến quan điểm về hậu duệ có biến đổi. Theo quan điểm đó, tính thống nhất về giải phẫu chi động vật có vú phản ánh sự di truyền của cấu trúc từ tổ tiên – động vật có vú “đầu tiên”, từ đó sinh ra các động vật có vú khác. Sự đa dạng về chi trước của động vật có vú là do chọn lọc tự nhiên, hoạt động qua nhiều triệu thế hệ trong những hoàn cảnh môi trường khác nhau làm biến đổi nó. Hoá thạch và các bằng chứng khác chứng minh cho tính thống nhất về giải phẫu, ủng hộ cho quan điểm về tổ tiên chung của các động vật có vú.

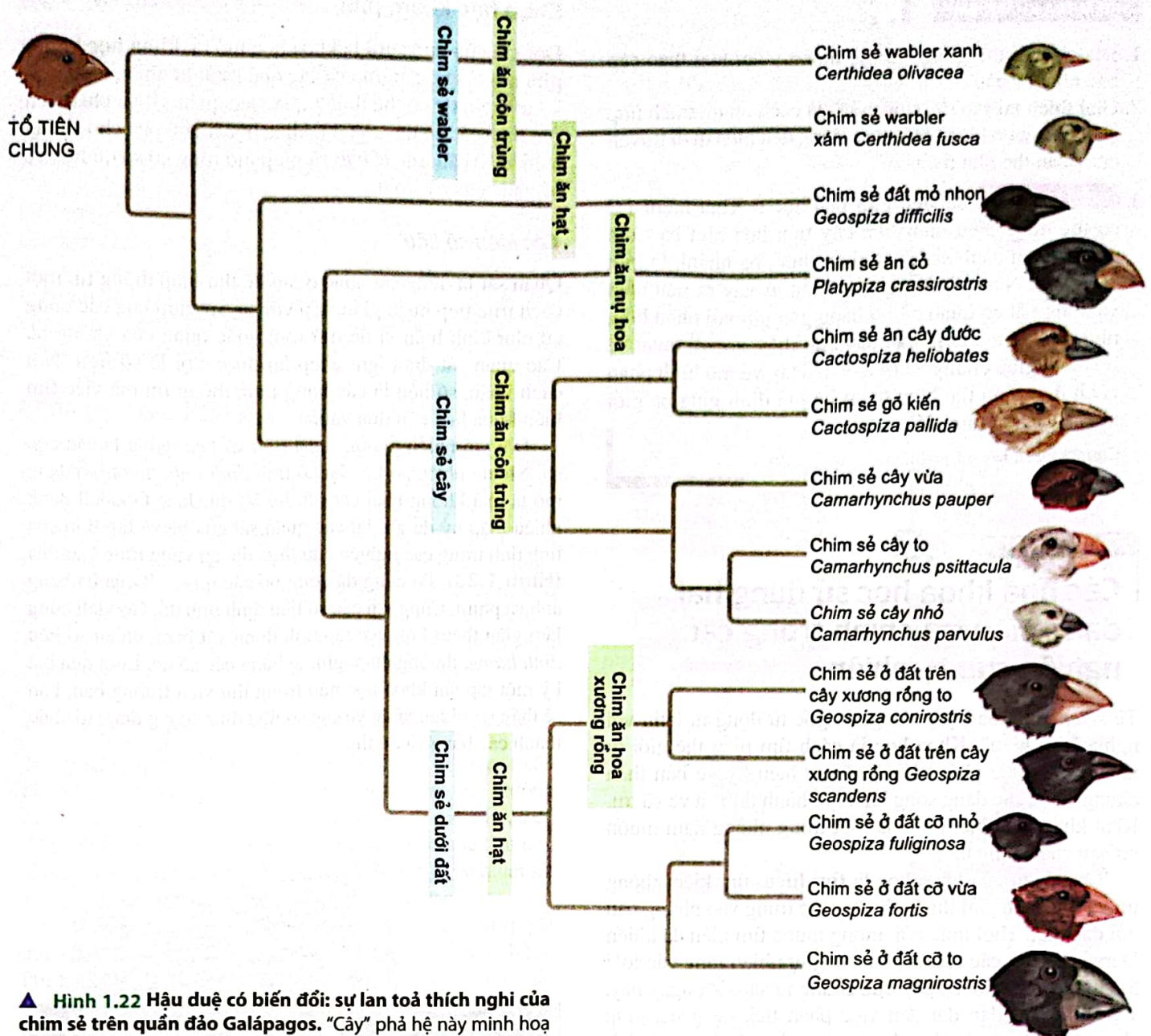
Darwin cho rằng, chọn lọc tự nhiên, nhờ hiệu ứng tích lũy qua thời gian dài có thể làm cho loài tổ tiên sinh ra hai hoặc nhiều loài con cháu. Ví dụ, điều đó có thể xảy ra nếu một quần thể bị phân nhỏ thành vài quần thể nhỏ hơn, bị



▲ **Hình 1.21 Thích nghi tiến hoá.** Dơi, loài động vật có vú duy nhất có khả năng bay rất khoẻ, cơ cánh là những màng mỏng nằm giữa những “ngón tay” dài ra. Theo quan điểm về sự sống của Darwin, những kiểu thích nghi như vậy là do chọn lọc tự nhiên.

cách ly trong những môi trường khác nhau. Trong những khu vực hoạt động tách biệt đó của chọn lọc tự nhiên, một loài có thể dần lan toả thành nhiều loài vì các quần thể cách ly địa lý, qua nhiều thế hệ, đã thích nghi với một tập hợp các yếu tố môi trường khác nhau.

“Cây phả hệ” của 14 loài chim sẻ trên **Hình 1.22** minh hoạ một ví dụ nổi tiếng về sự lan toả thích nghi của các loài mới từ một tổ tiên chung. Darwin đã thu thập các mẫu vật về những con chim này trong chuyến thăm quần đảo cách ly Galápagos, cách bờ biển Thái Bình Dương của Nam Mỹ 900 km, vào năm 1835. Đây là quần đảo núi lửa tương đối trẻ, là quê hương của nhiều loài động vật và thực vật không còn được tìm thấy ở đâu khác trên thế giới, mặc dù hầu hết các sinh vật của Galápagos, rõ ràng có quan hệ họ hàng với các loài của lục địa Nam Mỹ. Sau khi núi lửa tạo nên Galápagos vài triệu năm trước, có lẽ những con chim sẻ trên những hòn đảo khác nhau trở nên đa dạng bắt nguồn từ loài chim sẻ tổ tiên tình cờ bay đến quần đảo này từ đâu đó.



▲ **Hình 1.22 Hậu duệ có biến đổi: sự lan toả thích nghi của chim sẻ trên quần đảo Galápagos.** “Cây” phả hệ này minh hoạ mô hình được xây dựng gần đây cho thấy sự tiến hoá của chim sẻ trên quần đảo Galápagos. Hãy chú ý đến hình dạng mỏ khác nhau để thích nghi với nguồn thức ăn trên các hòn đảo khác nhau.

(Trước đây người ta cho rằng chúng bắt nguồn từ lục địa Nam Mỹ giống như nhiều sinh vật khác trên quần đảo Galápagos, nhưng ngày nay người ta cho rằng chúng đến từ các đảo của Carribe). Nhiều năm sau khi có bộ sưu tập chim sẻ quần đảo Galápagos của Darwin, các nhà nghiên cứu bắt đầu phân loại các mối quan hệ giữa các loài chim sẻ, lúc đầu là từ các số liệu giải phẫu và địa lý, và gần đây hơn là so sánh trình tự DNA.

Sơ đồ về quan hệ tiến hoá của các nhà sinh học, nói chung, đều có dạng hình cây cho dù ngày nay các nhà sinh học thường quay các cây theo cách như trên Hình 1.22. Các sơ đồ hình cây sẽ trở nên dễ hiểu khi chúng ta thấy mỗi người đều có một dòng họ có thể diễn tả bằng một sơ đồ phả hệ, mỗi loài sinh vật cũng chính là một nhánh của cây tiến hoá ngày càng mở rộng theo thời gian thông qua các tổ tiên chung. Những loài rất giống nhau, như những

loài chim sẻ của quần đảo Galápagos, sẽ có tổ tiên chung ở nhánh tương đối gần nhất trên cây tiến hoá. Nhưng dò theo tổ tiên sống cách đây khá xa thì chim sẻ có quan hệ họ hàng với chim sẻ cổ, điều hâu, chim cánh cụt và các loài chim khác. Và chim, động vật có vú cùng tất cả các động vật có xương sống khác lại có cùng tổ tiên chung cổ hơn nữa. Chúng ta còn có thể tìm thấy bằng chứng về mối quan hệ còn rộng hơn về các đặc điểm giống nhau như vậy, như cấu trúc tương tự nhau của các lông nhưng ở tất cả các sinh vật nhân thực (xem Hình 1.16). Quay ngược lại đủ xa thì chỉ thấy hoá thạch của các sinh vật nhân sơ nguyên thủy đã sống trên Trái Đất cách đây hơn 3,5 tỷ năm. Chúng ta có thể nhận ra dấu vết của nó trong chính tế bào của chúng ta – ví dụ, trong mã di truyền. Mọi dạng sống được kết nối thông qua lịch sử tiến hoá lâu dài của nó.

- Địa chỉ gửi thư giống với hệ thống phân loại theo cấp bậc như thế nào?
- Giải thích tại sao từ "sử chữa" là cách ẩn dụ thích hợp cho thấy chọn lọc tự nhiên tác động đến biến dị di truyền của quần thể như thế nào?
- ĐIỀU GÌ NẾU?** Ba siêu giới bạn học ở Khái niệm 1.2 có thể được biểu diễn trên cây tiến hoá như ba cành chính. Trên cành sinh vật nhân thực, ba nhánh là giới Thực vật, Nấm và Động vật. Điều gì xảy ra nếu nấm và động vật có quan hệ họ hàng gần gũi với nhau hơn, như các bằng chứng gần đây cho thấy, so với quan hệ họ hàng giữa chúng và thực vật? Hãy vẽ mô hình phân cành đơn giản thể hiện quan hệ giả định giữa ba giới sinh vật nhân thực đó.

Câu trả lời có trong Phụ lục A.

Các nhà khoa học sử dụng hai dạng điều tra chính trong các nghiên cứu tự nhiên

Từ *science* (khoa học) có nguồn gốc từ động từ latin với nghĩa "tìm hiểu". Khoa học là cách tìm hiểu thế giới tự nhiên. Nó được phát triển là do sự hiếu kỳ về bản thân chúng ta, về các dạng sống khác, về hành tinh và về vũ trụ. Khát khao hiểu biết có lẽ là một trong những ham muốn cơ bản của chúng ta.

Tâm điểm của khoa học là **tìm hiểu**, tìm kiếm thông tin và tìm cách giải thích, thường tập trung vào những câu hỏi đặc biệt. Thói thúc bởi mong muốn tìm hiểu đã khiến Darwin đi tìm các câu trả lời trong tự nhiên rằng các loài thích nghi với môi trường của chúng ra sao. Và ngày nay, việc tìm hiểu dẫn dắt đến việc phân tích hệ gene, giúp chúng ta hiểu được tính thống nhất và tính đa dạng sinh học ở mức độ phân tử. Thực tế, ý thức tìm hiểu là động lực điều khiển mọi tiến bộ trong sinh học.

Không có công thức chung để tìm hiểu khoa học thành công, không có phương pháp khoa học duy nhất với cuốn sách hướng dẫn bắt các nhà nghiên cứu phải tuân theo một cách cứng nhắc. Như trong mọi cuộc tìm kiếm, khoa học, bên cạnh việc lập kế hoạch tỷ mỉ, suy luận, sáng tạo, hợp tác, cạnh tranh, kiên nhẫn và kiên định vượt qua thất bại, cũng bao gồm các yếu tố thách thức, mạo hiểm và may mắn. Các yếu tố đa dạng đó của việc điều tra làm cho khoa học ít có tính chặt chẽ hơn nhiều người nghĩ. Có thể lọc ra những đặc tính nhất định để giúp phân biệt khoa học với các cách mô tả và giải thích tự nhiên khác.

Các nhà khoa học sử dụng hai dạng tìm hiểu khoa học chính: khoa học khám phá và khoa học dựa trên các giả thuyết. Khoa học khám phá chủ yếu là *mô tả* tự nhiên. Khoa học dựa trên giả thuyết chủ yếu là *giải thích* tự nhiên. Hầu hết các điều tra khoa học đều kết hợp hai cách tiếp cận nghiên cứu này.

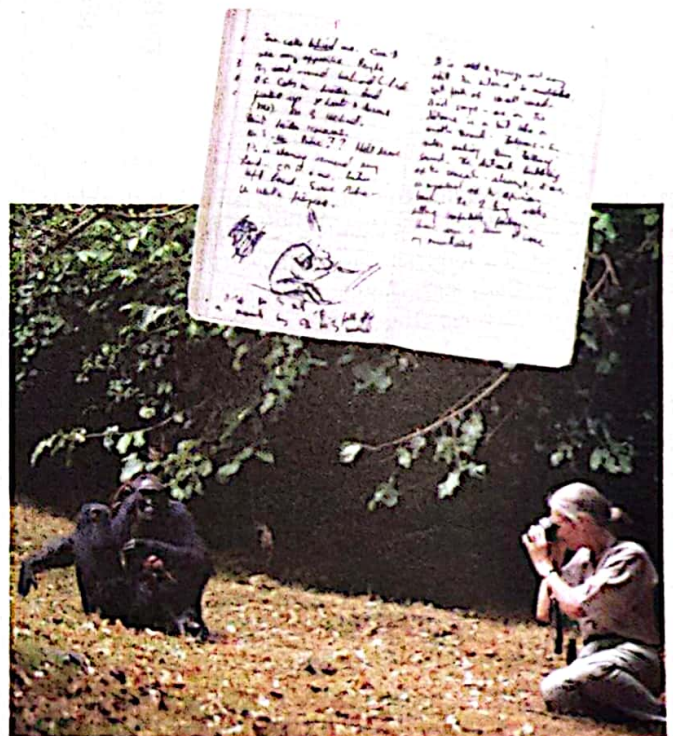
Khoa học khám phá

Đôi khi còn được gọi là khoa học mô tả, **khoa học khám phá** mô tả các cấu trúc và các quá trình tự nhiên một cách kỹ lưỡng nhất có thể thông qua việc quan sát và phân tích cẩn thận các số liệu. Ví dụ, khoa học khám phá cho chúng ta hiểu về cấu trúc tế bào và giúp mở rộng cơ sở dữ liệu về hệ gene của các loài.

Các kiểu số liệu

Quan sát là dùng các giác quan để thu thập thông tin một cách trực tiếp hoặc gián tiếp với sự trợ giúp của các công cụ như kính hiển vi để mở rộng giác quan của chúng ta. Các quan sát được ghi chép lại được gọi là **số liệu**. Nói cách khác, số liệu là các hạng mục thông tin mà việc tìm hiểu khoa học cần dựa vào.

Đối với nhiều người, thuật ngữ *số liệu* nghĩa là các con số. Nhưng nhiều số liệu lại có tính *định tính*, thường ở dạng mô tả chứ không phải các số đo. Ví dụ, Jane Goodall dành nhiều thập kỷ để ghi lại các quan sát của bà về tập tính của tinh tinh trong các nghiên cứu thực địa tại vùng rừng Gambia (**Hình 1.23**). Bà cũng đã công bố các quan sát của bà bằng ảnh và phim. Cùng với các số liệu định tính đó, Goodall cũng làm giàu thêm lĩnh vực tập tính động vật bằng nhiều số liệu *định lượng*, thường được ghi lại bằng các số đo. Lướt qua bất kỳ một tạp chí khoa học nào trong thư viện trường bạn, bạn sẽ thấy rất nhiều ví dụ về các số liệu định lượng được tổ chức thành các bảng và đồ thị.



▲ **Hình 1.23** Jane Goodall thu thập các số liệu định tính về tập tính của tinh tinh. Goodall ghi chép các quan sát của bà vào sổ tay thực địa, thường kèm theo các bức phác hoạ về tập tính của con vật.

Phép quy nạp trong khoa học khám phá

Khoa học khám phá có thể dẫn đến những kết luận quan trọng dựa trên cách tư duy logic được gọi là phép quy nạp hay **lập luận quy nạp**. Thông qua quy nạp, chúng ta rút ra những điểm chung từ số lượng lớn các quan sát. "Mặt Trời luôn mọc ở phương đông" là một ví dụ. Hoặc "Mọi sinh vật đều được cấu tạo từ các tế bào". Điểm khái quát này còn là một phần của thuyết tế bào được xây dựng dựa trên những khám phá qua hai thế kỷ về tế bào của các nhà sinh học trên rất nhiều mẫu vật khác nhau dưới kính hiển vi. Những quan sát kỹ lưỡng và phân tích các số liệu cùng với việc khái quát hoá bằng quy nạp là nền tảng cho những hiểu biết của chúng ta về tự nhiên.

Khoa học dựa trên giả thuyết

Những quan sát và suy luận từ khoa học khám phá kích thích chúng ta tìm kiếm nguyên nhân và cách giải thích cho những quan sát đó. Cái gì đã *gây nên* sự đa dạng của chim sẻ trên quần đảo Galápagos? Cái gì *làm cho* rễ của cây non mọc xuống đất còn cành mang lá lại mọc lên trên? Cái gì *giải thích* cho kết luận rằng Mặt Trời luôn mọc ở phương đông? Trong khoa học, cách tìm hiểu như vậy thường bao gồm việc đưa ra giả thuyết và kiểm định cách giải thích giả thuyết – đó chính là các giả thuyết.

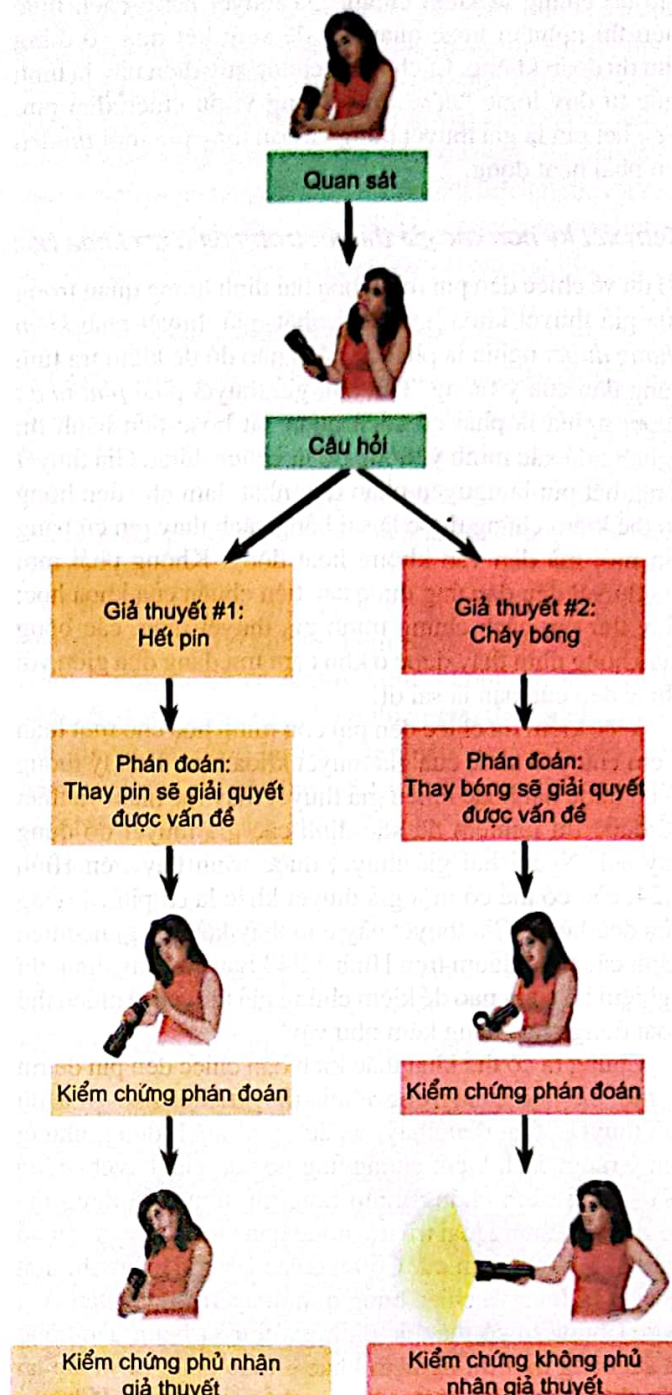
Vai trò của các giả thuyết trong tìm hiểu khoa học

Trong khoa học, giả thuyết là câu trả lời thử cho một câu hỏi đã xác định rõ – cách giải thích thử nghiệm. Đó thường là cách phỏng đoán dựa trên kinh nghiệm và các số liệu có được từ khoa học khám phá. Giả thuyết khoa học dẫn đến những tiên đoán có thể kiểm chứng được bằng các quan sát bổ sung hoặc bằng cách tiến hành thí nghiệm.

Tất cả chúng ta đều sử dụng giả thuyết để giải quyết các vấn đề hàng ngày. Ví dụ, chiếc đèn pin của bạn bị hỏng khi bạn đang cắm trại. Đó là quan sát. Câu hỏi rõ ràng là: Tại sao chiếc đèn pin lại hỏng? Hai giả thuyết có lý dựa trên kinh nghiệm của bạn là: (1) hết pin hoặc (2) bóng đèn bị cháy. Mỗi giả thuyết đó đều dẫn đến tiên đoán mà bạn có thể kiểm chứng bằng thí nghiệm được. Ví dụ, giả thuyết hết pin cho ta tiên đoán rằng, thay pin sẽ giải quyết được vấn đề. **Hình 1.24** sơ đồ hoá cách khám phá đó. Tất nhiên, chúng ta ít khi bỏ xê quá trình suy nghĩ của chúng ta khi chúng ta giải quyết vấn đề bằng cách dùng giả thuyết, tiên đoán và thí nghiệm. Nhưng, giả thuyết khoa học, rõ ràng có nguồn gốc từ xu hướng con người muốn làm rõ mọi thứ bằng cách thử đúng sai.

Suy diễn: Logic "Nếu...thì" của giả thuyết khoa học

Một kiểu logic được gọi là suy diễn (diễn dịch) thường được dùng trong khoa học dựa trên giả thuyết. Suy diễn ngược lại với quy nạp, hãy nhớ lại, quy nạp là cách lý giải để tìm ra kết luận chung từ một tập hợp các quan sát. Trong **cách lý giải suy diễn**, tư duy logic đi theo hướng ngược lại, từ chung đến riêng.



▲ Hình 1.24 Ví dụ về tìm hiểu dựa trên giả thuyết.

Từ những tiền đề chung, chúng ta suy ra những kết quả riêng mà chúng ta hy vọng có được nếu các tiền đề là đúng. Nếu mọi sinh vật đều được cấu tạo từ tế bào (tiền đề 1) và con người cũng là sinh vật (tiền đề 2) thì con người cũng được cấu tạo từ tế bào (phán đoán suy luận cho một trường hợp cụ thể).

Trong khoa học dựa trên giả thuyết, suy diễn thường ở dạng tiên đoán về kết quả thí nghiệm hoặc quan sát sẽ được tìm thấy nếu một giả thuyết cụ thể (tiền đề) đúng.

Sau đó chúng ta kiểm chứng giả thuyết bằng cách thực hiện thí nghiệm hoặc quan sát để xem kết quả có đúng như dự đoán không. Cách kiểm chứng suy diễn này là hình thức tư duy logic “nếu...thì”. Trong ví dụ chiếc đèn pin: Nếu hết pin là giả thuyết đúng và bạn thay pin mới thì đèn pin phải hoạt động.

Xem xét kỹ hơn các giả thuyết trong điều tra khoa học

Ví dụ về chiếc đèn pin minh họa hai định lượng quan trọng của giả thuyết khoa học. Thứ nhất, giả thuyết phải *kiểm chứng được*; nghĩa là phải có cách nào đó để kiểm tra tính đúng đắn của ý tưởng. Thứ hai, giả thuyết phải *phủ nhận được*; nghĩa là phải có cách quan sát hoặc tiến hành thí nghiệm để xác minh ý tưởng đó là *không* đúng. Giả thuyết rằng, hết pin là nguyên nhân duy nhất làm cho đèn hồng có thể kiểm chứng được là sai bằng cách thay pin cũ bằng pin mới mà đèn vẫn không hoạt động. Không phải mọi giả thuyết đều đáp ứng được các tiêu chuẩn của khoa học: Hãy thử tìm cách chứng minh giả thuyết rằng, các bóng ma không nhìn thấy được ở khu cắm trại đang đùa giỡn với chiếc đèn của bạn là sai đi!

Việc kiểm tra chiếc đèn pin còn minh họa cho một luận điểm chủ yếu khác của giả thuyết khoa học. Thật lý tưởng là có được hai hoặc nhiều giả thuyết thay thế nhau và thiết kế được thí nghiệm để xác định các giả thuyết đó đúng hay sai. Ngoài hai giả thuyết được trình bày trên Hình 1.24, còn có thể có một giả thuyết khác là cả pin và bóng đèn đều hỏng. Giả thuyết này cho thấy kết quả gì nếu tiến hành các thí nghiệm trên Hình 1.24? Bạn cần xây dựng thí nghiệm bổ sung nào để kiểm chứng giả thuyết về nhiều thứ hoạt động chức năng kém như vậy?

Chúng ta có thể khai thác kịch bản chiếc đèn pin để rút ra một bài học quan trọng về giả thuyết khoa học. Mặc dù giả thuyết bóng đèn cháy là cách giải thích đúng, nhưng lưu ý rằng, cách kiểm chứng ủng hộ cho giả thuyết *không phải* bằng cách chứng minh rằng giả thuyết là đúng mà bằng cách không loại trừ nó thông qua việc chứng minh nó sai là không có căn cứ. Có lẽ, chiếc bóng đèn cũ chỉ đơn giản là bị lỏng và chiếc bóng mới thay vào được vặn chặt hơn. Chúng ta có thể xác định giả thuyết bóng đèn hỏng là sai bằng một thí nghiệm khác – tháo bóng ra và lắp lại cẩn thận hơn. Tuy nhiên, không thể có được đủ số lượng thí nghiệm kiểm chứng để đảm bảo rằng giả thuyết không còn bị nghi ngờ bởi vì không thể kiểm chứng được tất cả các giả thuyết thay thế khác. Một giả thuyết giành được sự tin cậy nhờ vượt qua được những cố gắng chứng minh nó là không sai, trong khi sự kiểm chứng loại đi những giả thuyết thay thế khác.

Tính linh hoạt của phương pháp khoa học

Ví dụ về chiếc đèn pin trên Hình 1.24 chỉ ra một quá trình điều tra được lý tưởng hoá được gọi là *phương pháp khoa học*. Chúng ta có thể nhận ra các yếu tố của quá trình này trong hầu hết các bài báo mà các nhà khoa học công bố, tuy nhiên, hiếm khi nó ở dạng kết cấu chặt. Rất ít các điều tra khoa học tuân theo một cách cứng nhắc trình tự các bước được các “sách giáo khoa” về phương pháp khoa học quy định.

Ví dụ, nhà khoa học có thể bắt đầu thiết kế thí nghiệm nhưng sau đó lại quay lại từ đầu khi nhận ra rằng cần có nhiều quan sát hơn nữa. Trong những trường hợp khác, lý do đơn giản là những quan sát gây khó hiểu không thúc đẩy việc giải quyết vấn đề đã được xác định rõ cho đến khi có nghiên cứu khác thay thế các quan sát đó với một nội dung mới. Ví dụ, Darwin đã thu thập các mẫu chim sẻ ở quần đảo Galápagos nhưng nó không được chú ý cho đến nhiều năm sau, khi ý tưởng về chọn lọc tự nhiên bắt đầu sâu đậm thì các nhà sinh học mới bắt đầu đặt câu hỏi về lịch sử của các mẫu chim đó.

Hơn nữa, đôi khi các nhà khoa học định hướng lại nghiên cứu của mình khi họ nhận ra là đã đặt vấn đề sai. Ví dụ, vào đầu thế kỷ XX, nhiều nghiên cứu về bệnh tâm thần phân liệt và hội chứng trầm cảm (nay gọi là hội chứng lưỡng cực) đã đi sai đường do tập trung quá nhiều vào vấn đề kinh nghiệm sống có thể gây ra những chứng bệnh nghiêm trọng đó như thế nào. Nghiên cứu về nguyên nhân và cách chữa trị tiềm năng trở nên có hiệu quả hơn khi người ta tập trung vào câu hỏi về sự mất cân bằng những chất hoá học nhất định trong não có ảnh hưởng gì đến thiếu năng trí tuệ. Một cách công bằng, chúng ta thừa nhận rằng, những thay đổi và bước ngoặt như vậy trong điều tra khoa học trở nên rõ ràng hơn với lợi thế triển vọng lịch sử.

Còn một nguyên nhân khác nữa là một nền khoa học tốt không tuân theo chỉ một phương pháp điều tra nào: Khám phá khoa học đóng góp rất nhiều vào những hiểu biết của chúng ta về tự nhiên, bỏ qua nhiều bước của cái gọi là phương pháp khoa học.

Đối với bạn, điều quan trọng là có được kinh nghiệm nào đó với sức mạnh của phương pháp khoa học, ví dụ, bằng cách sử dụng nó cho một số tìm tòi trong phòng thí nghiệm trong khoá học về sinh học của bạn. Tuy nhiên, điều cũng quan trọng là phải tránh sự rập khuôn máy móc.

Một nghiên cứu tình huống trong điều tra khoa học: Nghiên cứu sự bắt chước ở các quần thể rắn

Giờ đây, khi chúng ta đã rút ra những đặc tính cơ bản của khoa học khám phá và khoa học dựa trên giả thuyết, bạn có thể nhận ra các hình thức điều tra đó trong một nghiên cứu tình huống của một nghiên cứu khoa học cụ thể.

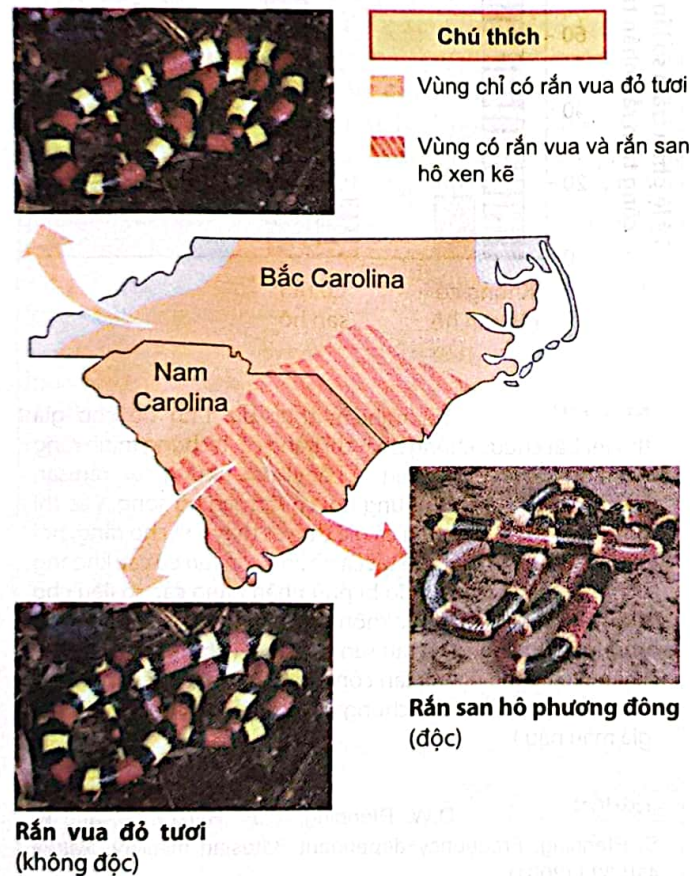
Nghiên cứu bắt đầu với một tập hợp các quan sát và khái quát hoá có được nhờ điều tra. Nhiều loài động vật gây độc có màu sắc sặc sỡ, thường với những hoa văn rất khác biệt đối lập với màu nền. Đó được gọi là màu sắc cảnh báo vì rõ ràng nó phát đi tín hiệu “loài nguy hiểm” đối với những vật ăn thịt. Tuy nhiên, cũng còn có cả sự bắt chước. Những kẻ bắt chước này trông giống những loài gây độc nhưng chúng thực sự vô hại. Câu hỏi từ những quan sát đó là: Chức năng của những kiểu bắt chước như vậy là gì? Một giả thuyết có lý là, trò “lừa dối” đó là sự thích nghi tiến hoá giúp cho các động vật vô hại giảm nguy cơ bị các động vật ăn thịt ăn vì lầm tưởng chúng là những loài gây độc. Giả thuyết này do nhà khoa học Anh Henry Bates đưa ra năm 1862.

Rõ ràng giả thuyết này khó kiểm chứng, đặc biệt là bằng các thí nghiệm thực địa. Nhưng vào năm 2001, các nhà sinh học David và Karin Pfennig của Trường Đại học Tổng hợp Bắc Carolina cùng với William Harcombe, một nghiên cứu sinh, đã thiết kế một loạt thí nghiệm thực địa đơn giản nhưng tuyệt vời để kiểm chứng giả thuyết về sự bắt chước của Bates.

Nhóm các nhà khoa học này đã nghiên cứu hiện tượng bắt chước ở những con rắn sống tại Bắc và Nam Carolina (Hình 1.25). Những con rắn độc có tên là rắn san hô phương tây có màu sắc cảnh báo: Các khoang đậm màu đỏ, vàng (hoặc trắng) và đen luân phiên nhau. Những con vật ăn thịt hiếm khi tấn công những con rắn đó. Không chắc là những con vật ăn thịt học được tập tính tránh né nhờ thử đúng sai vì cuộc chạm trán đầu tiên với rắn san hô thường gây chết. Ở những vùng rắn san hô sống, rõ ràng chọn lọc tự nhiên đã làm tăng tần số vật ăn thịt được di truyền tập tính bẩm sinh tránh né những con rắn san hô sặc sỡ. Những con rắn không độc có tên là rắn vua có màu đỏ tươi bắt chước những khoang màu sắc của rắn san hô.

Cả hai loại rắn đó đều sống ở Carolina nhưng phạm vi địa lý của rắn vua còn mở rộng đến các vùng nơi không tìm thấy rắn san hô (xem Hình 1.25). Phân bố địa lý của loài rắn này cho phép kiểm chứng điều tiên đoán cơ bản của giả thuyết bắt chước.

Rắn vua màu đỏ tươi (không độc)



▲ **Hình 1.25** Phân bố địa lý của rắn độc và kẻ bắt chước của nó. Rắn vua đỏ tươi (*Lampropeltis triangulum*) bắt chước màu sắc cảnh báo của rắn san hô phương tây độc (*Micrurus fulvius*).

Việc tránh những con rắn có màu sắc cảnh báo là sự thích nghi mà chúng ta hy vọng chỉ có ở quần thể vật ăn thịt đã tiến hoá ở những vùng nơi rắn san hô độc sống. Vì vậy, sự bắt chước bảo vệ cho những con rắn vua khỏi vật ăn thịt *chỉ* có ở những vùng nơi có cả rắn san hô sống. Giả thuyết bắt chước tiên đoán rằng, những vật ăn thịt thích nghi với màu sắc cảnh báo của rắn san hô sẽ ít tấn công rắn vua hơn so với những vật ăn thịt ở vùng không có rắn san hô.

Thí nghiệm thực địa với rắn nhân tạo

Để kiểm chứng tiên đoán đó, Harcombe đã tạo ra hàng trăm rắn nhân tạo làm bằng sắt bọc vải nhựa. Ông trang trí để tạo ra hai phiên bản rắn giả: *Nhóm thí nghiệm* có các khoang trắng, đen và đỏ của rắn vua; và *nhóm đối chứng* gồm các rắn giả có toàn màu nâu làm đối chứng để so sánh (Hình 1.26).

Các nhà nghiên cứu đặt hai loại rắn nhân tạo với số lượng bằng nhau ở những điểm nghiên cứu khắp Bắc và Nam Carolina, kể cả những vùng không có rắn san hô sống. Sau bốn tuần, các nhà nghiên cứu thu lại những con rắn giả và ghi chép lại có bao nhiêu con đã bị tấn công bằng cách tìm vết cắn hay vết móc. Thường thì vật ăn thịt phổ biến nhất là cáo, chó sói đồng cỏ và gấu trúc Mỹ, nhưng gấu đen cũng tấn công một số rắn nhân tạo (xem Hình 1.26b).

Các số liệu phù hợp với tiên đoán chính của giả thuyết bắt chước. So với những con rắn nhân tạo màu nâu, những con rắn nhân tạo có khoang màu sắc ít bị tấn công hơn và chỉ bị tấn công ở những nơi có rắn san hô sống.



(a) Rắn vua nhân tạo



(b) Rắn nhân tạo màu nâu bị tấn công

▲ **Hình 1.26** Rắn nhân tạo được sử dụng trong thí nghiệm thực địa để kiểm chứng giả thuyết bắt chước. Bạn có thể thấy dấu vết nơi gấu đã vỏ rắn nhân tạo màu nâu (b).

Hình 1.27 tóm tắt thí nghiệm thực địa mà các nhà nghiên cứu đã tiến hành. Hình này cũng giới thiệu cách trình bày mà chúng ta sẽ sử dụng trong suốt cuốn sách này đối với cả các ví dụ về điều tra khoa học khác.

Thiết kế các thí nghiệm có kiểm soát

Thí nghiệm nghiên cứu sự bắt chước ở rắn là một ví dụ về thí nghiệm có kiểm soát, loại thí nghiệm được thiết kế để so sánh nhóm thí nghiệm (trong trường hợp này là rắn vua nhân tạo) với nhóm đối chứng (rắn nhân tạo màu nâu). Trong ví dụ của chúng ta, thật lý tưởng là nhóm đối chứng và nhóm thí nghiệm chỉ khác nhau một nhân tố mà thí nghiệm thiết kế để kiểm chứng – hiệu ứng của màu da rắn đối với tập tính vật ăn thịt. Không có nhóm đối chứng, các nhà nghiên cứu không thể loại bỏ các nhân tố khác có thể gây nên sự tấn công thường xuyên rắn vua nhân tạo – ví dụ như số lượng vật ăn thịt hoặc nhiệt độ khác nhau ở những vùng thí nghiệm khác nhau. Một thiết kế thí nghiệm thông minh để chỉ màu sắc là nhân tố duy nhất gây nên tỷ lệ tấn công thấp của vật ăn thịt đối với rắn vua nhân tạo đặt trong vùng phân bố của rắn san hô. Để chứng minh điều đó thì con số tuyệt đối các lần tấn công rắn vua nhân tạo mà chúng ta đếm được là không quan trọng mà sự khác biệt giữa số lần tấn công rắn vua nhân tạo với số lần tấn công rắn màu nâu nhân tạo mới là quan trọng.

Một quan niệm sai lầm phổ biến là, thí nghiệm được kiểm soát có nghĩa là các nhà khoa học kiểm soát môi trường thí nghiệm để giữ cho mọi thứ ổn định ngoại trừ một biến số được kiểm chứng. Tuy nhiên, điều đó không thể có được trong các thí nghiệm thực địa, và thậm chí, không phải là hiện thực trong môi trường phòng thí nghiệm được điều khiển ở mức độ cao. Các nhà nghiên cứu thường "kiểm soát" các biến số không mong muốn không phải bằng cách loại bỏ chúng thông qua việc điều khiển thí nghiệm mà là vô hiệu hoá tác động của chúng bằng cách sử dụng nhóm đối chứng.

Những hạn chế của khoa học

Điều tra khoa học là cách tốt để tìm hiểu tự nhiên, nhưng cũng có những hạn chế đối với nhiều loại câu hỏi mà nó có thể trả lời. Những hạn chế đó được tạo ra do các yêu cầu khoa học trong việc kiểm chứng hay chứng minh là không thể bác bỏ được đối với các giả thuyết, cũng như yêu cầu kết quả quan sát và thí nghiệm cần phải được lặp lại nhiều lần.

Những quan sát không thể xác minh được có thể là rất lý thú hoặc thậm chí làm hài lòng, nhưng không thể coi là bằng chứng trong điều tra khoa học. Những đề mục trong các tờ báo vắn tắt của siêu thị có thể làm cho bạn tin rằng, tình cờ có những người được sinh ra với cái đầu của chó hoặc một số bạn cùng lớp của bạn là những người ngoài hành tinh. Các bảng liệt kê các chứng cứ không được xác nhận và những bức ảnh do máy tính tạo ra có thể rất lý thú nhưng lại không có sức thuyết phục. Trong khoa học, bằng chứng từ các quan sát và thí nghiệm chỉ có sức thuyết phục nếu nó đảm bảo được tiêu chuẩn lặp lại được. Các nhà khoa học nghiên cứu sự bắt chước của rắn ở Carolina phải thu được những số liệu tương tự khi họ lặp lại các thí nghiệm của họ với những loài rắn san hô và những loài rắn vua khác ở Arizona. Và bạn cũng phải thu được kết quả tương tự nếu bạn lặp lại các thí nghiệm về rắn đó.

▼ Hình 1.27 Tìm hiểu

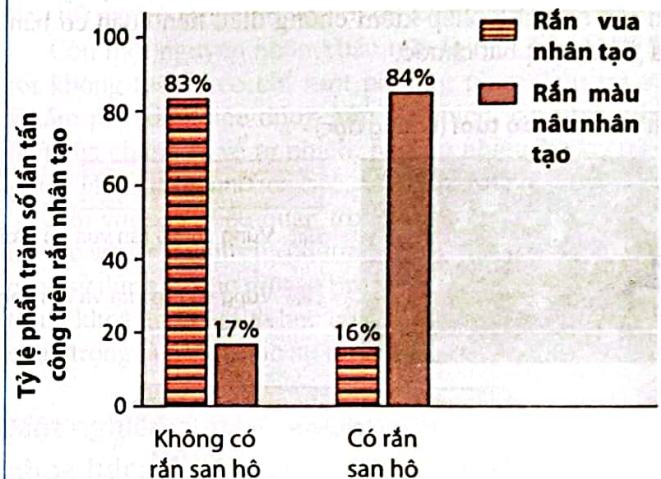
Sự có mặt của rắn san hô độc có ảnh hưởng đến tần số bị ăn thịt của con vật bắt chước nó, rắn vua, hay không?

THÍ NGHIỆM

David Pfennig và các cộng sự của ông đã tạo ra những con rắn nhân tạo để kiểm chứng tiên đoán của giả thuyết bắt chước cho rằng những con rắn vua có lợi nhờ bắt chước màu sắc cảnh báo của rắn san hô độc chỉ xảy ra ở những vùng có rắn san hô sống. Các nhà khoa học đã đặt rắn vua nhân tạo (nhóm thí nghiệm) và rắn nhân tạo màu nâu (nhóm đối chứng) với số lượng bằng nhau ở 14 điểm nghiên cứu, một nửa số điểm nghiên cứu đó là vùng cư trú của cả hai loại rắn và một nửa không có rắn san hô sống. Các nhà nghiên cứu thu lại những con rắn nhân tạo sau bốn tuần và lập bảng số liệu bắt mồi dựa trên dấu răng và vết cào trên thân rắn.

KẾT QUẢ

Ở những điểm có rắn san hô, chủ yếu là rắn nâu nhân tạo bị tấn công. Ở những nơi không có rắn san hô sống, chủ yếu là các rắn vua nhân tạo bị tấn công.



KẾT LUẬN

Thí nghiệm thực địa ủng hộ cho giả thuyết bắt chước không phải chỉ bằng cách chứng minh rằng sự tránh bắt mồi dựa trên sự bắt chước những con rắn san hô chỉ có hiệu quả ở những nơi có rắn san hô sống. Các thí nghiệm còn kiểm chứng cả giả thuyết thay thế cho rằng, nói chung, vật bắt mồi tránh tất cả những con rắn có các khoang màu sắc sọc. Giả thuyết đó bị phủ nhận bằng các số liệu cho thấy các khoang màu sắc không đánh lừa được vật bắt mồi ở những vùng không có rắn san hô sống. (Những con rắn vua nhân tạo có thể còn bị tấn công nhiều hơn ở các vùng đó vì màu sắc sọc sẫm làm cho chúng dễ bị phát hiện hơn so với rắn giả màu nâu.)

NGUỒN

D.W. Pfennig, W.R. Harcombe, and K. S. Pfennig, Frequency-dependent Batesian mimicry, *Nature* 410:323 (2001).

ĐIỀU GÌ NẾU?

Bạn tiên đoán kết quả thí nghiệm sẽ như thế nào nếu vật ăn thịt ở Carolina tránh tất cả những con rắn có các khoang màu sắc sọc?

Vì khoa học cần cách giải thích đúng đắn cho các hiện tượng tự nhiên nên nó không thể ủng hộ cho cả các giả thuyết không có căn cứ như các thiên thần, các bóng ma, linh hồn, cho dù chúng nhân đức hay tàn ác, nguyên nhân gây nên bão tố, cầu vồng, bệnh tật và những thứ có thể chữa bệnh. Cách giải thích siêu nhiên như vậy đơn giản là nằm ngoài giới hạn của khoa học.

Các học thuyết trong khoa học

“Đó chỉ là lý thuyết!” Việc sử dụng hàng ngày thuật ngữ *lý thuyết* của chúng ta thường ngụ ý rằng đó là sự suy đoán chưa được kiểm chứng. Nhưng thuật ngữ *lý thuyết* lại có nghĩa khác trong khoa học. Vậy, học thuyết khoa học là gì và nó khác gì với giả thuyết hoặc sự suy đoán?

Thứ nhất, **học thuyết** khoa học có tầm rộng hơn nhiều so với giả thuyết. “Sự bất chước màu sắc của rắn độc là một hình thức thích nghi bảo vệ cho những con rắn không độc khỏi vật ăn thịt” là giả thuyết. Nhưng, “Sự thích nghi tiến hoá do chọn lọc tự nhiên” là học thuyết. Thuyết Darwin về chọn lọc tự nhiên giải thích được tính đa dạng to lớn của các đặc điểm thích nghi, kể cả sự bất chước.

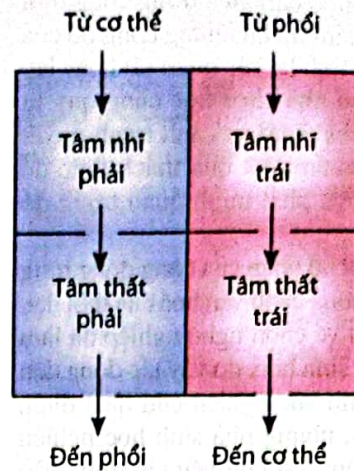
Thứ hai, một học thuyết là đủ khái quát để khơi dậy nhiều giả thuyết khoa học mới, riêng rẽ có thể kiểm chứng được. Ví dụ, hai nhà nghiên cứu của Trường Đại học Tổng hợp Princeton là Peter và Rosemary Grant đã sử dụng thuyết chọn lọc tự nhiên để kiểm chứng giả thuyết riêng cho rằng, mỏ chim sẻ của quần đảo Galápagos tiến hoá để đáp lại sự thay đổi loại thức ăn có trên đảo. (Các kết quả của họ ủng hộ cho giả thuyết đó; xem trang 468.)

Và thứ ba, so với bất kỳ giả thuyết nào, học thuyết, nói chung, có khối lượng bằng chứng lớn hơn nhiều. Các học thuyết được công nhận rộng rãi trong khoa học (ví dụ, thuyết chọn lọc tự nhiên) giải thích được rất nhiều quan sát và có một số lượng rất lớn các bằng chứng được tích lũy qua thời gian ủng hộ. Quả thực, việc khảo sát kỹ lưỡng các học thuyết luôn được tiếp tục thông qua việc kiểm chứng các giả thuyết riêng biệt, các giả thuyết không có cơ sở được phát sinh.

Cho dù một học thuyết có nhiều bằng chứng ủng hộ và được công nhận rộng rãi thì các nhà khoa học vẫn phải tiếp tục sửa chữa, thậm chí bác bỏ nó khi những phương pháp nghiên cứu mới đưa lại những kết quả không phù hợp với học thuyết. Ví dụ, thuyết năm giới về đa dạng sinh học bắt đầu bị lung lay khi những phương pháp mới so sánh tế bào và phân tử giúp có thể kiểm tra được một số mối quan hệ họ hàng mang tính giả thuyết giữa các sinh vật dựa trên học thuyết đó. Nếu có “sự thật” trong khoa học thì đó chỉ là có được nhiều bằng chứng.

Xây dựng mô hình trong khoa học

Bạn có thể phải làm việc với nhiều mô hình trong khoá học sinh học của bạn năm nay. Có lẽ, bạn sẽ phải lập mô hình sự phân chia tế bào bằng cách dùng những cái thông tàu thuốc lá làm các nhiễm sắc thể. Hoặc, có thể bạn phải thực hành sử dụng các mô hình toán học để phán đoán sự sinh trưởng của quần thể vi khuẩn. Các nhà khoa học thường xây dựng mô hình như sự trình diễn hiện tượng tự nhiên. **Mô hình** khoa học có thể có nhiều dạng, bao gồm sơ đồ (như cây tiến hoá trên Hình 1.22), đồ thị, vật thể ba chiều, các chương trình máy tính hoặc các phương trình toán học.



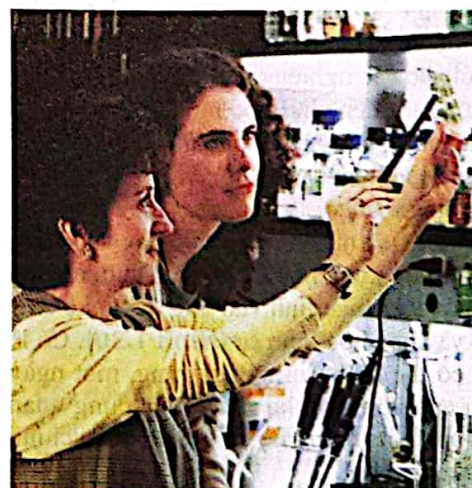
◀ Hình 1.28 Mô hình dòng máu qua bốn xoang của tim người.

? Máu lấy oxygen (và giải phóng carbon dioxide) ở phổi và giải phóng oxygen (và lấy carbon dioxide) ở phần còn lại của cơ thể. Từ mô hình bên, hãy phán đoán, điều gì sẽ xảy ra nếu có một lỗ nhỏ giữa hai tâm thất?

Việc chọn loại mô hình thích hợp nhất phụ thuộc vào những gì mà đối tượng, ý tưởng hoặc quá trình cần được thông tin và giải thích trên mô hình. Một số mô hình cần phải càng giống thật càng tốt. Một số mô hình khác lại có ích hơn nếu chúng là các sơ đồ đơn giản. Ví dụ, sơ đồ đơn giản trên Hình 1.28 là mô hình tốt về dòng máu qua các khoang của tim người nếu bỏ qua việc xem xét nó có giống tim người hay không. Mô hình tim được thiết kế để giúp đào tạo các bác sỹ thực hiện phẫu thuật tim phải rất khác. Dù thiết kế mô hình gì thì việc đánh giá thành công của nó cũng là nó có phù hợp với các số liệu có được hay không, có ăn khớp với những quan sát mới hay không, có phán đoán được chính xác đầu ra của các thí nghiệm và các quan sát mới không và nó thông tin hiệu quả thế nào.

Văn hoá của khoa học

Phim ảnh và phim hoạt hình đôi khi khắc hoạ các nhà khoa học như những người đơn độc, làm việc trong những phòng thí nghiệm cách ly. Thực tế, khoa học là hoạt động xã hội mạnh mẽ. Hầu hết các nhà khoa học hoạt động theo nhóm, thường bao gồm cả các sinh viên và nghiên cứu sinh (Hình 1.29). Và để thành công được trong khoa học, cần là người quảng giao. Các kết quả nghiên cứu không có tác động gì cho đến khi nó được chia sẻ với cộng đồng thông qua các báo cáo khoa học, ấn phẩm seminar, công bố và website.



◀ Hình 1.29 Khoa học là một quá trình xã hội. Nhà Thực vật học Gloria Coruzzi đang hướng dẫn một trong số các sinh viên của bà về các phương pháp sinh học phân tử ở phòng thí nghiệm của Trường Đại học Tổng hợp New York.

Cả sự hợp tác và cạnh tranh cũng là đặc trưng cho văn hoá khoa học. Các nhà khoa học làm việc trong cùng một lĩnh vực nghiên cứu thường kiểm tra lại những công bố của người khác bằng cách khẳng định lại các quan sát hoặc lặp lại thí nghiệm. Và khi một số nhà khoa học cùng quy tụ vào một vấn đề nghiên cứu thì sẽ có sự cạnh tranh quyết liệt. Các nhà khoa học rất muốn vượt qua thách thức để được là người đầu tiên có được phát minh quan trọng đó hoặc các thí nghiệm chủ chốt.

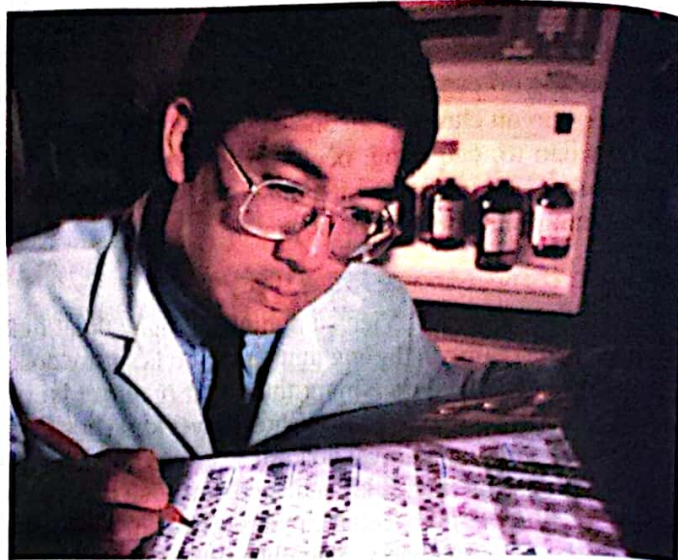
Cộng đồng sinh học là một bộ phận của cộng đồng rộng lớn gắn kết trong cùng một khung cảnh văn hoá của thời đại. Ví dụ, sự thay đổi quan điểm về chọn nghề nghiệp đã làm tăng tỷ lệ phụ nữ trong ngành sinh học, do vậy tác động đến việc chú trọng vào một số lĩnh vực nghiên cứu nhất định. Ví dụ, vài thập kỷ trước đây, những nhà sinh học nghiên cứu tập tính giao phối của động vật chủ yếu tập trung vào sự cạnh tranh giữa những con đực để hấp dẫn con cái. Tuy nhiên, những nghiên cứu gần đây hơn lại chú trọng đến vai trò quan trọng của con cái trong việc chọn bạn tình. Ví dụ, ở nhiều loài chim, con cái thích màu sắc sặc sỡ “quảng cáo” cho sức mạnh của con đực, kiểu tập tính làm tăng xác suất để con cái sinh con khoẻ mạnh hơn.

Một số nhà triết học khoa học cho rằng, các nhà khoa học bị ảnh hưởng bởi các giá trị văn hoá và chính trị làm cho khoa học không còn khách quan so với các cách tìm hiểu tự nhiên khác. Ở phía cực đoan kia là những người cho rằng các lý thuyết khoa học dường như là các quy luật tự nhiên chứ không phải do con người làm sáng tỏ. Tính hiện thực của khoa học, có lẽ, nằm đâu đó ở giữa – hiếm khi khách quan một cách hoàn hảo nhưng lại liên tục được sửa đổi thông qua các kỳ vọng rằng, các quan sát và thí nghiệm phải được lặp lại và các giả thuyết phải được kiểm chứng và xác định được đúng sai.

Khoa học, công nghệ và xã hội

Mối quan hệ giữa khoa học và xã hội trở nên rõ ràng hơn khi chúng ta bổ sung thêm vào bức tranh khái niệm công nghệ. Mặc dù khoa học và công nghệ, đôi khi khai thác cùng một phương thức tìm tòi, nhưng mục tiêu cơ bản của chúng khác nhau. Mục tiêu của khoa học là tìm hiểu các hiện tượng tự nhiên. Ngược lại, công nghệ, nói chung, là *áp dụng* các kiến thức khoa học cho mục đích riêng biệt nào đó. Các nhà sinh học và các nhà khoa học khác thường nói về “phát minh”, trong khi các kỹ sư và các nhà kỹ thuật thường nói về “sáng chế”. Và những người được hưởng lợi từ những sáng chế đó có cả các nhà khoa học, những người đưa công nghệ mới vào các nghiên cứu của họ; ảnh hưởng của công nghệ thông tin đến sinh học hệ thống là một ví dụ. Như vậy, khoa học và công nghệ phụ thuộc lẫn nhau.

Sự kết hợp màu nhiệm của khoa học và công nghệ có hiệu quả kỳ diệu đối với xã hội. Ví dụ, phát minh cấu trúc DNA của Watson và Crick nửa thế kỷ trước đây và những thành tựu liên tiếp trong khoa học DNA đã dẫn đến công nghệ DNA làm thay đổi nhiều lĩnh vực ứng dụng, kể cả y học, nông nghiệp và khoa học hình sự (Hình 1.30). Có lẽ Watson và Crick có thể hình dung được rằng, một ngày nào đó phát minh của họ mang lại nhiều ứng dụng quan trọng, nhưng khó có thể tin rằng họ tiên đoán được chính xác đó là những ứng dụng gì.



▲ Hình 1.30 Công nghệ DNA và điều tra hình sự. Các kỹ thuật viên hình sự có thể sử dụng “dấu vết” DNA tách chiết từ mẫu máu hoặc từ các mô khác của cơ thể thu được ở hiện trường vụ án để tạo ra “vân tay” phân tử. Các băng nhuộm màu bạn nhìn thấy trên bức ảnh này là các đoạn DNA, và kiểu băng thay đổi từ người này đến người khác.

Những định hướng của công nghệ ít phụ thuộc vào tính tò mò thúc đẩy khoa học cơ bản hơn mà phụ thuộc vào nhu cầu hiện tại và mong muốn của con người và môi trường xã hội của thời đại. Cuộc tranh luận tập trung vào vấn đề “chúng ta *phải* làm điều đó” hơn là vào vấn đề “chúng ta *có thể* làm điều đó”. Với những tiến bộ công nghệ, việc lựa chọn trở nên khó khăn hơn. Ví dụ, trong hoàn cảnh nào thì việc sử dụng công nghệ DNA để tìm những người mang gene bệnh di truyền được chấp nhận? Những thử nghiệm như vậy nên chỉ là tình nguyện hay có những hoàn cảnh làm cho việc thử nghiệm di truyền như vậy là bắt buộc? Những cơ quan bảo hiểm và các ông chủ có được tiếp cận các thông tin đó như họ đã làm với nhiều loại số liệu về sức khoẻ cá nhân không?

Những khía cạnh đạo đức như vậy cũng thường gặp với các giá trị chính trị, kinh tế và văn hoá cũng như với khoa học và công nghệ. Những công dân – không chỉ những nhà khoa học chuyên nghiệp – có trách nhiệm phải được thông tin về việc khoa học hoạt động như thế nào và về những lợi ích cũng như những nguy cơ tiềm tàng của công nghệ. Mối quan hệ giữa khoa học, công nghệ và xã hội làm tăng tầm quan trọng và giá trị của bất kỳ một khoá học sinh học nào.

KIỂM TRA KHÁI NIỆM 1.3

1. Phân biệt logic diễn giải và quy nạp.
2. Vì sao chọn lọc tự nhiên được gọi là học thuyết?
3. **ĐIỀU GÌ NẾU?** Giả sử bạn mở rộng thí nghiệm về sự bắt chước ở rắn sang vùng Virginia, nơi không có loài rắn nào sống. Bạn phán đoán kết quả thí nghiệm sẽ như thế nào?

Câu trả lời có trong Phụ lục A.

TÓM TẮT CÁC KHÁI NIỆM THEN CHỐT

KHÁI NIỆM 1.1

Các chủ đề kết nối các khái niệm sinh học (tr. 3 – 11)

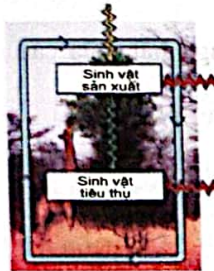


► **Tiến hoá, chủ đề bao trùm toàn bộ sinh học** Tiến hoá giải thích cho tính thống nhất và đa dạng của thế giới sống và cũng giải thích cho sự thích nghi của sinh vật với môi trường.



► **Chủ đề: Những đặc tính nổi trội ở mỗi cấp độ tổ chức sinh học** Tổ chức có tính thứ bậc của thế giới sống được phân cấp như sau: sinh quyển > hệ sinh thái > quần xã > quần thể > cơ thể > hệ cơ quan > mô > tế bào > bào quan > phân tử > nguyên tử. Với mỗi cấp độ tổ chức, kể từ phân tử trở lên,

những đặc tính nổi trội mới xuất hiện là kết quả tương tác giữa các hợp phần ở các cấp độ tổ chức thấp hơn. Trong cách tiếp cận được gọi là giản hoá luận, các hệ thống phức tạp được phân nhỏ thành các hợp phần đơn giản hơn để dễ nghiên cứu. Trong sinh học hệ thống, các nhà khoa học xây dựng mô hình cho các hệ thống sinh học phức tạp.

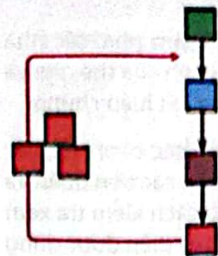


► **Chủ đề: Các sinh vật tương tác, trao đổi vật chất và năng lượng với môi trường** Môi trường sống của sinh vật bao gồm các sinh vật khác cũng như các nhân tố không sống. Trong khi các chất dinh dưỡng hoá học quay vòng bên trong hệ sinh thái thì năng lượng được truyền qua hệ sinh thái. Mọi sinh vật đều cần năng lượng để hoạt động. Năng lượng từ Mặt Trời đến các sinh vật sản xuất, rồi đến các sinh vật tiêu thụ.

► **Chủ đề: Cấu trúc và chức năng phù hợp với nhau ở mọi cấp độ tổ chức sinh học** Hình dạng của cấu trúc sinh học phù hợp với chức năng của nó và ngược lại.

► **Chủ đề: Tế bào là đơn vị cơ sở về cấu trúc và chức năng của cơ thể** Tế bào là mức độ tổ chức thấp nhất có thể thực hiện mọi hoạt động sống. Tế bào có thể thuộc loại nhân sơ hoặc nhân thực. Tế bào nhân thực có các bào quan được bao bọc bởi màng, kể cả nhân tế bào chứa DNA. Tế bào nhân sơ không có các bào quan như vậy.

► **Chủ đề: Tính liên tục của sự sống dựa trên thông tin di truyền trong DNA** Thông tin di truyền được mã hoá dưới dạng trình tự các nucleotide của DNA. Chính DNA truyền đạt thông tin di truyền từ bố mẹ đến con cái. Trình tự DNA lập trình cho việc sản xuất protein của tế bào bằng cách phiên mã sang RNA rồi dịch mã thành các protein đặc hiệu. Các RNA không được dịch mã thành protein thì thực hiện các chức năng quan trọng khác.



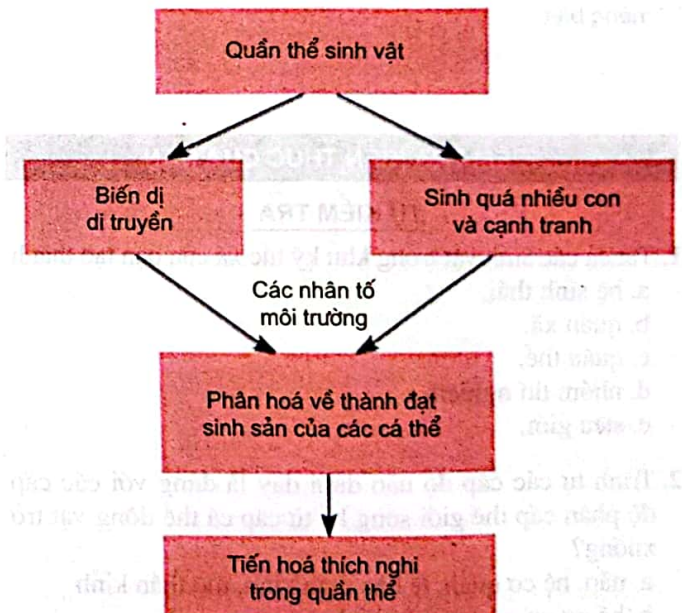
► **Chủ đề: Cơ chế liên hệ ngược điều hoà hoạt động của các hệ thống sinh học** Trong cơ chế liên hệ ngược âm tính, sự tích lũy sản phẩm cuối cùng làm chậm lại quá trình sinh ra sản phẩm đó. Trong cơ chế liên hệ ngược dương tính, sản phẩm cuối cùng kích thích sản xuất nhiều sản phẩm hơn. Liên hệ ngược là kiểu điều hoà phổ biến ở mọi cấp độ tổ chức, từ phân tử đến hệ sinh thái.

KHÁI NIỆM 1.2

Chủ đề then chốt: Tiến hoá giải thích cho tính thống nhất và đa dạng của thế giới sống (tr. 12–18)

► **Phân loại thế giới sống** Các nhà sinh học phân loại các loài theo các nhóm rộng dần. Siêu giới Bacteria và siêu giới Archea bao gồm các sinh vật nhân sơ. Siêu giới Eukarya, sinh vật nhân thực, bao gồm các nhóm protist khác nhau và các giới Thực vật, Nấm và Động vật. Mặc dù thế giới sống đa dạng như vậy song cũng có bằng chứng cho thấy có sự thống nhất rất lớn thể hiện ở những điểm giống nhau giữa các loại sinh vật khác nhau.

► **Charles Darwin và thuyết chọn lọc tự nhiên** Darwin cho rằng chọn lọc tự nhiên là cơ chế tạo nên thích nghi tiến hoá của các quần thể với môi trường.



► **Cây tiến hoá** Mỗi loài là một nhánh của cây tiến hoá phân cành từ gốc gác là các loài tổ tiên trong quá khứ xa xưa. Toàn bộ thế giới sống có mối liên hệ với nhau qua lịch sử tiến hoá lâu dài.

Các nhà khoa học sử dụng hai dạng điều tra chính trong các nghiên cứu tự nhiên (tr. 18–24)

- ▶ **Khoa học khám phá** Trong khoa học khám phá, các nhà khoa học quan sát và mô tả một số khía cạnh của thế giới và sử dụng suy luận quy nạp để rút ra những kết luận chung.
- ▶ **Khoa học dựa trên giả thuyết** Dựa trên các quan sát, các nhà khoa học đưa ra các giả thuyết dẫn đến các tiên đoán và sau đó kiểm nghiệm các giả thuyết bằng cách kiểm tra xem tiên đoán có đúng không. Phương pháp suy diễn được dùng để kiểm chứng giả thuyết: Nếu giả thuyết đúng và chúng ta kiểm chứng nó thì chúng ta phải thu được kết quả cụ thể. Giả thuyết phải kiểm chứng được và có khả năng bị phủ nhận.
- ▶ **Một nghiên cứu tình huống trong điều tra khoa học: Nghiên cứu sự bất chước ở các quần thể rắn** Các thí nghiệm phải được thiết kế để cho thấy tác động của một biến số bằng cách so sánh nhóm đối chứng và nhóm thí nghiệm chỉ khác nhau một biến số đó.
- ▶ **Những hạn chế của khoa học** Khoa học không thể giải thích được các hiện tượng siêu tự nhiên vì giả thuyết phải kiểm chứng được và có khả năng bị phủ nhận; các quan sát và kết quả thí nghiệm phải lặp lại được.
- ▶ **Các học thuyết trong khoa học** Học thuyết khoa học phải có tính bao quát rộng, làm nảy sinh ra được những giả thuyết mới và phải có nhiều bằng chứng ủng hộ.
- ▶ **Xây dựng mô hình trong khoa học** Mô hình các ý tưởng, cấu trúc và các quá trình giúp chúng ta hiểu các hiện tượng khoa học và phán đoán.
- ▶ **Văn hoá của khoa học** Khoa học là một hoạt động xã hội đặc trưng bởi cả sự hợp tác và cạnh tranh.
- ▶ **Khoa học, công nghệ và xã hội** Công nghệ là phương pháp hoặc công cụ áp dụng kiến thức khoa học cho một mục đích riêng biệt.

KIỂM TRA KIẾN THỨC CỦA BẠN

TỰ KIỂM TRA

1. Tất cả các sinh vật trong khu ký túc xá của bạn tạo thành
 - a. hệ sinh thái.
 - b. quần xã.
 - c. quần thể.
 - d. nhóm thí nghiệm.
 - e. siêu giới.
2. Trình tự các cấp độ nào dưới đây là đúng với các cấp độ phân cấp thế giới sống kể từ cấp cá thể động vật trở xuống?
 - a. não, hệ cơ quan, tế bào thần kinh, mô thần kinh
 - b. hệ cơ quan, mô thần kinh, não
 - c. cơ thể, hệ cơ quan, mô, tế bào, cơ quan
 - d. hệ thần kinh, não, mô thần kinh, tế bào thần kinh
 - e. hệ cơ quan, mô, phân tử, tế bào
3. Điều gì dưới đây *không phải* là quan sát hoặc suy luận làm cơ sở cho học thuyết chọn lọc tự nhiên của Darwin?
 - a. Những sinh vật kém thích nghi không khi nào sinh con.
 - b. Có biến dị di truyền giữa các cá thể.
 - c. Vì sinh con quá nhiều nên có sự cạnh tranh về nguồn dinh dưỡng hạn chế.
 - d. Những cá thể có những đặc tính di truyền giúp chúng thích nghi tốt nhất với môi trường, nói chung, sẽ sinh nhiều con hơn.
 - e. Theo thời gian, quần thể có thể trở nên thích nghi hơn với môi trường.
4. Sinh học hệ thống nhằm
 - a. tìm hiểu sự hài hoà của các cấp độ tổ chức sinh học từ phân tử đến sinh quyển.
 - b. làm cho một hệ thống phức tạp trở nên đơn giản nhờ phân nhỏ hệ thống thành những đơn vị nhỏ hơn, ít phức tạp hơn.
 - c. xây dựng các mô hình về tập tính của tất cả các hệ sinh thái.
 - d. xây dựng các máy siêu mạnh để nhanh chóng thu nhận các số liệu sinh học.
 - e. đẩy nhanh việc ứng dụng công nghệ cho các kiến thức sinh học.
5. Protist và vi khuẩn được nhóm vào các siêu giới khác nhau vì
 - a. protist ăn vi khuẩn.
 - b. vi khuẩn không được cấu tạo từ tế bào.
 - c. protist có nhân được bao bọc bởi màng còn tế bào vi khuẩn thì không.
 - d. vi khuẩn phân huỷ protist.
 - e. protist là các sinh vật quang hợp.
6. Điều gì dưới đây cho thấy tính thống nhất giữa các sinh vật?
 - a. sự phù hợp về trình tự nucleotide của DNA
 - b. đời con có những biến đổi
 - c. cấu trúc và chức năng của DNA
 - d. chọn lọc tự nhiên
 - e. các đặc tính nổi trội
7. Số liệu nào dưới đây là các số liệu định tính?
 - a. Nhiệt độ giảm từ 20°C xuống 15°C.
 - b. Chiều cao cây là 25 cm.
 - c. Con cá bơi theo hình zig-zag.
 - d. Sáu cặp chim kết ấp nở trung bình ba chim non.
 - e. Những gì trong dạ dày được trộn sau mỗi 20 giây.
8. Điều gì dưới đây mô tả đúng nhất logic của khoa học dựa trên giả thuyết?
 - a. Nếu tôi đề ra một giả thuyết có thể kiểm chứng được thì các thí nghiệm và các quan sát sẽ ủng hộ nó.
 - b. Nếu tiên đoán của tôi đúng thì nó sẽ dẫn đến một giả thuyết có thể kiểm chứng được.
 - c. Nếu các quan sát của tôi chính xác thì nó sẽ ủng hộ giả thuyết của tôi.
 - d. Nếu giả thuyết của tôi đúng, tôi có thể kỳ vọng có những kết quả kiểm chứng nhất định.
 - e. Nếu các thí nghiệm của tôi được bố trí đúng thì chúng sẽ dẫn đến một giả thuyết có thể kiểm chứng được.
9. Thí nghiệm được kiểm soát là thí nghiệm
 - a. diễn ra đủ chậm để nhà khoa học có thể ghi chép cẩn thận các kết quả.
 - b. có thể đồng thời kiểm tra được cả nhóm đối chứng và nhóm thí nghiệm.

- c. được lặp lại nhiều lần để đảm bảo các kết quả là chính xác.
- d. giữ cho các biến số môi trường ổn định.
- e. được nhà khoa học có kinh nghiệm hướng dẫn.

10. Khẳng định nào dưới đây phân biệt đúng nhất giả thuyết với học thuyết khoa học?
- a. Học thuyết là giả thuyết đã được chứng minh.
 - b. Giả thuyết là phỏng đoán; học thuyết là câu trả lời chính xác.
 - c. Giả thuyết thường có phạm vi tương đối hẹp; học thuyết có khả năng giải thích rộng.
 - d. Giả thuyết và học thuyết cơ bản là giống nhau.
 - e. Học thuyết được chứng minh là đúng trong mọi trường hợp. Giả thuyết thường bị các phép thử bác bỏ.

11. **HÃY VẼ** Bằng những nét sơ lược, hãy vẽ hệ thống phân cấp giống như Hình 1.4 nhưng lấy rạn san hô làm hệ sinh thái, cá làm cơ thể, dạ dày của nó làm cơ quan và DNA làm phân tử. Đưa tất cả các bậc phân cấp vào hệ thống phân cấp.

Câu trả lời có trong Phụ lục A.

LIÊN HỆ VỚI TIẾN HOÁ

12. Một tế bào nhân sơ điển hình có khoảng 3.000 gene trong khi tế bào người có khoảng 20.500 gene. Khoảng 1.000 gene trong số đó có cả ở hai loại tế bào. Dựa trên những hiểu biết của bạn về tiến hoá, hãy giải thích tại sao những sinh vật khác nhau như vậy lại có một số gene giống nhau. Những gene chung đó có thể quy định những loại chức năng nào?

TÌM HIỂU KHOA HỌC

13. Dựa trên những kết quả ở nghiên cứu tình huống về sự bất chước ở rắn, hãy đưa ra giả thuyết khác mà các nhà nghiên cứu có thể sử dụng để mở rộng nghiên cứu của họ.

KHOA HỌC, CÔNG NGHỆ, VÀ XÃ HỘI

14. Quả của các loài cà chua hoang dại nhỏ hơn so với cà chua ngày nay. Sự khác biệt về kích thước quả gần như hoàn toàn là do quả cà chua đã được thuần hoá có rất nhiều tế bào. Gần đây, các nhà sinh học phân tử phát hiện ra các gene chịu trách nhiệm kiểm soát sự phân chia tế bào ở cà chua. Tại sao những phát minh như vậy lại quan trọng đối với những nhà sản xuất các loại rau quả khác? Nó có ý nghĩa gì đối với các nghiên cứu về sự phát triển của con người và bệnh tật? Nó có ý nghĩa gì đối với những hiểu biết cơ bản của chúng ta về sinh học?