

# MỤC LỤC

## 12 GIỚI THIỆU

### CÂU CHUYỆN TIẾN HÓA

- 20 Thời gian là vô nghĩa và không bao giờ làm khó được tự nhiên  
Những giả thuyết so khai về tiến hóa
- 22 Thế giới trước cái ta có, bị hủy diệt bởi tai biến  
Tuyệt chủng và biến đổi
- 23 Không vết tích khởi đầu, không tiềm năng kết thúc  
Đồng nhất luận
- 24 Đấu tranh sinh tồn  
Tiến hóa  
bằng chọn lọc tự nhiên
- 32 Loài người rốt cục không là gì ngoài vật mang gen  
Các quy luật di truyền



34 Chúng tôi đã tìm ra bí mật của sự sống  
Vai trò của ADN

38 Gen là những phân tử vị kỳ  
Gen vị kỳ

### CÁC QUÁ TRÌNH SINH THÁI

- 44 Những bài học từ lý thuyết toán về đấu tranh sinh tồn  
Phương trình loài săn mồi-con mồi
- 50 Sự tồn tại được xác định bởi sợi chỉ mảnh của hoàn cảnh  
Ổ sinh thái
- 52 Các loài cạnh tranh về mọi mặt không thể cùng tồn tại  
Quy tắc cạnh tranh loại trừ
- 54 Thí nghiệm thực địa kém còn tệ hơn cả vô dụng  
Thí nghiệm thực địa
- 56 Nhiều mật thì nhiều kiến và nhiều kiến thì nhiều mật  
Thuyết hổ sinh
- 60 Ốc xoắn là những con sói thu nhỏ và chậm chạp  
Loài chủ chốt
- 66 Tập tính kiếm ăn của động vật có thích nghi hay không phụ thuộc vào hiệu quả của nó  
Thuyết kiếm ăn tối ưu



- 68 Ký sinh trùng và mầm bệnh như loài săn mồi kiểm soát các quần thể  
Dịch tễ học sinh thái
- 72 Vì sao chân của chim cánh cụt không bị đóng băng?  
Sinh lý học môi trường
- 74 Toàn bộ sự sống là hóa học  
Hệ số tỷ lượng sinh thái
- 76 Biết sợ là một loại sức mạnh  
Hiệu ứng không ăn thịt của loài săn mồi đối với con mồi

### SẮP XẾP THẾ GIỚI TỰ NHIÊN

- 82 Mọi vật trong tự nhiên đều có cái gì đó diệu kỳ  
Phân loại sinh vật
- 84 Có kính hiển vi giúp sức, không gì ta không thể tìm hiểu  
Môi trường vi sinh

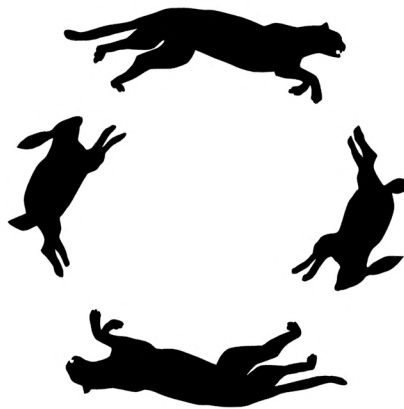
- 86 Không biết tên của sự vật là mất đi kiến thức về chúng  
Hệ thống định danh tất cả sinh vật trong tự nhiên
- 88 “Cách ly sinh sản” là từ khóa  
Khái niệm loài sinh học
- 90 Rõ ràng các sinh vật xếp thành một số giới chính  
Một quan điểm hiện đại về sự đa dạng
- 92 Cứu sinh quyển và bạn có cơ may cứu thế giới  
Hoạt động của con người và đa dạng sinh học
- 96 Chúng ta đang ở giai đoạn mở đầu của một cuộc đại tuyệt chủng  
Các điểm nóng về đa dạng sinh học

---

## SỰ SỐNG ĐA DẠNG

---

- 102 Chính vi sinh vật là những kẻ quyết định cuối cùng  
Vi sinh vật học
- 104 Một số loài cây cộng sinh với nấm  
Nấm rễ cộng sinh ở khắp nơi
- 106 Thức ăn là vấn đề hóc búa  
Sinh thái học động vật
- 114 Chim đẻ số trứng nở ra số con non tối ưu  
Kiểm soát ổ trứng
- 116 Sự gắn kết với loài chó bên vũng không thua bất kỳ mối quan hệ nào trên Trái Đất  
Tập tính động vật



- 118 Tái định nghĩa “công cụ”, tái định nghĩa “con người”, hoặc chấp nhận tinh tinh là người  
Sử dụng các mô hình cho động vật để hiểu hành vi của con người
- 126 Tất cả hoạt động của cơ thể phụ thuộc vào nhiệt độ  
Điều hòa thân nhiệt ở côn trùng

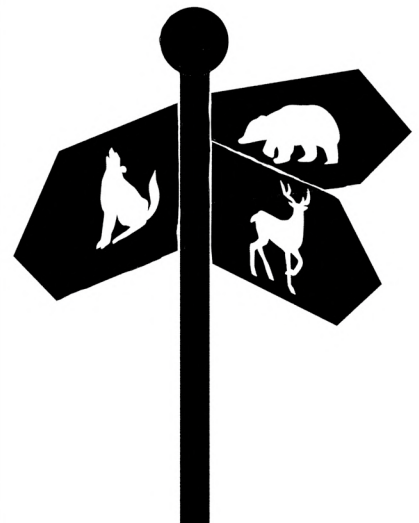
---

## CÁC HỆ SINH THÁI

---

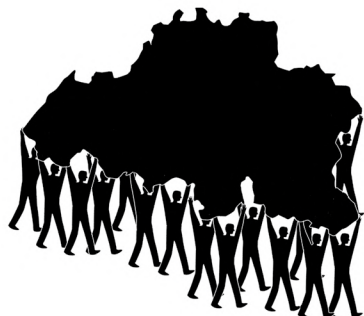
- 132 Mỗi bộ phận riêng lẻ trong nhà máy của tự nhiên đều cần thiết để duy trì các bộ phận khác  
Chuỗi thức ăn
- 134 Mọi sinh vật đều là nguồn thức ăn tiềm năng cho sinh vật khác  
Hệ sinh thái
- 138 Sự sống được hỗ trợ bởi một mạng lưới gồm rất nhiều quá trình  
Dòng năng lượng trong các hệ sinh thái

- 140 Thế giới màu xanh lá  
Nói tăng dinh dưỡng
- 144 Đảo là các hệ sinh thái  
Địa sinh học đảo
- 150 Quan trọng là các con số không thay đổi  
Khả năng phục hồi sinh thái
- 152 Quần thể chịu những tác động không thể dự đoán trước  
Thuyết trung lập về đa dạng sinh học
- 153 Chi một cộng đồng các nhà nghiên cứu mới có cơ hội khám phá cái toàn thể phức tạp  
Sinh thái học lớn
- 154 Chiến lược tốt nhất tùy thuộc vào điều kẻ khác đang làm  
Trạng thái tiến hóa ổn định
- 156 Các loài duy trì hoạt động và sự ổn định của hệ sinh thái  
Đa dạng sinh học và chức năng của hệ sinh thái



# CÁC SINH VẬT TRONG MỘT MÔI TRƯỜNG ĐANG BIẾN ĐỔI

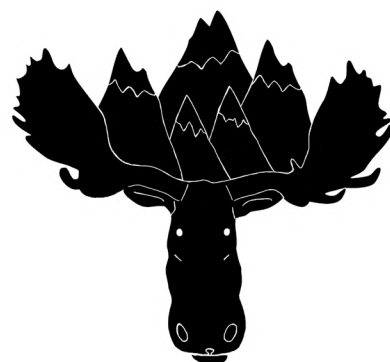
- 162** Nghiên cứu triết lý về tự nhiên kết nối hiện tại với quá khứ  
Phân bố loài theo không gian và thời gian
- 164** Tốc độ gia tăng thực của dân số bị giới hạn bởi tốc độ sinh của quốc gia  
Phương trình Verhulst
- 166** Điều kiện tiên quyết là hiểu biết tường tận về trật tự tự nhiên  
Các sinh vật và môi trường của chúng
- 167** Thực vật sống trong thang thời gian khác  
Cơ sở của sinh thái học thực vật
- 168** Nguyên nhân cho sự khác biệt giữa các loài thực vật  
Khí hậu và thảm thực vật
- 170** Tôi vẫn có niềm tin lớn vào hạt giống  
Diễn thế sinh thái



- 172** Quần xã xuất hiện, phát triển, trưởng thành và chết  
Quần xã đỉnh cực
- 174** Quần hợp không phải một sinh vật mà là sự ngẫu nhiên  
Lý thuyết quần xã mở
- 176** Nhóm các loài khai thác môi trường theo cách giống nhau  
Hội sinh thái
- 178** Mạng lưới khoa học công dân phụ thuộc vào tình nguyện viên  
Khoa học công dân
- 184** Động học quần thể trở nên hỗn độn khi tốc độ sinh sản tăng vọt  
Sự biến đổi hỗn độn của quần thể
- 185** Muốn thấy bức tranh lớn thì phải nhìn từ xa  
Sinh thái học vi mô
- 186** Quần thể của các quần thể  
Siêu quần thể
- 188** Các sinh vật biến đổi và xây dựng thế giới mà chúng sống  
Xây dựng ổ sinh thái
- 190** Các quần xã cục bộ trao đổi loài qua lại  
Siêu quần xã

## TRÁI ĐẤT SỐNG

- 198** Sông băng là cái cây lớn của Chúa  
Các kỷ băng hà cổ đại
- 200** Không có gì trên bản đồ để đánh dấu đường ranh giới  
Địa sinh học



- 202** Nóng lên toàn cầu không phải lời dự đoán.  
Nó đang diễn ra  
Nóng lên toàn cầu
- 204** Vật chất sống là lực địa chất mạnh nhất  
Sinh quyển
- 206** Hệ thống của tự nhiên  
Khu sinh học
- 210** Ta xem nhẹ các dịch vụ của tự nhiên vì ta không phải trả tiền  
Một cái nhìn toàn diện về Trái Đất
- 212** Kiến tạo mảng không hoàn toàn là tàn phá và hủy diệt  
Các lục địa di chuyển và sự tiến hóa
- 214** Sự sống biến đổi Trái Đất theo những mục đích của riêng nó  
Giả thuyết Gaia
- 218** Một nửa sự sống trên Trái Đất bị giết chết 65 triệu năm trước  
Đại tuyệt chủng

**224** Việc đốt tất cả nhiên liệu dự trữ sẽ gây ra hiệu ứng nhà kính ngoài tầm kiểm soát  
Vòng lặp phản hồi môi trường

## YẾU TỐ CON NGƯỜI

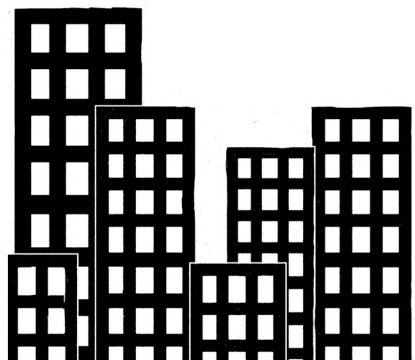
**230** Ô nhiễm môi trường là căn bệnh vô phương cứu chữa  
Ô nhiễm

**236** Chứa không thể cứu cây cối khỏi những kẻ ngốc  
Môi trường sống nguy cấp

**240** Chúng ta đang trông thấy buổi đầu của một hành tinh biến đổi nhanh chóng  
Đường cong Keeling

**242** Hóa chất đã dón dập dội xuống kết cấu của sự sống  
Dư lượng thuốc trừ sâu

**248** Hành trình dài tù phát hiện đến hoạt động chính trị  
Mua axit



**250** Một thế giới hữu hạn chỉ có thể duy trì sự sống cho lượng dân số hữu hạn  
Quá tải dân số

**252** Màu đen đang bị tẩy ra khỏi bầu trời đêm  
Ô nhiễm ánh sáng

**254** Tôi đang đấu tranh cho nhân loại  
Chặt phá rừng

**260** Thùng tầng ôzôn tựa như viết chữ lên trời  
Suy giảm tầng ôzôn

**262** Chúng ta cần bắt buộc thay đổi  
Cạn kiệt tài nguyên thiên nhiên

**266** Những con tàu ngày càng to đánh bắt cá càng ít càng bé  
Đánh bắt cá quá mức

**270** Du nhập vài con thú không thể gây hại mấy  
Loài xâm lấn

**274** Khi nhiệt độ tăng, hệ cân bằng mong manh rơi vào tình trạng xáo trộn  
Biến dạng mùa xuân

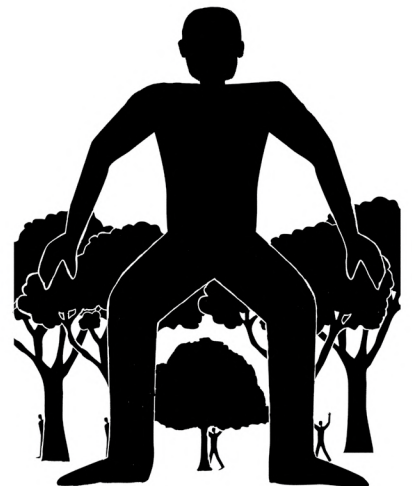
**280** Một trong những nguy cơ chính đối với đa dạng sinh học là các bệnh truyền nhiễm  
Vi-rút ở động vật lưỡng cư

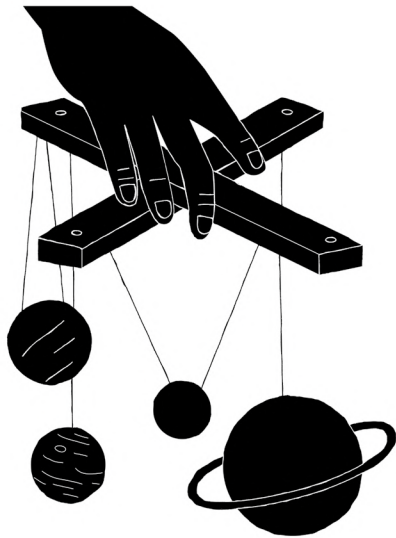
**281** Hãy tưởng tượng bạn đang cố xây nhà mà cứ bị kẻ khác ăn trộm gạch  
Axit hóa đại dương

**282** Không thể làm ngo trước tác hại của sự bành trướng đô thị đến môi trường  
Bành trướng đô thị

**284** Các đại dương của chúng ta đang biến thành một nôi xúp nhựa  
Bãi rác nhựa

**286** Nước là quý chung và là nhân quyền  
Khủng hoảng nước

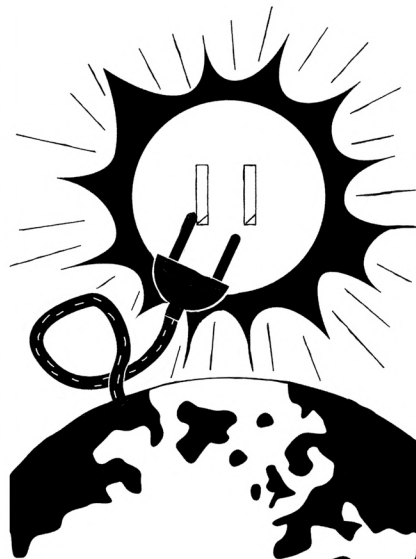




## CHỦ NGHĨA MÔI TRƯỜNG VÀ VIỆC BẢO TỒN

- 296** Con người thống trị tự nhiên  
hoàn toàn dựa vào kiến thức  
Con người thống trị tự nhiên
- 297** Tự nhiên là nhà kinh tế học  
vĩ đại  
Con người chung sống  
hòa bình với tự nhiên
- 298** Thế giới được gìn giữ  
trong hoang dã  
Chủ nghĩa Lãng mạn,  
bảo tồn và sinh thái học
- 299** Con người ở đâu cũng là  
tác nhân đáng ngại  
Con người tàn phá Trái Đất
- 300** Năng lượng Mặt Trời  
vừa vô hạn vừa miễn phí  
Năng lượng tái tạo

- 306** Đa đến lúc khoa học  
tất bật vì Trái Đất  
Đạo đức học môi trường
- 308** Suy nghĩa cho toàn cầu,  
hành động từ địa phương  
Phong trào Xanh
- 310** Những hậu quả của hành vi  
hôm nay lên thế giới ngày mai  
Chương trình Con người  
và Sinh quyển
- 312** Dự đoán kích thước  
và khả năng tuyệt chủng  
của quần thể  
Phân tích sức sống quần thể
- 316** Biến đổi khí hậu đang xảy ra  
ở đây, ngay lúc này  
Ngăn chặn biến đổi khí hậu
- 322** Năng lực cung ứng  
cho dân số thế giới  
Sáng kiến Sinh quyển  
Bền vững



- 324** Chúng ta đang phó mặc  
môi trường tự nhiên  
cho sự ngẫu nhiên  
Tác động kinh tế  
của biến đổi khí hậu
- 326** Độc canh và độc quyền  
đang hủy hoại phần thưởng  
của hạt giống  
Đa dạng hạt giống
- 328** Hệ sinh thái tự nhiên  
và các loài trong đó  
giúp duy trì và thỏa mãn  
sự sống con người  
Các dịch vụ hệ sinh thái
- 330** Chúng ta đang sống  
trên hành tinh này như thể  
ta còn có hành tinh khác  
Xử lý rác thải

## 332 PHỤ LỤC

## 340 THUẬT NGỮ

## 344 CHỈ MỤC

## 351 NGUỒN TRÍCH DẪN

## 352 LỜI CẢM ƠN

---

**CÂU CHU  
TIẾN HÓA**

---

**YÊN**

**James Hutton** trình bày giả thuyết cho rằng **Trái Đất già hơn nhiều** so với những gì trước đó người ta tin và rằng lớp vỏ Trái Đất liên tục biến đổi.

↑  
**1785**

Trong *Tiểu luận giả thuyết về Trái Đất*, **Georges Cuvier** đề xuất rằng **hóa thạch** là di tích của **các sinh vật đã tuyệt chủng**, bị những sự kiện "thảm họa" theo chu kỳ quét sạch.

↑  
**1813**

Tàu HMS *Beagle* ra khơi đi vòng quanh thế giới, **Charles Darwin** tham gia chuyến đi với tư cách nhà tự nhiên học. Hành trình đã cung cấp cho Darwin những thông tin đóng vai trò là gạch nối trong thuyết **tiến hóa bằng chọn lọc tự nhiên** của ông.

↑  
**1831**

**1809**



**Jean-Baptiste Lamarck** xuất bản *Triết học động vật*, trong đó ông lập luận rằng việc các loài động vật sử dụng hay không sử dụng những bộ phận khác nhau trên cơ thể khiến chúng thu được các đặc tính, kích thích sự **đột biến** qua nhiều thế hệ.

**1823**



Nhà sản tìm hóa thạch nghiệp dư **Mary Anning** phát hiện **bộ xương xã cánh long** nguyên vẹn đầu tiên.

Những chuyện thần thoại, tôn giáo và triết lý cổ xưa đều phản ánh một sự tò mò vinh viễn về cách thế giới bắt đầu và chỗ đứng của loài người trong câu chuyện sự sống trên Trái Đất. Ở phương Tây, Kitô giáo cho rằng mọi động thực vật là kết quả của sự sáng tạo hoàn hảo. Trên chuỗi hay thang sự sống, chưa có loài nào di chuyển từ vị trí này sang vị trí khác. Tu tưởng cho rằng muôn loài đều bất biến gọi là thuyết bản chất.

Thời kỳ Khai sáng thế kỷ XVIII bắt đầu thách thức những niềm tin Kitô chính thống. Nhà động vật học người Pháp Jean-Baptiste Lamarck bác bỏ quan niệm phổ biến dựa trên Kinh Thánh cho rằng Trái Đất chỉ vài ngàn năm tuổi. Ông cho rằng qua hàng triệu năm, sinh vật hẳn đã biến đổi từ những dạng sống đơn giản thành những dạng phức tạp hơn,

và rằng sự "chuyển đổi" loài là động lực đằng sau sự biến đổi này. Ông suy đoán rằng những đặc tính mà động vật có được trong vòng đời đã di truyền sang thế hệ sau: chẳng hạn nhu huou cao cổ vì ruôn lên để với tới lá cây trên cao mà cổ dài ra một chút, rồi truyền đặc điểm này cho đời sau; qua nhiều thế hệ, cổ của chúng càng lúc càng dài.

Các nhà địa chất học tiên phong như Georges Cuvier tìm được bằng chứng hóa thạch của các dạng sống đã tuyệt chủng có những đặc điểm giống với những loài hậu duệ hiện đại, cho thấy Trái Đất đã bắt nguồn từ cổ xưa hơn nhiều. James Hutton và Charles Lyell cho rằng có thể giải thích các đặc điểm địa chất bằng những quá trình xói mòn và trầm tích vẫn đang xảy ra liên tục – quan điểm có tên đồng nhất luận. Vì những quá trình này diễn ra

chậm, lịch sử Trái Đất ắt phải dài hơn nhiều so với những gì mà người ta nghĩ trước đó.

## Chọn lọc tự nhiên

Năm 1858, Charles Darwin và Alfred Russel Wallace xuất bản bài báo thay đổi ngành sinh học mãi mãi. Những quan sát của Darwin trên hành trình của tàu *Beagle* (1831–36), thu từ của ông với các nhà tự nhiên học khác và ảnh hưởng bởi những ghi chép của Thomas Malthus là gạch nối cho Darwin hiểu rằng tiến hóa diễn ra do cái mà ông gọi là chọn lọc tự nhiên. Ông dành 20 năm thu thập những dữ liệu chứng minh, nhưng khi Wallace viết thư cho ông để nói về cùng một ý tưởng, Darwin nhận ra đã đến lúc phải công bố học thuyết. Cuốn sách sau đó của ông, *Về nguồn gốc các loài*, đã khơi dậy phản ứng phản nộ.



Bài báo “Thí nghiệm lai giống thực vật” của **Gregor Mendel** trình bày những phát hiện trong các thí nghiệm của ông trên đậu Hà Lan, đặt nền móng cho lĩnh vực **di truyền học**.

↑  
**1866**

*Gen vị kỳ* của nhà sinh học tiến hóa **Richard Dawkins** cung cấp **cái nhìn mới về tiến hóa**, xem xét gen thay vì loài hay nhóm sinh vật.

↑  
**1976**

**1859**



Cuốn sách *Về nguồn gốc các loài thông qua chọn lọc tự nhiên* của Darwin phân tích chi tiết các giả thuyết về tiến hóa và ngay lập tức cháy hàng.

**1953**



Trong quán rượu Đại bàng ở Cambridge, Anh, **Crick và Watson** tuyên bố đã tìm ra **cấu trúc của ADN**.

**2003**



**Dự án Bộ gen Người** tạo ra bản thiết kế di truyền đầu tiên của người *Homo sapiens*.

Dù ý tưởng về tiến hóa bắt đầu được chấp nhận rộng rãi, người ta vẫn chưa biết cơ chế nào đưa đến chọn lọc tự nhiên. Năm 1866, một tu sĩ người Áo là Gregor Mendel đã có đóng góp to lớn cho di truyền học khi công bố những phát hiện về sự kế thừa tính trạng ở đậu Hà Lan. Mendel mô tả cách các tính trạng trội và lặn truyền từ thế hệ này sang thế hệ sau, qua những “nhân tố” vô hình mà bây giờ ta gọi là gen.

Năm 1900, việc tái khám phá công trình của Mendel đã châm ngòi cho cuộc tranh luận gay gắt giữa những người ủng hộ ông và nhiều người theo thuyết Darwin. Lúc đó, người ta tin rằng tiến hóa dựa trên sự chọn lọc những biến thể nhỏ, dung hợp, nhưng những biến thể của Mendel không dung hợp. Ba thập kỷ sau, Ronald Fisher và những nhà di truyền học khác

cho rằng cả hai trường phái tu tưởng này bổ sung cho nhau chứ không hề mâu thuẫn. Năm 1942, Julian Huxley trình bày rõ sự tổng hợp giữa di truyền học của Mendel và thuyết chọn lọc tự nhiên của Darwin trong cuốn *Tiến hóa: Tổng hợp hiện đại*.

### Mạch xoắn kép

Thập niên 1940 và 1950, những tiến bộ công nghệ như tinh thể học tia X đã dẫn đến nhiều phát hiện, đặt nền móng cho ngành mới là sinh học phân tử. Năm 1944, nhà hóa học Oswald Avery phân lập vật chất di truyền axit deôxiribonucleic (ADN). Năm 1952, Rosalind Franklin và Raymond Gosling chụp được các mạch phân tử ADN, một năm sau đó James Watson và Francis Crick khẳng định cấu trúc mạch xoắn kép của phân tử này. Crick tiếp tục chứng minh rằng thông tin

di truyền được “viết” trên các phân tử ADN. Những lỗi sai xảy ra khi ADN tự sao chép tạo ra các đột biến – vật liệu thô cho sự tiến hóa. Thập niên 1980, người ta đã có thể lập bản đồ cũng như điều chỉnh gen của các cá thể và các loài. Thập niên 1990, việc lập bản đồ gen người đã mở đường cho những nghiên cứu y học về liệu pháp gen.

Các nhà sinh thái học cũng muốn xác minh liệu gen có ảnh hưởng đến hành vi. Năm 1964, William D. Hamilton đã phổ biến khái niệm về quan hệ di truyền để giải thích hành vi vị tha ở động vật. Trong cuốn *Gen vị kỳ* (1976), Richard Dawkins đề xuất cách tiếp cận lấy gen làm trung tâm. Rõ ràng, chừng nào các nhà sinh thái học còn tiếp tục phát triển học thuyết của Darwin, các khía cạnh của sinh học tiến hóa vẫn tiếp tục châm ngòi tranh luận. ■



## BỐI CẢNH

### NHÂN VẬT TIÊU BIỂU

**Bá tước xứ Buffon** (1707–88)  
**Jean-Baptiste Lamarck**  
(1744–1829)

### TRƯỚC ĐÓ

**1735** Nhà thực vật học người Thụy Điển Carl Linnaeus xuất bản *Hệ thống tự nhiên*, hệ thống phân loại sinh học sau này đã giúp xác định tổ tiên các loài.

**1751** Trong tiểu luận “Hệ thống tự nhiên”, triết gia người Pháp Pierre Louis Moreau de Maupertuis cho rằng các đặc điểm có thể được di truyền.

### SAU ĐÓ

**1831** Etienne Geoffroy Saint-Hilaire viết rằng môi trường thay đổi đột ngột có thể khiến một loài mới phát triển từ một sinh vật hiện có.

**1844** Trong *Những dấu vết về lịch sử tự nhiên của tạo hóa*, nhà địa chất học Robert Chambers ấn danh cho rằng các sinh vật đơn giản đã tiến hóa thành những loài phức tạp hơn.

# THỜI GIAN LÀ VÔ NGHĨA VÀ KHÔNG BAO GIỜ LÀM KHÓ ĐƯỢC TỰ NHIÊN

## NHỮNG GIẢ THUYẾT SƠ KHAI VỀ TIẾN HÓA

**T**rước thế kỷ XVIII, hầu hết mọi người tin rằng các loài động thực vật bất biến theo thời gian – một quan niệm mà ngày nay gọi là thuyết bản chất. Tu tưởng này vấp phải thách thức vì hai sự biến chuyển: phong trào tri thức Khai sáng (kh.1715–1800) và Cách mạng Công nghiệp (1760–1840).

Phong trào Khai sáng ghi dấu bởi sự tiến bộ khoa học và sự gia tăng nghi vấn về tính chính thống tôn giáo, nhu việc cho rằng Chúa tạo ra Trái Đất và mọi sinh vật trong bảy ngày. Sau đó, khi Cách mạng Công nghiệp tăng tốc, kênh đào, đường sắt, hầm và mỏ cắt qua các tầng đá đã làm lộ ra hàng ngàn hóa thạch, chủ yếu là các loài động thực vật không còn tồn tại. Những hóa thạch này gọi ra rằng sự sống đã bắt đầu từ lâu trước ngày sáng tạo được chấp nhận rộng rãi là năm 4400 TCN, rút ra từ Kinh Thánh.

### Sự thích nghi của động vật

Cuối thập niên 1700, nhà khoa học người Pháp Georges-Louis Leclerc, Bá tước xứ Buffon, đã làm phật ý các giới chức của Giáo hội khi quả quyết rằng Trái Đất già hơn nhiều so với những gì Kinh Thánh gọi ra. Ông tin rằng Trái Đất được hình thành từ vật chất nóng chảy, văng

ra khỏi Mặt Trời vì va đập với một ngôi sao chổi, phải mất 70.000 năm mới nguội (con số quá thấp so với tuổi thật của Trái Đất). Khi Trái Đất đã nguội, các sinh vật xuất hiện, chết đi, và cuối cùng bị thay thế bởi tổ tiên của những loài được biết đến ngày nay. Nhận thấy những tương đồng giữa các loài động vật như sư tử, hổ và mèo, Buffon suy luận rằng 200 loài bốn chân đã tiến hóa từ chỉ 38 loài tổ tiên. Ông cũng tin rằng những thay đổi về hình dáng và kích thước cơ thể ở các loài tương tự nhau đã xảy ra nhằm đáp ứng với việc sinh sống trong những môi trường khác nhau.

Năm 1800, nhà tự nhiên học người Pháp Jean-Baptiste Lamarck còn tiến xa hơn. Trong một bài giảng



Tự nhiên là hệ thống luật lệ được thiết lập bởi Đấng Sáng Tạo cho sự tồn tại của vạn vật và sự kế tục của các sinh vật.

**Bá tước xứ Buffon**



**Xem thêm:** Tuyệt chủng và biến đổi 22 ■ Đồng nhất luận 23 ■ Tiến hóa bằng chọn lọc tự nhiên 24–31 ■ Các quy luật di truyền 32–33

tại Bảo tàng Lịch sử Tự nhiên ở Paris, ông cho rằng các tính trạng mà sinh vật có được trong vòng đời của nó có thể được con cháu của sinh vật đó kế thừa, và rằng việc tích lũy những thay đổi như vậy qua nhiều thế hệ có thể làm biến đổi hoàn toàn giải phẫu của một loài động vật.

Lamarck viết vài cuốn sách, trong đó ông triển khai ý tưởng về sự biến đổi. Chẳng hạn, ông cho rằng việc sử dụng hay không sử dụng các bộ phận cơ thể dần dần khiến những cơ quan này ở loài trở nên mạnh hơn, yếu đi, to lên hay bé đi. Ví dụ, tổ tiên của chuột chũi có lẽ có thị lực tốt, nhưng trải qua các thế hệ, thị lực của chuột chũi đã suy giảm vì chúng không cần thị giác khi đào hang dưới đất. Tương tự, huou cao cổ dần phát triển chiếc cổ dài hơn để có thể với tới những lá cây mọc tít trên cao.

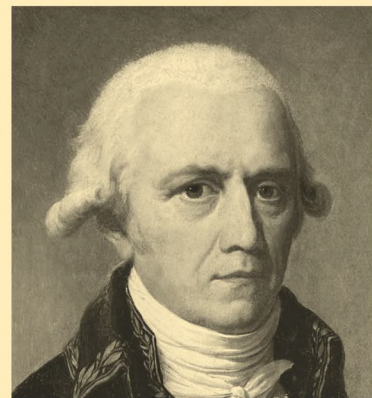
### Những động lực của tiến hóa

Các ý tưởng của Lamarck về tính trạng kế thừa tập nhiễm là một phần của thuyết tiến hóa sơ khai rộng hơn. Ông cũng tin rằng những dạng sống sớm nhất, đơn giản nhất đã xuất hiện trực tiếp từ vật chất vô sinh. Lamarck đã xác định được hai “động lực sự sống” chính yếu thúc đẩy sự thay đổi có ý nghĩa tiến hóa.

“  
... việc sử dụng liên tục bất kỳ cơ quan nào dần dần sẽ làm cơ quan đó mạnh lên, phát triển và to ra.  
Jean-Baptiste Lamarck

Ông tin rằng một trong hai động lực đã khiến các sinh vật phát triển từ dạng đơn giản sang dạng phức tạp hơn trên “thang” tiến hóa. Động lực còn lại, thông qua thừa kế các tính trạng có được, giúp các sinh vật thích nghi tốt hơn với môi trường của chúng. Khi Charles Darwin phát triển thuyết tiến hóa bằng chọn lọc tự nhiên, ông đã gạt bỏ nhiều ý tưởng của Lamarck, nhưng cả hai có cùng niềm tin rằng sự sống phức tạp đã tiến hóa qua một khoảng thời gian hết sức dài. ■

**Các phát hiện hóa thạch** đã thay đổi những tư tưởng về cách sự sống bắt đầu. Mẫu hóa thạch đầu tiên của xà cảnh long có khớp – *Plesiosaurus dolichodeirus* – được Mary Anning phát hiện năm 1823 ở Dorset, Anh.



**Jean-Baptiste Lamarck**

Jean-Baptiste Lamarck sinh năm 1744, theo học một trường Dòng Tên trước khi gia nhập quân đội Pháp. Buộc phải xuất ngũ vì bị thương, ông học y khoa và sau đó theo đuổi đam mê đối với cây cỏ, làm việc tại Jardin du roi (Vườn Hoàng gia) ở Paris. Với sự hỗ trợ của Bá tước xứ Buffon, năm 1779 Lamarck trúng cử vào Viện Hàn lâm Khoa học Pháp. Khi tòa nhà chính của Jardin trở thành Bảo tàng Lịch sử Tự nhiên Quốc gia mới trong cuộc Cách mạng Pháp (1789–99), Lamarck được giao phụ trách nghiên cứu côn trùng, sâu và các vi sinh vật. Ông đã đặt ra thuật ngữ sinh học “động vật không xương sống” và thường sử dụng những dạng tương đối đơn giản hơn của các loài thuộc nhóm này để mô tả cho “thang” tiến hóa của mình. Tuy nhiên, công trình của Lamarck gây nhiều tranh cãi và ông qua đời trong nghèo túng vào năm 1829.

### Tác phẩm chính

**1802** *Nghiên cứu về tổ chức của các cơ thể sống*

**1809** *Triết học động vật*

**1815–22** *Lịch sử tự nhiên của động vật không xương sống*





## BỐI CẢNH

### NHÂN VẬT TIÊU BIỂU

**Georges Cuvier** (1769–1832)

### TRƯỚC ĐÓ

**Cuối thế kỷ XV** Leonardo da Vinci cho rằng các hóa thạch là di tích của các sinh vật chủ không chỉ là những hình thù được tạo ngẫu nhiên trong đất.

**Tn.1660** Robert Hooke cho rằng hóa thạch là những sinh vật đã tuyệt chủng, vì ngày nay không thể tìm thấy những dạng tương tự trên Trái Đất.

### SAU ĐÓ

**1841** Nhà giải phẫu người Anh Richard Owen gọi hóa thạch bò sát khổng lồ là “khủng long”.

**1859** Về nguồn gốc các loài của Charles Darwin giải thích cách tiến hóa có thể diễn ra thông qua “chọn lọc tự nhiên”.

**1980** Hai nhà khoa học người Mỹ Luis và Walter Alvarez đưa ra bằng chứng cho thấy một thiên thạch đã va phải Trái Đất vào thời điểm loài khủng long tuyệt chủng.

# THẾ GIỚI TRƯỚC CÁI TA CÓ, BỊ HỦY DIỆT BỞI TAI BIẾN

## TUYỆT CHÙNG VÀ BIẾN ĐỔI

**K**hi nghiên cứu hóa thạch còn mới mẻ, nhiều người đã phủ nhận hóa thạch có thể là loài tuyệt chủng. Họ không hiểu vì sao Chúa tạo ra rồi lại hủy diệt các loài trước cả khi con người xuất hiện, và cho rằng sinh vật hóa thạch xa lạ có lẽ vẫn còn sống đâu đó trên Trái Đất. Cuối thế kỷ XVIII, nhà động vật học người Pháp Georges Cuvier tìm hiểu điều này bằng cách khám phá đặc điểm giải phẫu của voi sống và voi hóa thạch. Ông chứng minh rằng các dạng hóa thạch như voi ma mút và voi răng mấu khác biệt về giải phẫu so với voi sống, và do đó phải là những loài đã tuyệt chủng. (Rất khó có khả năng chúng vẫn sống trên Trái Đất mà không bị ai bắt gặp.)

Cuvier tin rằng Trái Đất đã trải qua các thời kỳ khác nhau, mỗi thời kỳ kết thúc với một “cuộc cách mạng” hủy diệt các loài động thực vật đang có, nhưng ông không tin rằng các

**Cuvier đặt tên** “voi răng mấu” (mastodon) vì nghĩa tiếng Hy Lạp của từ này là “răng vú”, dùng để chỉ các chỗ lồi ra giống núm vú trên răng của chúng, khác với răng của bất kỳ loài voi nào ngày nay.

di tích hóa thạch bênh vực thuyết tiến hóa. Dù vậy, những quan điểm chính của Cuvier tiếp tục được ủng hộ, và các bằng chứng hiện đại chỉ ra ít nhất năm cuộc đại tuyệt chủng thảm khốc trong lịch sử Trái Đất, gồm một cuộc đại tuyệt chủng đã tiêu diệt loài khủng long. Khác với Cuvier, các nhà khoa học ngày nay biết rằng sự sống không được tái tạo từ hư không sau tai biến. Thay vào đó, khi một cuộc đại tuyệt chủng giết chết nhiều loài, những loài còn lại sẽ tiến hóa và nhân lên – đôi khi tương đối nhanh – để lấp đầy các hốc sinh thái còn trống, như cách động vật có vú đã làm sau thời kỳ của khủng long. ■



**Xem thêm:** Tiến hóa bằng chọn lọc tự nhiên 24–31 ■ Ổ sinh thái 50–51  
■ Các kỷ băng hà cổ đại 198–199 ■ Đại tuyệt chủng 218–223



# KHÔNG VẾT TÍCH KHỞI ĐẦU, KHÔNG TIỀM NĂNG KẾT THÚC

## ĐỒNG NHẤT LUẬN

### BỐI CẢNH

**NHÂN VẬT TIÊU BIỂU**  
**James Hutton** (1726–97)

#### TRƯỚC ĐÓ

**1778** Bá tước xứ Buffon cho rằng Trái Đất già ít nhất 75.000 năm tuổi – con số lớn hơn hầu hết người thời đó tin.

**1787** Nhà địa chất học người Đức Abraham Werner cho rằng các lớp đá của Trái Đất được tạo thành từ một đại dương mênh mông từng bao phủ toàn bộ hành tinh. Những người ủng hộ học thuyết của ông được gọi là các Neptunist.

#### SAU ĐÓ

**1802** Đồng nhất luận của James Hutton tiếp cận được nhiều đối tượng hơn khi nhà địa chất học người Scotland John Playfair xuất bản *Những minh họa cho thuyết Hutton về Trái Đất*.

**1830–33** Nguyên lý địa chất, viết bởi nhà địa chất học người Scotland Charles Lyell, ủng hộ và phát triển những ý tưởng về đồng nhất của James Hutton.

**Đ**ồng nhất luận là học thuyết cho rằng các quá trình địa chất, nhu sự lắng xuống của trầm tích, xói mòn và hoạt động của núi lửa, bây giờ và trong quá khứ xảy ra với nhịp độ nhu nhau. Ý tưởng về đồng nhất xuất hiện ở cuối thế kỷ XVIII, khi việc khai thác hầm, mỏ và sự di chuyển gia tăng giúp phát hiện càng nhiều các đặc điểm địa chất hơn bao giờ hết, như các tầng đá bất thường và những hóa thạch trước đó chưa được biết đến, khiến khắp nơi khi ấy tranh luận về nguồn gốc của chúng.

Quan điểm được chấp nhận phổ biến cho rằng Trái Đất chỉ vài ngàn năm tuổi đã bị Bá tước xứ Buffon thách thức, và năm 1785 nhà địa chất người Scotland James Hutton cũng ủng hộ rằng Trái Đất có từ xưa hơn nhiều. Các ý tưởng của Hutton được hình thành trong những cuộc thám hiểm quanh Scotland để nghiên cứu các lớp đá. Ông tin rằng vỏ Trái Đất liên tục biến đổi tuy thường chậm chạp, và không thấy có lý do gì để cho rằng những hoạt động địa chất phức tạp như sự xếp chồng, xói mòn và trôi lên trong quá khứ diễn ra

“  
... từ những gì đã thực sự xảy ra, chúng ta có đủ liệu để nhận thấy [những gì] sẽ xảy ra sau đó.

**James Hutton**

nhơn hơn ở hiện tại. Hutton còn hiểu rằng hầu hết các quá trình địa chất xảy ra từ từ đến mức những đặc điểm địa chất mà ông phát hiện ra hẳn phải nhiều tuổi vô cùng.

Đồng nhất luận không được nhiều người chấp nhận ngay, nhất là vì nó thách thức cách giải thích theo nghĩa đen các câu chuyện trong Cựu Ước. Tuy vậy, một thế hệ các nhà địa chất học mới, như John Playfair và Charles Lyell, đã dùng ảnh hưởng tri thức của mình để ủng hộ những ý tưởng của Hutton, cũng là những ý tưởng đã soi dẫn cho Charles Darwin thời trẻ. ■

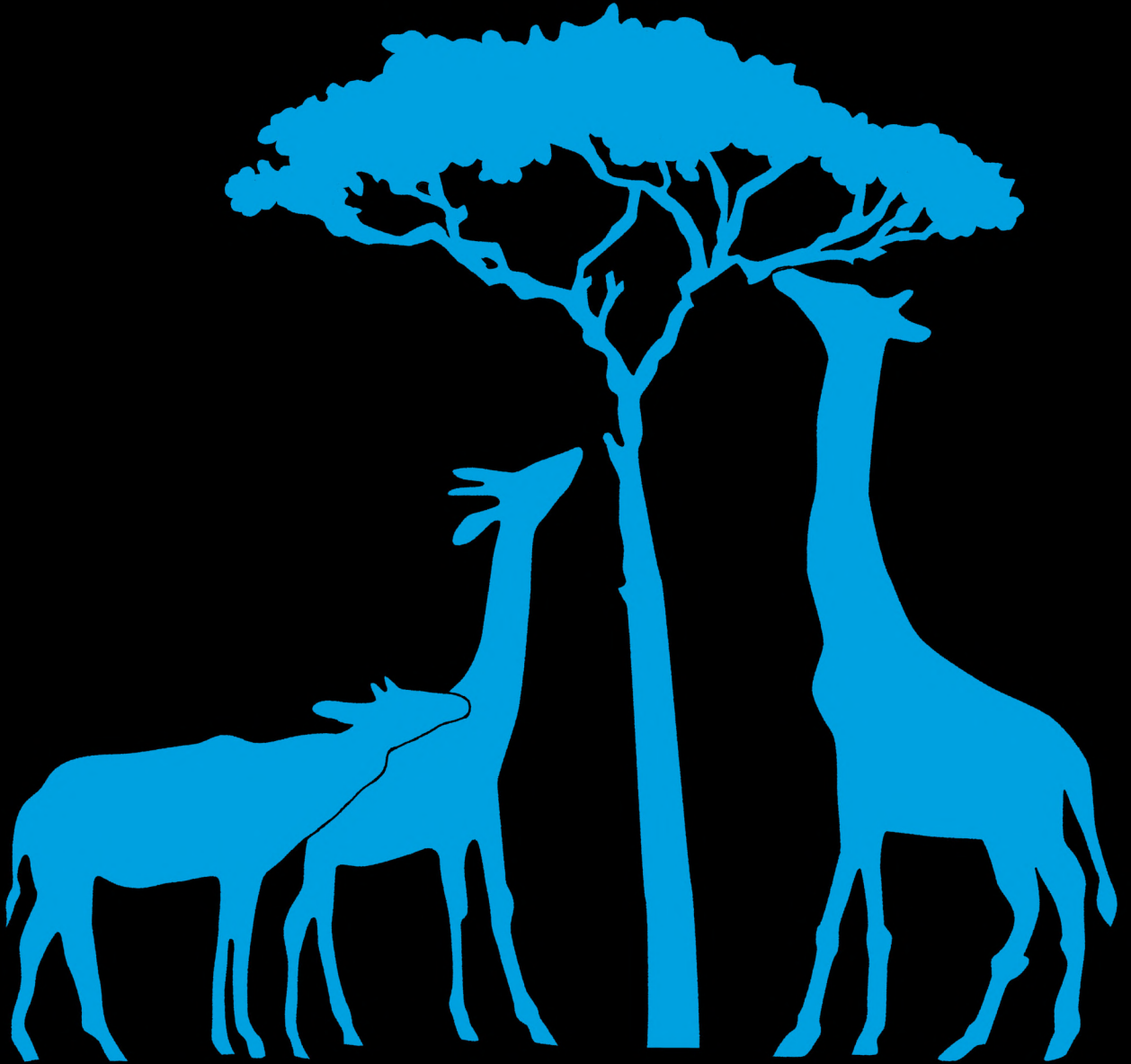
**Xem thêm:** Những giả thuyết so khai về tiến hóa 20–21 ■ Tiến hóa bằng chọn lọc tự nhiên 24–31 ■ Các lục địa di chuyển và sự tiến hóa 212–213 ■ Đại tuyệt chủng 218–223



# ĐẤU TRANH SINH TỒN

TIẾN HÓA BẰNG CHỌN LỌC TỰ NHIÊN





### BỐI CẢNH

#### NHÂN VẬT TIÊU BIỂU

**Charles Darwin** (1809–82)

#### TRƯỚC ĐÓ

**1788** Ở Pháp, Bá tước xứ Buffon hoàn thành bộ sách *Lịch sử tự nhiên* 36 tập, phác ra những ý tưởng sơ khai về tiến hóa.

**1809** Jean-Baptiste Lamarck cho rằng các sinh vật tiến hóa bằng cách kế thừa những tính trạng có được.

#### SAU ĐÓ

**1869** Bác sĩ người Thụy Sĩ Friedrich Miescher tìm ra ADN mặc dù chưa ai hiểu về vai trò di truyền của nó.

**1900** Quy luật di truyền dựa trên những thí nghiệm ở đậu Hà Lan của nhà khoa học người Áo Gregor Mendel giữa thế kỷ XIX được tái khám phá.

**1942** Nhà sinh học người Anh Julian Huxley đặt ra thuật ngữ “tổng hợp hiện đại” để gọi cơ chế được cho là tạo ra sự tiến hóa.

**C**họn lọc tự nhiên, khái niệm được phát triển bởi nhà tự nhiên học người Anh Charles Darwin và được ghi lại trong cuốn *Về nguồn gốc các loài thông qua chọn lọc tự nhiên* (1859) của ông, là cơ chế tiến hóa chính trong các sinh vật, tạo ra những mức độ sinh tồn và khả năng sinh sản khác nhau. Các sinh vật có khả năng sinh sản thành công càng cao thì sẽ truyền gen của chúng cho càng nhiều thế hệ sau, nên các cá thể với những đặc điểm này trở nên phổ biến hơn.

### Tiến tới Galapagos

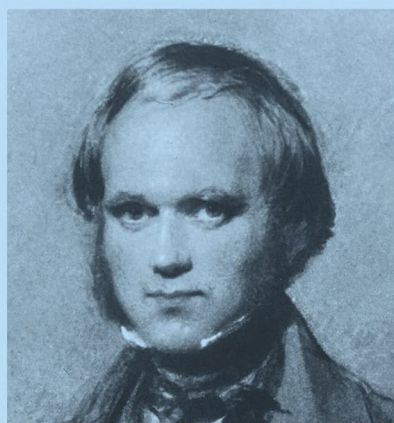
Charles Darwin trẻ tuổi lần đầu suy ngẫm về tiến hóa trong chuyến thám hiểm khoa học tiên phong vòng quanh thế giới trên con tàu HMS *Beagle* từ năm 1831 đến năm 1836. Từ thời thiếu niên, Darwin đã chấp nhận cách diễn giải chính thống về Kinh Thánh, rằng Trái Đất chỉ vài ngàn năm tuổi. Tuy nhiên, khi ở trên tàu *Beagle*, Darwin đã đọc *Nguyên lý địa chất* mới được xuất bản của nhà địa chất học người Scotland Charles Lyell, trong đó chứng minh rằng đá chứa đựng những dấu vết của sự biến đổi siêu nhỏ, dần dần và tích lũy qua những khoảng thời gian vô cùng dài – không phải

“  
Từng ngày từng giờ, chọn lọc tự nhiên đang xem xét kĩ các biến dị nhỏ nhất, trên khắp thế giới.  
Charles Darwin

hàng ngàn mà đến hàng triệu năm. Khi Darwin mục kích những vùng đất trên thế giới đã bị ảnh hưởng bởi các quá trình xói mòn, trầm tích và hoạt động của núi lửa, ông bắt đầu suy đoán về cách các loài động vật biến đổi qua những khoảng thời gian rất dài và lý do cho sự biến đổi đó. Bằng việc nghiên cứu các hóa thạch và quan sát những loài động vật sống, Darwin đã xác định được những quy luật; chẳng hạn, ông nhận thấy rằng các loài đã tuyệt chủng thường bị thay thế bởi những loài hiện đại trông giống nhưng thực chất là khác.

Khảo sát thực địa của Darwin trên quần đảo Galapagos ngoài khơi Nam Mỹ vào mùa thu năm

### Charles Darwin



Sinh năm 1809 ở Shropshire, Anh, từ nhỏ Darwin đã say mê lịch sử tự nhiên. Hối ở Đại học Cambridge, ông thân thiết với một số nhà tự nhiên học có tầm ảnh hưởng, bao gồm John Stevens Henslow. Nhờ đó, Darwin được mời gia nhập đoàn thám hiểm HMS *Beagle* vòng quanh thế giới. Henslow đã giúp Darwin lập danh mục và công bố các phát hiện của ông.

Nghiên cứu của Darwin mang đến cho ông danh tiếng và sự công nhận – Huân chương Hoàng gia của Hội Hoàng gia năm 1853, tư cách thành viên Hội Linnaeus năm 1854. Năm 1859, cuốn sách *Về nguồn gốc các loài* của ông bán

hết trong nháy mắt. Dù sức khỏe không ngừng suy yếu, Darwin vẫn có 10 người con và chưa bao giờ ngừng nghiên cứu cũng như phát triển những học thuyết mới. Ông qua đời năm 1882.

### Tác phẩm chính

**1839** *Nghiên cứu động vật trên hải trình của tàu HMS Beagle*

**1859** *Về nguồn gốc các loài thông qua chọn lọc tự nhiên*

**1868** *Sự biến dị của động vật và thực vật trong quá trình thuần hóa*

**1872** *Biểu hiện cảm xúc ở người và động vật*



**Xem thêm:** Những giả thuyết sơ khai về tiến hóa 20–21 ■ Các quy luật di truyền 32–33 ■ Vai trò của ADN 34–37 ■ Gen vị kỷ 38–39 ■ Chuỗi thức ăn 132–133 ■ Đại tuyệt chủng 218–223 ■ Phân tích sức sống quần thể 312–315

1835 đã cung cấp các bằng chứng đặc biệt vững chắc cho học thuyết sau này của ông về tiến hóa bằng chọn lọc tự nhiên. Ở nơi đây, ông đã quan sát thấy hình dáng phần mai (vỏ) của những con rùa khổng lồ trên mỗi hòn đảo lại hơi khác nhau. Darwin cũng ngạc nhiên khi thấy rằng có bốn loài chim nhại rất giống nhau, nhưng rõ ràng là khác nhau, và không một đảo nào có nhiều hơn một loại chim này. Ông cũng thấy những chú chim nhỏ trông giống nhau nhưng có chiếc mỏ đa dạng về kích cỡ và hình dáng. Darwin rút ra rằng mỗi nhóm đều có một tổ tiên chung nhưng đã phát triển những tính trạng khác nhau trong những môi trường khác nhau.

### Những kết luận của Darwin

Trên hải trình trở lại Anh, Darwin vẫn suy ngẫm về cái mỏ khác biệt của những chú chim nhỏ mà ông thấy trên quần đảo Galapagos, thường được gọi là “chim sẻ” dù chúng không thuộc họ chim sẻ thật sự. Ông biết rằng mỏ chim là công cụ chính để chúng ăn uống, nên chiều dài và hình dáng chiếc mỏ cho ta biết chúng ăn gì. Nghiên cứu sau đó phát hiện ra rằng có 14 loài chim sẻ khác nhau trên quần đảo Galapagos. Mỏ của chúng khác biệt rõ ràng và có hàm ý. Chẳng hạn, sẻ xương rỗng có mỏ dài, nhọn, lý tưởng để mổ hạt từ quả xương rỗng, còn sẻ đất có mỏ ngắn, tù hơn, thích hợp để ăn các loại hạt lớn trên mặt đất. Sẻ chích có mỏ mảnh, sắc, lý tưởng để bắt các loài côn trùng biết bay.

Darwin suy đoán rằng các loài sẻ bắt nguồn từ một loài sẻ tổ tiên chung đã đến quần đảo Galapagos từ lục địa Nam Mỹ. Ông kết luận rằng sự đa dạng quần thể chim sẻ tiến hóa ở những sinh cảnh khác nhau thuộc Galapagos, mỗi nhóm

### So sánh cấu tạo mỏ chim sẻ Galapagos



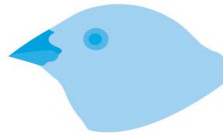
#### *Geospiza magnirostris*

Sẻ đất lớn là loài lớn nhất trong số các loài sẻ Darwin, có mỏ ngắn, sắc, cho phép chúng mổ hạt vỏ cứng.



#### *Geospiza fortis*

Mỏ của sẻ đất nhỏ đa dạng, tiến hóa nhanh chóng để thích nghi với bất kỳ kích thước hạt nào có sẵn.



#### *Geospiza parvula*

Sẻ cây nhỏ kiếm ăn trên cành lá có mỏ ngắn và cùn, phù hợp để ăn hạt, trái cây và côn trùng.



#### *Certhidea olivacea*

Sẻ chích xanh có mỏ mảnh, bén để bắt các loại nhện và côn trùng nhỏ.

thích nghi với một loại thức ăn ít nhiều chuyên biệt bằng một quá trình mà sau này ông gọi là “chọn lọc tự nhiên”. Theo thời gian, các quần thể chim sẻ đã trở thành những loài riêng biệt.

Đầu thế kỷ XXI, các nhà nghiên cứu tại Đại học Harvard đã khám phá những bằng chứng mới về cách chọn lọc tự nhiên xảy ra ở cấp độ gen. Phát hiện của họ được công bố năm 2006, cho thấy rằng một phân tử gọi là calmodulin điều hòa các gen tham gia vào việc định hình mỏ chim, và thấy rằng sẻ xương rỗng mỏ dài có nồng độ calmodulin cao hơn sẻ đất mỏ ngắn.

### Cải tiến học thuyết

Darwin chịu ảnh hưởng bởi *Tiểu luận về nguyên lý dân số* (1798) của Thomas Malthus, trong đó Malthus dự đoán rằng sự phát triển của dân số cuối cùng sẽ vượt quá

nguồn cung thực phẩm. Ý tưởng này khớp với bằng chứng Darwin đã quan sát được về sự cạnh tranh đang diễn ra giữa các cá thể động vật và các loài để có được tài nguyên. Tính chất cạnh tranh này đã hình thành nên xương sống của thuyết tiến hóa hợp nhất của Darwin.

Năm 1839, Darwin phát triển ý tưởng về tiến hóa bằng chọn lọc tự nhiên. Tuy vậy, ông vẫn chần chừ không công bố vì ông hiểu rằng học thuyết này có thể gây ra một trận cuồng phong tranh cãi từ những người xem đây là một sự tấn công vào tôn giáo và Giáo hội. Năm 1857, khi ông bắt đầu trao đổi với nhà tự nhiên học đồng nghiệp người Anh Alfred Russel Wallace, người đã độc lập đi đến những kết luận rất giống của Darwin, ông nhận ra rằng phải công bố các ý tưởng của mình. Tháng 7, 1858, các nghiên cứu của Darwin và

## 28 TIẾN HÓA BẰNG CHỌN LỌC TỰ NHIÊN

Wallace cũng được giới thiệu tại một buổi họp của Hội Linnaeus ở London dưới nhan đề “Về xu hướng hình thái biến dị của các loài; và việc xác định biến dị và loài thông qua chọn lọc tự nhiên”.

Năm tiếp theo, Darwin công bố học thuyết trong cuốn *Về nguồn gốc các loài thông qua chọn lọc tự nhiên*. Cuốn sách làm méch lòng một số nhà khoa học vì nó khác với những ý tưởng của Lamarck về chuyển đổi loài, và cũng chọc giận những người theo thuyết sáng tạo vì họ cho rằng nó làm suy yếu cách diễn giải Kinh Thánh theo nghĩa đen. Nhưng người khác thì cảm thấy học thuyết không giải thích được cho số lượng khổng lồ các đặc điểm ở muôn loài, đồng thời gọi đây là học thuyết “vô vấn” và “cù rích”.

Darwin vẫn tự tin. Ông biết rằng mọi cá thể sinh vật trong một loài thể hiện một mức độ biến dị tự nhiên; chẳng hạn, con thì có ria dài hơn, chân ngắn hơn, hay có màu sắc sặc sỡ hơn. Vì các thành viên của muôn loài cạnh tranh để giành những tài nguyên có hạn, ông rút ra rằng những con có các tính trạng phù hợp nhất với môi trường thì dễ tồn tại và sinh sản hơn. Ông cũng cho rằng những đặc điểm giúp một

“  
Tôi không thấy có lý do gì mà những quan điểm được đưa ra trong tập sách này lại gây hốt hắng cho quan điểm tôn giáo của bất kỳ ai khác.

**Charles Darwin**

“  
cá thể sinh vật sống càng lâu và sinh sản càng thành công sẽ được truyền cho càng nhiều thế hệ con, còn những đặc điểm khiến sinh vật kém thành công sẽ biến mất. Darwin gọi đây là “chọn lọc tự nhiên” – một quá trình kéo dài hàng thế hệ, cho phép quần thể của bất kỳ loài nào thích nghi tốt hơn và phát triển mạnh trong sinh cảnh được chọn.

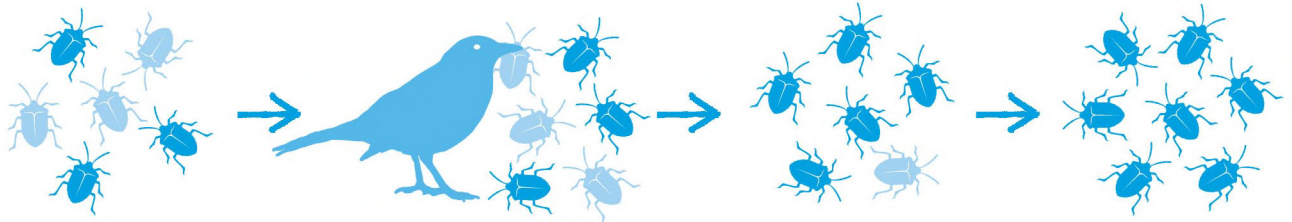
### Chọn lọc giới tính

Darwin còn phát triển thuyết chọn lọc giới tính. Học thuyết này được nhắc đến lần đầu tiên trong cuốn *Về nguồn gốc các loài thông qua chọn lọc tự nhiên*, và tiếp tục được triển khai trong cuốn *Nguồn gốc con người và chọn lọc giới tính* (1871).

Chọn lọc giới tính khác với chọn lọc tự nhiên, vì Darwin nhận thấy các loài động vật chọn bạn tình dựa trên những đặc điểm không đơn thuần có lợi cho sự tồn tại. Chẳng hạn, khi xem xét bộ đuôi tuyệt đẹp nhưng công kênh của chim công (không tuóc) đực, Darwin không thể hình dung bộ đuôi đó đóng bất kỳ vai trò gì trong việc giúp cá thể chim tồn tại. Ông kết luận rằng đuôi chim công được thiết kế để tăng cơ hội sinh sản thành công của cá thể. Chim công cái chọn con đực có đuôi sặc sỡ nhất, nên vật liệu di truyền của những con đực lòe loẹt này được truyền cho thế hệ sau. Lông đuôi tươi màu cho thấy con chim khỏe mạnh, nên việc chọn bạn tình có đuôi sặc sỡ là một chiến lược tốt cho công cái. Tuy nhiên, ý tưởng của Darwin cho rằng con cái chọn bạn tình đã bị chỉ trích; xã hội thế kỷ XIX có thể chấp nhận việc con đực cạnh tranh để sinh sản (chọn lọc nội giới tính), nhưng chọn lọc liên giới tính, nơi một giới tính (thường là con cái) đưa ra quyết định, thì bị chế nhạo.

Thành công về sinh sản rõ ràng là điều cần thiết cho tương lai của một loài. Người ta thường xem chọn lọc tự nhiên nghĩa là “kẻ phù hợp nhất thì tồn tại”, nhưng chỉ sống lâu

### Chọn lọc tự nhiên



#### Các tính trạng có sự biến dị.

Chẳng hạn, loài bọ cánh cứng có con nhạt màu, có con tối màu.

#### Sự sinh sản cũng khác nhau.

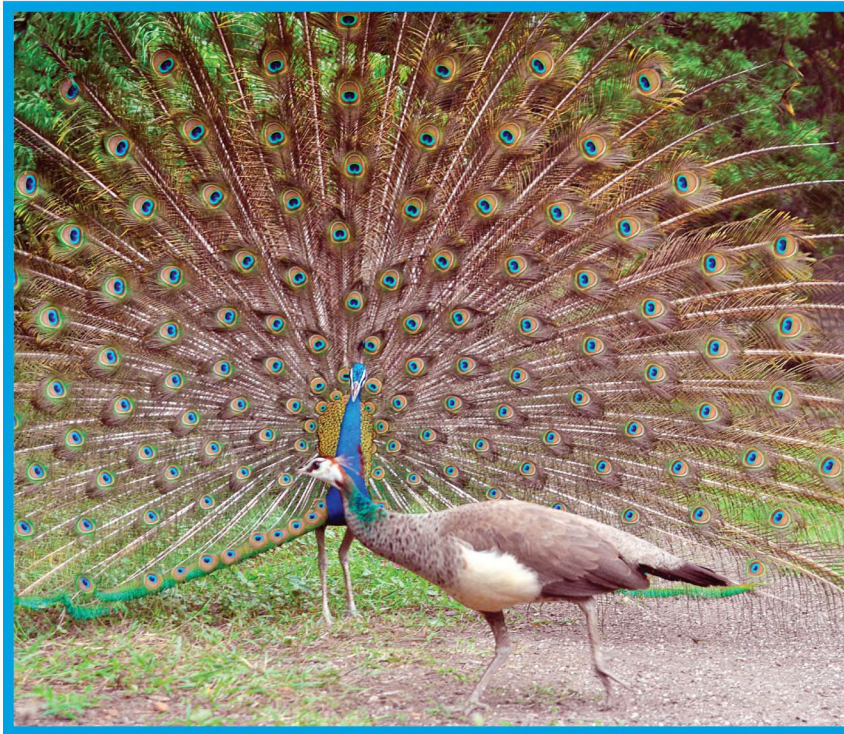
Không một môi trường nào có thể nuôi dưỡng cho quần thể gia tăng vô hạn, nên một số cá thể bị thua thiệt. Ở đây, chim ăn những con bọ cánh cứng nhạt màu, nên chúng sinh sản ít đi.

#### Có sự di truyền.

Những con bọ cánh cứng tối màu dễ được nhiều con cháu tối màu hơn vì tính trạng này có cơ sở di truyền.

#### Kết quả:

Nếu tối màu là tính trạng giành chiến thắng, tạo ra nhiều con cháu hơn, khi đó, mọi con bọ cánh cứng đều sẽ tối màu.



**Chim công đực** nào có bộ đuôi lộng lẫy nhất sẽ thu hút được nhiều công cái nhất. Bộ đuôi sắc sảo được truyền cho con cháu giống đực của nó, giúp chúng dễ dàng thu hút bạn tình.

thời thì không hữu ích lắm. Nếu cá thể A sống lâu hơn cá thể B gấp 10 lần, nhưng cá thể B tạo ra gấp đôi số con con sau đó cũng sinh sản, B sẽ truyền được nhiều gen cho thế hệ tiếp theo hơn cá thể A sống lâu.

### Mở rộng học thuyết

Nhiều ý tưởng của Darwin và Wallace đã đúng hoàn toàn, bất chấp sự thật rằng lúc bấy giờ người ta chưa hiểu được các hoạt động của di truyền học. Dù chính Darwin đã dùng từ "di truyền" như một tính từ để mô tả cơ chế kế thừa mà khi đó chưa ai biết đến, đầu thế kỷ XX, nhà sinh học người Anh William Bateson mới là người đầu tiên dùng từ "di truyền học" trong một bản mô tả quy trình khoa học. Năm 1930,

nhà di truyền học người Anh Ronald Fisher viết *Học thuyết di truyền về chọn lọc tự nhiên*, kết hợp học thuyết về chọn lọc tự nhiên của Darwin với những ý tưởng về di truyền mà nhà khoa học người Áo Gregor Mendel đã phát triển hồi thế kỷ XIX. Năm 1937, nhà di truyền học người Mỹ gốc Ukraine Theodosius Dobzhansky đã đưa ra ý kiến cho rằng những đột biến



Vì sao có kẻ chết và kẻ sống?... câu trả lời hẳn là vì nhìn chung, kẻ phù hợp nhất thì tồn tại.  
**Alfred Russel Wallace**



### Chọn lọc theo họ hàng

Năm 1964 nhà sinh học người Anh John Maynard Smith lần đầu tiên sử dụng khái niệm "chọn lọc theo họ hàng". Đây là chiến lược tiến hóa thiên vị sự sinh sản thành công của các họ hàng của một sinh vật, ưu tiên chúng lên trên sự tồn tại và sinh sản của cá nhân. Chọn lọc theo họ hàng diễn ra khi một sinh vật thực hiện hành vi hy sinh bản thân để làm lợi cho họ hàng của nó. Charles Darwin là người đầu tiên nói đến khái niệm này khi viết về những loài côn trùng có tinh xã hội, vị tha và không sinh sản, điển hình như ong thợ nhường việc sinh sản lại cho ong chúa. Nhà sinh học tiến hóa người Anh William Donald Hamilton cho rằng những loài như ong hành động theo cung cách vị tha – hỗ trợ kẻ khác trong việc sinh sản – khi sự gắn gũi về di truyền của hai con ong và lợi ích với bên được nhận lớn hơn cái giá của lòng vị tha với bên cho. Đây gọi là Quy luật Hamilton.



**Trong các đàn ong**, ong thợ cái chăm sóc ong chúa. Chúng xây tổ ong, thu thập mật và phấn hoa, cho ấu trùng ăn, nhưng chúng không sinh sản.



**Bệnh bạch tạng**, như ở con tắc kè da báo bạch tạng này, là một dạng đột biến gây ra tình trạng thiếu sắc tố. Đột biến này cản trở cơ hội sinh tồn của tắc kè, khiến nó có màu tươi hơn và nhạy cảm với ánh sáng.

di truyền diễn ra thường xuyên là đủ để cung cấp sự đa dạng di truyền – và do đó là những tình trạng khác – khiến chọn lọc tự nhiên trở nên khả thi. Ông viết rằng tiến hóa là sự biến đổi trong tần suất của một “alen” trong bộ gen, alen là một trong những dạng thay thế của gen xuất hiện do đột biến.

Đột biến là sự thay đổi vĩnh viễn trong trình tự axit deôxiribonucleic (ADN), phân tử tạo nên gen ở một cá thể, dẫn đến trình tự khác với trình tự của các thành viên khác trong loài. Đột biến có thể diễn ra do lỗi sao chép ADN trong quá trình phân chia tế bào, hoặc có thể do những tác nhân môi trường gây ra, như bị tổn thương bởi tia cực tím của Mặt Trời. Có đột biến tác động chỉ một cá thể sinh vật duy nhất mang đột biến, cũng có loại tác động đến tất cả con cháu và những thế hệ tương lai của cá thể đó.

Đột biến di truyền có thể hoặc không thể thay đổi kiểu hình của một cá thể, tức những tình trạng trên cơ thể và hành vi của cá thể đó. Nếu đột biến có tác động lên kiểu hình, chúng có thể có lợi hoặc có hại, giúp đỡ hoặc cản trở khả năng sinh tồn và sinh sản thành công của sinh vật. Nếu đột biến gây cản trở, rất có thể chúng sẽ biến mất khỏi quần thể; nếu đột biến giúp sinh vật thích nghi tốt hơn với môi trường của nó, đột biến sẽ trở nên phổ biến hơn qua các thế hệ. Theo thời gian, các đột biến có thể phân kỳ đủ xa

so với quần thể gốc để một loài mới tiến hóa – một quá trình gọi là sự hình thành loài mới.

Tốc độ đột biến thường rất chậm, nhưng quá trình này luôn hiện diện. Những biến đổi có thể có lợi, trung tính hoặc có hại. Đột biến không diễn ra để đáp ứng nhu cầu của sinh vật mà diễn ra ngẫu nhiên. Tuy vậy, một số loại đột biến xảy ra thường xuyên hơn các loại khác. Chẳng hạn, hiện nay các nhà khoa học biết rằng sự tiến hóa có thể diễn ra rất nhanh ở vi khuẩn vì chúng đột biến thường xuyên.

### Tốc độ tiến hóa khác nhau

Tổ tiên của tất cả sự sống trên Trái Đất đều là những sinh vật rất đơn giản. Các nghiên cứu khoa học gần đây cho rằng những tảng đá “hữu cơ” xưa nhất – bắt nguồn từ các dạng sống sơ khai – có từ gần 4 tỷ năm trước. Vào thời đó, các dạng sống có độ phức tạp cao đã tiến hóa, và hóa thạch của những loài này về sau so với những loài ngày nay trông giống nhau hơn, hé lộ về điều đã xảy ra. Chẳng hạn, hồ sơ hóa thạch về tổ tiên loài ngựa có niên đại lên đến 60 triệu năm. Tổ tiên



Đa phần các đột biến lớn là có hại; các đột biến nhỏ vừa diễn ra thường xuyên hơn hẳn vừa có nhiều khả năng hữu ích hơn.

**Ronald Fisher**





Khi nhìn dưới ánh sáng tiến hóa, sinh học có lẽ là môn khoa học làm thỏa lòng và truyền cảm hứng nhất về mặt trí tuệ.

**Theodosius Dobzhansky**



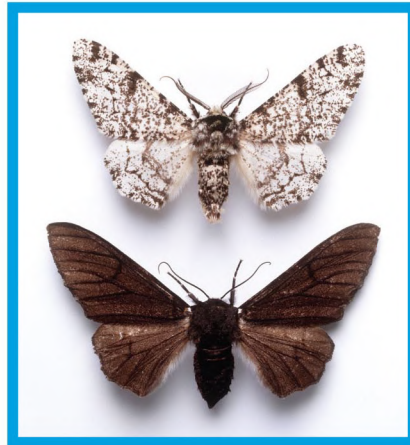
xua nhất của chúng là những động vật sống trong rừng có kích cỡ bằng loài chó, mỗi bàn chân có vài ngón chân. Tiến hóa đã tạo ra những chú ngựa lớn hơn nhiều, mỗi bàn chân chỉ có một móng guốc, thích nghi với cuộc sống trên các đồng cỏ thoáng rộng nơi chúng thường phải chạy trốn thú săn mồi.

Bướm bạch dương (*biston betularia*) biểu hiện sự biến đổi trong khoảng thời gian ngắn hạn. Loài bướm này thường có màu trắng để ngụy trang trên vỏ cây bạch dương, nhưng đột biến tạo ra một số con màu đen. Trước thế kỷ XIX, hầu hết bướm bạch dương đều màu trắng. Tuy nhiên, trong cuộc Cách mạng Công nghiệp (1760–1840), bụi than phủ cận bờ hóng trên cây cối và nhà của ở các thành phố của Anh, bướm đen trở nên phổ biến hơn hẳn. Đến năm 1895, 95% bướm bạch dương ở các thành phố nước Anh có màu đen bởi bướm trắng đã bị chim chóc ăn mất vì màu sắc của chúng không còn hiệu quả trong việc ngụy trang. Hiện tượng này tiếp tục đóng vai trò là một ví dụ cho học thuyết của Darwin trong thực tế ngày nay, vì bướm trắng một lần nữa trở nên phổ biến do lượng bồ hóng ở các thành phố của Anh giảm xuống. ■

Các cá thể trong một loài có sự **biểu hiện đa dạng** về một **tính trạng**.

Các cá thể có đặc điểm **phù hợp nhất** với môi **trường** có khả năng **tồn tại** và **sinh sản** cao hơn.

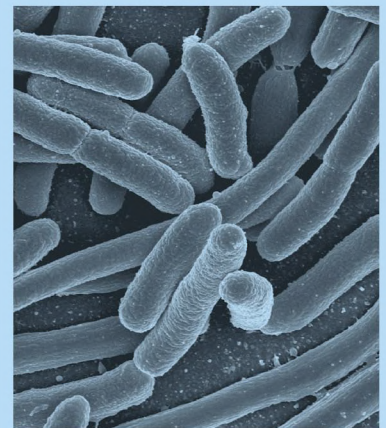
**Những đặc điểm này được truyền cho thế hệ kế tiếp.**



**Hai con bướm bạch dương** cho thấy ảnh hưởng của tiến hóa, con ở dưới là ví dụ về hiện tượng hóa đen công nghiệp. Giống bướm đen bắt đầu xuất hiện tại các thành phố của Anh đầu thế kỷ XIX.

## Tiến hóa theo thời gian thực

Năm 1988, Richard Lenski, giáo sư Đại học Bang Michigan, đã thiết lập dự án Tiến hóa Thực nghiệm Dài hạn. Trong hơn 25 năm, ông đã nghiên cứu 59.000 thế hệ vi khuẩn *E. coli*. Suốt thời gian đó, ông nhận thấy giống *E. coli* sống trong dung dịch glucozo sẽ sử dụng chất này hiệu quả hơn, kích thước tăng lên và cũng lớn nhanh hơn. Ngoài ra, một giống mới đã tiến hóa có thể sử dụng một hợp chất có trong dung dịch gọi là citrate, điều mà vi khuẩn gốc không làm được. Vi khuẩn tiến hóa có thể đặt ra mối đe dọa tiềm tàng đối với con người. Tăng cường sử dụng kháng sinh giúp tiêu diệt nhiều loại vi khuẩn gây bệnh, nhưng không diệt được những loại đột biến khiến chúng kháng thuốc. Khi vi khuẩn không kháng thuốc bị giết, các dòng kháng thuốc chiếm ưu thế hơn, nhân lên và truyền đột biến của chúng cho những thế hệ tương lai. Đó là hậu quả của chọn lọc tự nhiên.



**Vi khuẩn *Escherichia (E.) coli*** có thể gây viêm ruột và các bệnh truyền nhiễm khác ngay càng khó chữa vì sự sinh sôi của các chủng *E. coli* kháng thuốc.



## BỐI CẢNH

**NHÂN VẬT TIÊU BIỂU**  
**Gregor Mendel (1822–84)**

### TRƯỚC ĐÓ

**1802** Nhà sinh học người Pháp Jean-Baptiste Lamarck cho rằng các tính trạng thu được trong vòng đời của một sinh vật được truyền cho con cháu của sinh vật đó.

**1859** Charles Darwin đưa ra thuyết tiến hóa và chọn lọc tự nhiên trong cuốn sách *Về nguồn gốc các loài*.

### SAU ĐÓ

**1869** Nhà hóa học người Thụy Sĩ Friedrich Miescher phân lập được ADN, mà ông gọi là "nucleic".

**1953** Các nhà sinh học phân tử – gồm Francis Crick người Anh và James Watson người Mỹ – tìm ra cấu trúc của ADN.

**Tn.2000** Các nhà nghiên cứu trong lĩnh vực biểu sinh giải thích sự di truyền bằng các cơ chế khác bên cạnh trình tự ADN của gen.

# LOÀI NGƯỜI RẤT CỰC KHÔNG LÀ GÌ NGOÀI VẬT MANG GEN

## CÁC QUY LUẬT DI TRUYỀN

**T**ừ lâu trước khi các nhà khoa học giải mã trình tự gen, năm 1866 một tu sĩ người Áo tên là Gregor Mendel đã lần đầu tiên chỉ ra được cách các tính trạng lưu truyền qua các thế hệ. Bằng những nghiên cứu hết sức miệt mài, Mendel đã dự đoán chính xác các quy luật di truyền cơ bản.

Khi Mendel bắt đầu thí nghiệm, giới khoa học tin rằng các tính trạng đa dạng quan sát được ở thực vật và động vật được lưu truyền qua một quá trình "dung hợp". Tuy nhiên, khi Mendel làm việc trong khu vườn

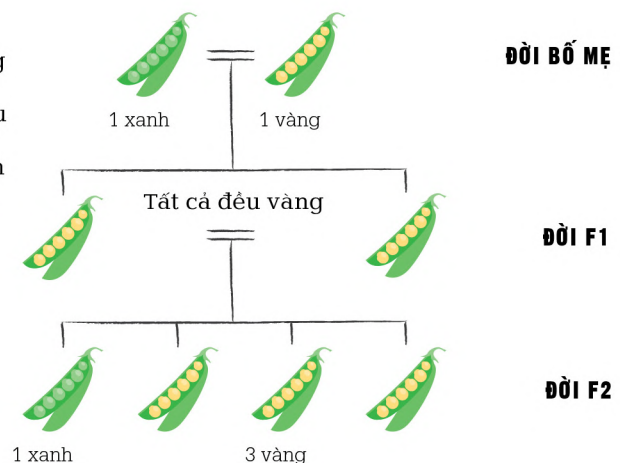
của tu viện, ông nhận thấy điều này không đúng. Khi ông thụ phấn một cây luôn cho hạt đậu xanh với một cây luôn cho hạt đậu vàng, kết quả không phải là những hạt đậu nửa vàng nửa xanh – thay vào đó, toàn bộ đậu đều màu vàng.

### Công lao của Mendel

Trong quá trình nghiên cứu (1856–63), Mendel đã trồng gần 30.000 cây đậu qua vài thế hệ và cẩn thận ghi chép các kết quả. Ông tập trung vào những tính trạng (kiểu hình) chỉ có hai dạng đặc trưng, ví dụ như

### Thí nghiệm trên đậu Hà Lan của Mendel

**Thí nghiệm lai đậu Hà Lan** của Mendel đã chứng minh rằng gen quy định hạt màu vàng là gen trội, còn gen quy định hạt màu xanh là gen lặn.



**ĐỜI BỐ MẸ**

**ĐỜI F1**

**ĐỜI F2**

**Xem thêm:** Những giả thuyết so khai về tiến hóa 20–21 ■ Tiến hóa bằng chọn lọc tự nhiên 24–31 ■ Vai trò của ADN 34–37 ■ Gen vị kỷ 38–39



Di truyền tự sửa đổi bộ máy của chính nó.  
**James Mark Baldwin**  
*Nhà tâm lý học người Mỹ*



hoa trắng và hoa tím. Khi nghiên cứu tính trạng hạt vàng và hạt xanh, Mendel giao phấn đậu Hà Lan hạt xanh với đậu hạt vàng. Toàn bộ hạt đậu được tạo ra từ đời bố mẹ này đều màu vàng và Mendel gọi chúng là đời F1. Sau đó ông giao phấn những cây đậu đời F1 với nhau để tạo ra đời F2. Ông thấy rằng những hạt đậu được tạo ra có hạt vàng, có hạt xanh. Đời F1 chỉ biểu hiện một tính trạng duy nhất (hạt vàng), mà Mendel gọi là tính trạng “trội”. Tuy nhiên, ở đời F2, 75% có tính trạng hạt vàng trội và 25% biểu hiện tính trạng hạt xanh không trội – hay tính trạng “lặn”.

### Các quy luật di truyền

Mendel đưa ra giả thuyết rằng mọi cây đậu đều có hai nhân tố kiểm soát mỗi tính trạng. Khi đem các cây đậu giao phấn, đời con kế thừa từ mỗi cây bố mẹ một nhân tố. Nhân tố có thể trội hoặc lặn. Khi cả hai nhân tố được kế thừa là trội, cây con sẽ biểu hiện tính trạng trội.

**Các cây đậu Hà Lan** cung cấp dữ liệu thô mà Mendel đã sử dụng để phát triển những giả thuyết của ông nhằm giải thích cách các tính trạng được truyền từ đời này sang đời sau.

Cây có cặp nhân tố lặn sẽ biểu hiện tính trạng lặn. Tuy nhiên, nếu có một nhân tố trội và một nhân tố lặn, cây sẽ biểu hiện tính trạng trội.

### Nhà di truyền học tiên phong

Năm 1866, Mendel công bố nghiên cứu của mình nhưng không được mấy ai chú ý. Mãi đến năm 1900, ba nhà thực vật học là Hugo de Vries, Carl Erich Correns và Erich Tschermak von Seysenegg mới phát hiện lại công trình của ông. Khi đó giới khoa học bắt đầu xác nhận các giả thuyết của Mendel một cách rộng rãi hơn.

Chỉ trong vòng mười năm, các nhà khoa học đã đặt tên cho cặp nhân tố là “gen” và chỉ ra rằng chúng được liên kết trên những nhiễm sắc thể. Giờ đây người ta biết rằng di truyền phức tạp hơn nhiều so với những gì Mendel đã phát hiện, nhưng sự tìm tòi tỉ mỉ của ông vẫn tiếp tục tạo nền móng cho những nghiên cứu hiện đại. ■



### Gregor Johann Mendel

Johann Mendel sinh năm 1822 tại một nông trại ở Silesia, khi đó là một phần của Vương quốc Áo và nay thuộc Cộng hòa Czech. Ông học triết học và vật lý tại Đại học Olomouc (1840–43). Vào thời gian này, ông bắt đầu quan tâm đến công trình nghiên cứu các tính trạng di truyền ở thực vật và động vật của Johann Karl Nestler. Năm 1847, Mendel vào tu viện và được ban cho cái tên Gregor. Sau đó ông tiếp tục học thêm khoa học tại Đại học Vienna (1851–53).

Khi Mendel quay lại tu viện vào năm 1853, tu viện trưởng Cyril Napp đã cho phép ông sử dụng các khu vườn để nghiên cứu sự lai giống. Năm 1868, Mendel trở thành tu viện trưởng và không còn thời gian để làm thí nghiệm nữa. Dù lúc sinh thời ông chưa từng được công nhận vì những khám phá của mình, nhưng ngày nay ai cũng xem ông là người đã khai sinh ra di truyền học hiện đại.

### Tác phẩm chính

**1866** “Thí nghiệm lai giống đậu Hà Lan”, tạp chí *Verhandlungen des naturforschenden Vereines in Brünn*

# CHÚNG TÔI ĐÃ TÌM RA BÍ MẬT CỦA SỰ SỐNG

## VAI TRÒ CỦA ADN



### BỐI CẢNH

**NHÂN VẬT TIÊU BIỂU**

**Francis Crick** (1916–2004)

**Rosalind Franklin** (1920–58)

**James Watson** (1928–)

**Maurice Wilkins** (1916–2004)

**TRƯỚC ĐÓ**

**1910–29** Nhà hóa sinh người Mỹ Phoebus Levene mô tả các thành phần hóa học của ADN.

**1944** Ba nhà nghiên cứu người Mỹ là Oswald Avery, Colin Macleod và Maclyn McCarty chứng minh ADN quy định sự di truyền.

**SAU ĐÓ**

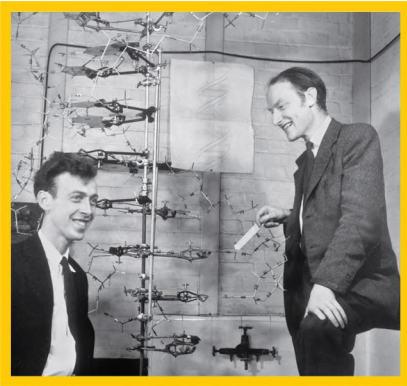
**1990** Nhóm các nhà nghiên cứu người Anh, dẫn đầu bởi nhà phối học Ian Wilmut, nhân bản thành công một động vật có vú trưởng thành – cừu Dolly.

**2003** Các nhà khoa học hoàn tất lập bản đồ toàn bộ bộ gen người.

**V**iệc tìm ra cấu trúc của ADN (axit deôxiribonucleic) vào năm 1953 là một trong những đột phá khoa học quan trọng nhất cho tới nay. Khám phá này cung cấp chìa khóa giúp hiểu tường tận các khối tạo dựng cơ bản của sự sống và giải thích cách thông tin di truyền được lưu trữ và lưu truyền. Francis Crick người Anh và James Watson người Mỹ đã hoan hỉ ăn mừng khám phá chung của họ theo cách giản dị tại một quán rượu địa phương ở Cambridge, sau đó công bố thu ngỏ trên tạp chí *Nature*. Phát hiện của họ có tiềm năng khổng lồ đối với những tiến bộ khoa học và đã tạo một ảnh hưởng quan trọng lên nhiều lĩnh vực nghiên cứu, từ y học đến khoa học pháp y, phân loại học và nông nghiệp. Ngày nay khi các phương pháp xử lý vật liệu



**Xem thêm:** Những giả thuyết sơ khai về tiến hóa 20–21 ▪ Tiến hóa bằng chọn lọc tự nhiên 24–31  
 ▪ Các quy luật di truyền 32–33 ▪ Gen vị kỷ 38–39 ▪ Hệ thống định danh tất cả sinh vật trong tự nhiên 86–87  
 ▪ Khái niệm loài sinh học 88–89



**Bức ảnh năm 1953** chụp hai nhà sinh học phân tử James Watson (trái) và Francis Crick (phải) cùng mô hình ADN xoắn kép của họ. Watson gọi ADN là “phân tử thú vị nhất trong cả tự nhiên”.

di truyền có tiến bộ và chúng ta hiểu hơn về cách vận hành của từng gen, thành quả công trình của họ vẫn vang danh.

Đột phá của Crick và Watson là sự tích lũy những nghiên cứu qua hàng thập niên của vô số nhà khoa học, trong đó có Rosalind Franklin và Maurice Wilkins. Trong khi Crick và Watson nghiên cứu các mô hình 3-D để hình dung ra cách

những thành phần tạo nên ADN khớp với nhau, thì tại Đại học King, London, Franklin và Wilkins đang phát triển các phương pháp chụp X-quang ADN để xem xét cấu trúc của nó. Không lâu trước khi Watson và Crick công bố đột phá của họ, Watson đã thấy những bức ảnh do Franklin chụp, trong đó ẩn chứa hình dạng xoắn ốc của ADN.

Năm 1962, Crick, Watson và Wilkins được trao giải Nobel Sinh lý học hay Y học. Franklin, đã qua đời năm 1958, chưa bao giờ được tán dương cho đóng góp của bà trong phát hiện này lúc sinh thời, dù Crick và Watson đã công khai ghi nhận rằng nghiên cứu của bà đóng vai trò quan trọng cho thành công của họ.

### Cấu trúc xoắn kép

ADN là một phân tử có hai mạch dài và mảnh, quấn vào nhau như một dây thang xoắn, tạo thành hình xoắn kép. Hai cạnh của dây thang được tạo thành từ phân tử đêôxiribôzo (đường) và photphat, còn các thanh ngang trên thang chứa các bazo nito bất cặp với nhau,

đặc biệt hữu dụng – đa đơn giản hóa và rút ngắn quá trình. Về lý thuyết, hiện nay các nhà di truyền học có thể ghép bất kỳ gen nào với nhau. Họ đã thử một số cách kết hợp đáng chú ý, chẳng hạn như chèn gen sản xuất to nhen vào ADN của dê để dê tạo ra sữa giàu protein. Hoóc-môn và vắc-xin là những chất khác có thể được sản xuất bằng cách chỉnh sửa gen.

Trong liệu pháp gen, một véc-to đã bị biến đổi gen (thường là vi-rút) được dùng để vận chuyển gen vào ADN của sinh vật nhằm thay thế gen khiếm khuyết hoặc không mong muốn.



ADN giống như một chương trình máy tính nhưng tiên tiến hơn rất, rất nhiều so với bất kỳ phần mềm nào từng được tạo ra.

**Bill Gates**



gồm adenin (A), timin (T), xitozin (X) và guanin (G). A luôn bắt cặp với T để tạo thành cặp bazo AT, còn G luôn bắt cặp với X để tạo thành cặp bazo GX.

ADN là bản thiết kế sự sống. Trình tự của các bazo dọc theo sợi ADN mã hóa gen cung cấp thông tin quy định hình dạng hoàn chỉnh và đặc điểm sinh lý của một sinh vật. Bộ ba bazo được gọi là codon, mỗi codon đặc hiệu tạo ra một trong 20 loại axit amin; thứ tự lắp ráp các axit amin trong một

### Kỹ thuật di truyền

Việc hiểu được cấu trúc của ADN đã cho phép các nhà khoa học thay đổi hay “chế tạo” vật liệu di truyền trong tế bào. Nhà khoa học có thể lấy một gen từ sinh vật này (vật cho) và cấy vào ADN của một sinh vật khác. Khi được thực hiện lần đầu tiên vào thập niên 1970, phương pháp này vừa khó vừa tốn thời gian, nhưng những tiến bộ công nghệ – như Nhóm các Đoạn ngắn Đối xứng Lặp lại Thường xuyên (Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats – CRISPR),



**Nhà khoa học phân tích** mẫu ADN. Phân tích di truyền là phương pháp thông thường và xét nghiệm ADN là công cụ pháp y quan trọng.

## Thực phẩm biến đổi gen

Người ta có thể sửa đổi cây trồng để cải thiện chúng. Cây trồng đã qua chỉnh sửa về di truyền được gọi là sinh vật biến đổi gen (GMO). Các công ty hoạt động trong lĩnh vực này có thể chỉnh sửa ADN của một loài thực vật để cây tạo ra nhiều hơn một chất dinh dưỡng nào đó hoặc một chất độc đặc hiệu với một loài côn trùng gây hại. Người ta cũng có thể chỉnh sửa ADN của cây để nó kháng lại một chất diệt cỏ nhất định, nhờ đó việc sử dụng hóa chất này chỉ tiêu diệt cỏ dại chứ không diệt cây trồng.

Một số nhà sinh thái học cho rằng các loại thực vật chưa biến đổi gen có thể bị các loại GMO làm hỏng. Họ cũng chỉ ra rằng người ta vẫn chưa hiểu chính xác hậu quả lâu dài của việc ăn những loại thực phẩm này. Một mối quan ngại khác là trong tương lai, các công ty hóa nông nghiệp lớn có thể kiểm soát nguồn cung thực phẩm của thế giới bằng cách độc quyền những loại GMO mà họ sản xuất, gây thiệt thòi cho các nước nghèo hơn.



**Các giống gạo mới** đang được phát triển thông qua chỉnh sửa gen. Điều này có thể cải thiện giá trị dinh dưỡng hoặc khả năng kháng bệnh của cây trồng.

chuỗi quy định loại protein mà chúng sẽ tạo ra. Chẳng hạn, tổ hợp GGA là codon tạo thành glycine. Có 64 cách kết hợp bộ ba từ bốn cặp bazơ, và 61 bộ ba trong đó mã hóa một loại axit amin riêng biệt. Ba bộ ba còn lại đóng vai trò các dấu hiệu “mở đầu” và “kết thúc”, điều khiển quá trình đọc thông tin trong tế bào. ADN cũng được tổ chức thành các nhiễm sắc thể riêng lẻ trong số 23 cặp nhiễm sắc thể ở tế bào của người.

### Sao mã

Khi tế bào phân chia, ADN được sao chép. Sự sao mã xảy ra bằng cách tách rời các cặp bazơ, qua đó cắt dọc giữa dây thang ADN để

tạo ra hai mạch đơn. Hai mạch đơn này làm khuôn mẫu để tạo ra sợi ADN thứ hai bổ sung cho mỗi sợi gốc bằng cách khớp các cặp bazơ tương ứng. Quá trình này tạo ra hai mạch ADN hoàn chỉnh giống hệt với mạch gốc.

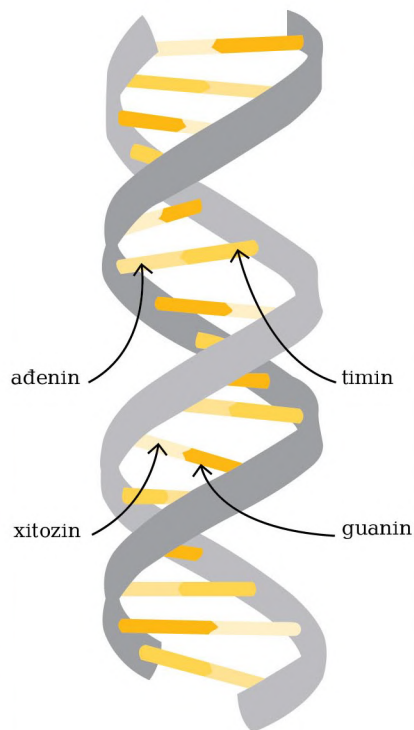
Vì ADN nằm trong nhân tế bào, nên phân tử axit ribonucleic thông tin (mARN) sao chép các đoạn trình tự ADN mã hóa và mang thông tin đến những phân khu sản xuất các protein mới trong tế bào. Về mặt hóa học, ARN giống với ADN, nhưng bazơ timin (T) được thay bằng bazơ uraxin (U) – loại bazơ kém ổn định hơn nhưng cần ít năng lượng hơn để tạo ra. Các sinh vật sống ổn định được lợi từ bộ gen ADN, còn ARN tạo thành bộ gen của một số vi-rút vì đối với vi-rút, sự ổn định có thể kém lợi thế hơn.

ADN được tìm thấy ở mọi vật sống trên Trái Đất, từ trùng roi đến vi khuẩn, cây cỏ, hổ và con người. Đương nhiên, trình tự các cặp bazơ là khác nhau, và sự khác biệt này cho phép các nhà di truyền học truy tìm mối quan hệ giữa những loài khác nhau.

### Lỗi có lợi và lỗi gây hại

ADN là phân tử ổn định cao, nhưng đôi khi cũng xảy ra sai sót, còn gọi là đột biến. Những đột biến này có thể do mất, thêm hoặc thay thế trình tự của các nucleotit A, X, G và T. Đột biến có thể ngẫu nhiên – do những sai sót xảy ra khi sao mã ADN – hoặc có thể do những tác động bên ngoài như phơi nhiễm bức xạ hoặc các hóa chất gây ung thư. Một số đột biến không gây hậu quả, nhưng có những đột biến có thể biến đổi sản phẩm của gen hoặc ức chế chức năng của gen. Điều này có thể gây ra nhiều vấn đề cho sinh vật. Vài ví dụ về các rối loạn do đột biến gen là xo nang và bệnh hồng cầu hình liềm.

## Cấu trúc của ADN



**Phân tử ADN** là một chuỗi xoắn kép gồm hai mạch, tạo thành từ các đơn phân tử đường và photphat, nối với nhau bằng các cặp bazơ nucleotit tương ứng: A nối với T, X nối với G.