

www.mientayvn.com

Đây là bản chép lời giảng của giáo sư **Stephen Stearns** trên lớp. Bạn có thể xem toàn bộ bài giảng này bằng cách [nhấn http://www.mientayvn.com](http://www.mientayvn.com) > Học lịch sử > Đại học Yale > Các nguyên lý tiến hóa, sinh thái học và tính toán > Chương I: Bản chất của tiến hóa, chọn lọc, kết cấu và lịch sử.

Principles of Evolution, Ecology and Behavior: Lecture 1 Transcript

Professor Stephen Stearns: Biological evolution has two big ideas. One of them has to do with how the process occurs, and that's called microevolution. It's evolution going on right now. Evolution is going on in your body right now. You've got about 10^{13} bacteria in each gram of your feces, and they have enough mutations in them to cover the entire bacterial genome. Every time you flush the toilet, you flush an entire new set of information on bacterial genomes down the toilets. It's going on all the time.

Giáo sư Stephen Stearns: Tiến hóa sinh học có hai ý tưởng lớn. Một trong số chúng có liên quan đến vị trí của tiến trình xuất hiện như thế nào, và đó gọi là tiến hóa vi mô. Đó là sự tiến hóa xảy ra ngay bây giờ. Tiến hóa đang xảy ra trong cơ thể của bạn ngay bây giờ. Bạn có khoảng 10^{13} vi khuẩn trong mỗi gam phân của bạn, và chúng còn tiếp tục tạo ra toàn bộ hệ gen vi khuẩn. Mỗi khi bạn đi vệ sinh, bạn đi hoàn toàn mất phần thông tin di truyền gen vi khuẩn xuất hiện. Vì vậy nó luôn đi ra ngoài lúc.

Now, the other major theme is macroevolution. This process of microevolution has created a history, and the history also constrains the process. The process has been going on for 3.8 billion years. It has created a history that had unique events in it, and things happened in that history that now constrain further microevolution going on today.

Bây giờ, chủ đề lớn còn lại là tiến hóa vi mô. Quá trình tiến hóa vi mô này đã tạo ra một lịch sử, và lịch sử **đang ràng buộc quá trình**. Quá trình đã tiếp diễn ra khoảng 3.8 tỷ năm. Nó đã tạo ra một lịch sử có những sự kiện độc đáo trong nó, và những thứ đã xảy ra trong lịch sử đó đang ràng buộc thêm nữa tiến hóa vi mô xảy ra ngày nay.

That's one of the tricky things about evolution. It has many different scales. My wife always gets frustrated with me. She says, "Well when did that happen?" I say, "Oh not too long ago, only about 20 million years." And, you know, that's what happens when you become an evolutionary biologist, you zoom in and out of deep time a lot. And this process of microevolution is going to be the first thing we examine. It's the nuts and bolts. It's what's really created the patterns. But the patterns of macroevolution are also very important because they record the history of life on the planet and they constrain the current process.

ó là m t trong nh ng th tinh t v s ti n hóa. Nó có nhi u m c khác nhau. V tôi luôn b th t v ng v i tôi. Cô y nói: " i u ó ã x y ra khi nào?" Tôi nói, "Cách ây không lâu, ch có kho ng 20 tri u n m." Và, b n ã bi t, ó là nh ng gì s x y ra khi b n tr thành m t nhà sinh v t h c ti n hóa, b n phóng to ho c thu nh th i gian r t nhi u. Và quá trình ti n hóa vi mô này s là th u tiên mà chúng ta xem xét. ó là nh ng chi ti t c b n. ó là nh ng gì th c s t o ra các mô hình. Tuy nhiên, các mô hình ti n hóa v mô c ng r t quan tr ng b i vì chúng ghi l i l ch s c a s s ng trên hành tinh này và chúng ràng bu c quá trình hi n t i.

So the evolution part of the course is set up basically wit h two introductory lectures. Then I'm going to spend six lectures talking about microevolutionary principles. So these are things that you can always return to if you are puzzled about a problem. Then there'll be five lectures on how organisms are designed for reproductive success. This includes cool stuff like sexual selection, mate choice, that kind of stuff. I usually manage to give the sexual selection lecture just about on Valentine's Day.

Vì v y, ph n ti n hóa c a khóa h c v c b n c thi t k v i hai bài gi ng nh p môn. Sau ó, tôi s s d ng sáu bài gi ng nói v nguyên lí ti n hóa vi mô. Vì v y, ây là nh ng th mà b n luôn có th quay tr l i n u b n ang b i v m t v n . Sau ó s có n m bài gi ng nói v cách các sinh v t c thi t k duy trì nòi gi ng. Cái này bao g m nh ng th c a thích nh ch n l c gi i tính, các th t ng t v y. Tôi th ng s p x p gi ng bài s ch n l c gi i tính g n ngày Valentine.

Then we'll do macroevolutionary principles. This has to do both with speciation, how new species form, and with how biologists now analyze the tree of life to try to understand and infer the history of life on the planet. Then we'll take a look at that history, looking at key events--and this includes both fossils and the diversity of organisms--and some abstract organizing principles about life. So all of those are part of how we can analyze the history of life on the planet.

Sau ó, chúng ta nghiên c u các nguyên lí ti n hóa v mô. Cái này có liên quan n s hình thành loài, cách th c m t loài m i hình thành, và cách th c các nhà sinh h c phân tích cây i s ng c g ng hi u và suy lu n v l ch s c a s s ng trên hành tinh. Sau ó, chúng ta s xem xét l ch s lúc ó, xét các s ki n quan tr ng - và i u này bao g m c hóa th ch và s a d ng c a các sinh v t - và m t s nguyên t c t ch c tr u t ng v cu c s ng. Vì v y, t t c nh ng cái này là m t ph n c a cách th c chúng ta có th phân tích l ch s c a s s ng trên hành tinh.

And then, just before Spring Break, we will integrate micro and macroevolution. We'll do it in two different ways. We'll do it with co-evolution, where micro and macro come together, and we'll also do it with evolutionary medicine, where both kinds of thinking are necessary really to understand disease and the design of the human body.

Và sau ó, ngay tr c kì ngh mùa xuân, chúng ta s h p nh t ti n hóa vi mô và v mô. Chúng ta s làm theo hai cách khác nhau. Chúng ta s th c hi n nó v i ng ti n hóa,

ó vi mô và v mô g p nhau, và chúng ta c ng s làm i u ó v i y h c t i n hóa, ó c hai lo i suy ngh là th c s c n thi t hi u c b nh t t và thi t k c th con ng i.

So where did this idea of evolution come from? Well, there are always ideas. You can go back to Aristotle and find elements of evolutionary thought in Aristotle. But really it's a nineteenth century idea, and in order to see how it developed let's go back to about 1790 or 1800; so at the end of the Century of the Enlightenment.

V y ý t ng t i n hóa này n t âu? Vâng, luôn luôn có nh ng ý t ng. B n có th quay v Aristotle và tìm th y các y u t c a t t ng t i n hóa trong Aristotle. Nh ng th c s ó là m t ý t ng th k XIX, và th y cách nó ã phát tri n nh th nào chúng ta quay v kho ng n m 1790 hay 1800; vâng cu i Th k Khai sáng.

At that point, if you were to ask a well-educated person living in a Western culture how old the world is, they would say, "Oh thousands of years." And if you were to ask them, "Well, where did all these species on the planet come from?" they would say they were all created just the way they look now and they've never changed. And if you asked them, "Have there ever been any species that went extinct?" they would say, "No, everything that was created is still alive and can be found somewhere on the planet."

Vào th i i m ó, n u b n h i m t ng i c giáo d c t t s ng trong m t n n v n hóa ph ng Tây th gi i bao nhiêu tu i tu i, h s nói: "Oh hàng ngàn n m." Và n u b n h i h , "Vâng, t t c các loài trên hành tinh n t âu?" h s nói r ng t t c chúng c t o ra gì ng nh chúng bây gi và chúng không bao gi thay i. Và n u b n h i h , "Có loài nào ã t ng b tuy t ch ng ch a?" h s nói: "Không, t t c m i th c t o ra v n còn s ng và có th tìm th y chúng m i n i trên hành tinh."

So when Alexander von Humboldt, who was certainly a creature of The Enlightenment, sets out to explore South America, he thinks that he might encounter some of those strange fossils, that the French have been turning up in the Paris Basin, on top of Tepuis in Venezuela. So he really thought that there was a lost world. Of course, Arthur Conan Doyle later wrote a novel about that. But these guys actually thought, "Hey, I go to Venezuela or I go to the Congo, I might meet a brontosaurus." That was what they thought at that time.

Vì v y, khi Alexander von Humboldt, t t nhiên là ng i c a Th i Kì Khai Sáng, b t u lên ng khám phá Nam M , ông ta ngh r ng ông có th g p m t s nh ng hóa th ch k l này, r ng ng i Pháp ang chuy n lòng ch o Paris, trên nh c a Tepuis t i Venezuela. Vì v y, ông th c s ngh r ng có m t th gi i b m t. T t nhi ên, Arthur Conan Doyle sau ó ã vi t m t cu n ti u thuy t v i u ó. Nh ng nh ng k này th c s ngh r ng, "Hey, tôi i n Venezuela ho c tôi i n Congo, tôi có th g p kh ng long." ó là nh ng gi h ngh t i th i i m ó.

They thought that adaptations were produced by divine intervention. They did not think that there was a natural process that could produce anything that was so exquisitely designed as your eye. We now know that your eye is in fact very badly designed, but it

looked pretty good to them. Anybody here know why the eye is badly designed? What's wrong with your eye?

Hỏi về rỗng thích nghi của mắt cá nhân. Hỏi không phải là rỗng quá trình tiến hóa nào đó có thể tạo ra cái gì đó thích hợp cho sống như mắt cá nhân. Chúng ta biết rằng mắt cá nhân thực sự thích hợp với môi trường, nhưng nó có vẻ khác với những loài khác. Có ai biết mắt cá nhân thích hợp với môi trường nào không? Có gì không về mắt cá nhân?

Student: The blind spot.

Sinh viên: mù.

Professor Stephen Stearns: It's got a blind spot and--?

Giáo sư Stephen Stearns: Nó có mù và -?

Student: [Inaudible]

Professor Stephen Stearns: It's got--the nerves and the blood vessels are in front of the retina. The light has to go through the nerves and the blood vessels, to get to the retina. The octopus has a much better eye.

Giáo sư Stephen Stearns: Nó có - những dây thần kinh và mạch máu phía trước võng mạc. Ánh sáng phải đi qua những dây thần kinh và mạch máu, rồi võng mạc. Bọ chét có một mắt tiến hóa như vậy.

Okay, now by the time that Darwin published his book in 1859, people thought that the world is very, very old; how old they weren't sure. We now know about four-and-a-half billion, but at that point, based on the rate of erosion of mountains and on the saltiness of the ocean, assuming that the ocean had been accumulating salt continuously, and that it hadn't been getting buried anywhere, which it does, people thought hundreds of millions of years. They weren't yet in the billions range, but they thought hundreds of millions.

Vâng, vào lúc Darwin đã xuất bản cuốn sách của mình vào năm 1859, người ta cho rằng thế giới này là rất, rất cũ; bao nhiêu tuổi họ không biết. Bây giờ thì biết rằng bốn tỷ năm, nhưng thời điểm này, dựa trên tốc độ xói mòn của núi và tính mặn của biển, giả sử rằng các biển đã tích lũy muối liên tục, và nó đã không bị chôn vùi bất cứ đâu, nhưng nó làm, người ta nghĩ rằng hàng triệu năm. Chúng ta nghĩ hàng triệu năm, nhưng nghĩ hàng triệu năm.

They knew that fossils probably represent extinct species. That was Cuvier's contribution. He did it for mammal fossils in the Paris Basin. Geoffrey Saint-Hilaire had had a big debate with Cuvier about homology, and that was in 1830. By the way, it was one that many people throughout Europe followed very closely--this was a very, very key intellectual topic at the time--and it was about homology. Basically it was about the idea

that Geoffrey Saint-Hillaire had had that if my hand has five fingers then --and a bat's wing has five fingers and the fin of a porpoise has five fingers --that that indicates that we all got those five fingers from a common ancestor, and therefore we are related because we had a common ancestor.

H bi tr ng hóa th ch có th là i di n cho các loài tuy t ch ng. ó c ng là s óng góp c a Cuvier. Ông y ã làm nó cho hóa th ch c a ng v t có vú trong lòng ch o Paris. Geoffrey Saint-Hilaire ã có m t cu c tranh lu n l n v i Cuvier v tính t ng ng, và ó là vào n m 1830. Ti n âu, nó là cái mà nhi u ng i châu Âu tuân theo r t ch t ch - i u này là m t ch trí tu r t, r t quan tr ng vào th i i m ó - và ó là v s t ng ng. V c b n nó nói v ý t ng mà Geoffrey Saint-Hillaire r ng n u ã có r ng n u bàn tay tôi có n m ngón thì - và cánh c a con đ i có n m ngón tay và vây c a cá heo có n m ngón- i u ó ch ra r ng t t c chúng ta có n m ngón này t m t t tiên chung, và do ó chúng ta có liên h v i nhau vì chúng ta có chung t tiên.

So you could see that in 1830. That's before Darwin publishes hi s book. Okay? Then of course we have the idea that adaptations are produced by natural selection; and we owe that to Darwin. And I will run through the process he went through between 1838 and 1859 very briefly. This is one of the most important ideas about the nature of life, and therefore about the human condition, that's ever been published, and I strongly recommend that, if you have a chance, read *The Origin of Species*. Darwin actually was quite a good writer. It's Victorian prose, so it's a little bit like reading Dickens. But it's good stuff, he has a nice rolling style.

Vì v y, b n có th th y r ng trong n m 1830. ó là th i i m tr c khi Darwin xu t b n cu n sách c a mình. óng không? Sau ó, t t nhiên chúng tôi có ý t ng r ng s thích nghi c t o ra b ng ch n l c t nhiên, và chúng ta có cái ó là nh Darwin. Và tôi s ch y qua quá trình mà ông y ã i qua t n m 1838 n n m 1859 r t ng ng n. ây là m t trong nh ng ý t ng quan tr ng nh t v b n ch t c a cu c s ng, và vì v y v ngu n g c c a con ng i, i u ó ã t ng c công b , và tôi nh n m nh r ng, n u b n có c h i, hãy c *The Origin of Species* (Ngu n g c c a các loài). Darwin th c s là ng i vi t t t. ó là v n xuôi Victoria, vì v y nó h i gi ng v i c Dickens. Nh ng ó là th t t, ông y có m t phong cách t t.

How did he come to it? Well Darwin was a med school dropout. Went to Edinburgh, didn't like med school; loved beetles and became passionate enough as a naturalist to become known, as a 22-year-old young man, as a guy who might be a good fellow to have on an expedition. And the British Admiralty was sending Fitzroy around the world to do nautical charts and Darwin got on the ship.

Làm th nào ông ta t n nó? Vâng Darwin là m t ng i b h c tr ng y gi a ch ng. n Edinburgh, không thích h c tr ng y; thích b cánh c ng và am mê tr thành m t nhà t nhiên h c c bi t n, nh m t chàng trai tr 22 tu i, nh là m t ng i có th tr thành b n t t trong các cu c thám hi m. Và H i quân Anh ã g i Fitzroy trên kh p th gi i làm bi u h i lý và Darwin lên tàu.

So at an age not very much greater, or perhaps even a bit younger than some of you, Darwin sets off. He's 22 years old. He wants to know how species form. He has set himself that goal. So he's ambitious. He's set a clear goal. The goal is to solve one of the most pressing problems that biology has at that time: where do species come from?

Vì vậy, một tu i không l n l m, ho c th m chí nh h n m t chút so v i các b n, Darwin b t u lên ng. Ông y 22 tu i. Ông y mu n bi t các loài hình thành nh th nào. Ông ã t t ra cho mình m c tiêu ó. Vì vậy, ông y có nhi u tham v ng. Ông ta t ra m c tiêu rõ ràng. M c ích là gi i quy t m t trong nh ng v n cấp bách nh t c a sinh h c lúc ó: các loài n t âu?

Now the stimulus that he has is in part from Charles Lyell, the geologist, who had discovered deep time, and that convinced Darwin that there would've been enough time. He stops in Argentina. In the banks of a river in Argentina he can see giant fossil armadillos, and then right on top of that same bank he can see the current armadillos walking around, up on top of the bank. There they are; the live ones are right above the fossil ones. They look the same but --I mean, they look similar--but they're not the same. So there's some connection there.

Lúc này ng l c thúc y ông y m t ph n là t Charles Lyell, nhà a ch t, ng i ã phát hi n th i gian sâu, và thuy t ph c Darwin r ng s có th i gian. Ông y d ng Argentina. Trên các b sông Argentina, ông có th th y nh ng con c u tr hóa th ch kh ng l , và sau ó ngay trên c a cùng b sông ó ông ta th y nh ng con c u tr ang i, lên phía trên b sông. ó; nh ng con còn s ng ngay trên nh ng con hóa th ch. Chúng trông gi ng nhau, nh ng – Ý tôi là, chúng trông gi ng h t nhau - nh ng chúng không gi ng nhau. Vì vậy, có m t s s k t n i ó.

He gets on a horse in Chile and he rides up into the Andes and he sees marine fossils lifted thousands of feet above sea level; clearly some dynamic process is going on that had lifted those marine fossils up. He doesn't know about continental drift yet --right?--but there the fossils are.

Ông y trèo lên ng a Chi lê và c i nó lên Andes và ông ta th y các hóa th ch bi n c nâng hàng ngàn phút trên m c n c bi n; rõ ràng m t s quá trình ng h c di n ra ã nâng các hóa th ch bi n này lên. Ông ta không bi t v s trôi gi t c a các l c a --úng không? Nh ng y hóa th ch y.

In the harbor at Valparaiso he sees the effects of an earthquake that had happened just before they arrived. It was a big one. It was probably as large as the earthquake that recently caused the big tsunami in Indonesia --so it was probably an 8.5, 8.6 earthquake -- and it had caused an uplift in the harbor of maybe 50 feet. So he began to see the world as dynamic. **Things hadn't always been the way they are.**

Trong c ng t i Valparaiso ông th y nh h ng c a m t tr n ng t ã x y ra ngay tr c khi h n. ó là m t tr n ng t m nh. Có l l n nh tr n ng t g n ây ã gây ra sóng th n t i Indonesia - do ó có l là tr n ng t 8,5, 8,6 - và nó ã gây ra m t

s nâng lên cao khoảng 50 phút. Vì vậy, ông bắt đầu nhìn thấy gì đó. Mọi thứ luôn luôn thay đổi, không bao giờ gì nguyên trạng thái ban đầu của nó.

Then he goes to the Galapagos, and please navigate the Galapagos website and have a look at some of these differences. The thing that Darwin noticed is that the mockingbirds are different on the different islands. If you go to the Galapagos what you'll notice is that if you land on Espanola, the mockingbirds really want your water supply, and they will hop onto your head or your knee to try to get at your water supply. But, in fact, the mockingbirds all look a little bit different on the different islands, and that's what Darwin noticed.

Sau đó, ông ta đi đến Galapagos, và hãy vào trang web Galapagos để xem một số khác nhau này. Điều mà Darwin nhận thấy là các con chim như các hòn đảo khác nhau thì khác nhau. Nếu bạn đi đến Galapagos như người bản địa nhận thấy là nếu bạn ghé vào Espanola, các con chim như thỏ sẽ muốn bạn cung cấp nước uống, và chúng sẽ nhảy lên đầu bạn hoặc gối bạn để nhận nước uống. Tuy nhiên, trong thực tế, tất cả các con chim như trên các vùng khác nhau thì khác nhau một chút, và đó là những gì Darwin nhận thấy.

He could also see that that the marine iguanas look a bit different, and the land iguanas look different. Interestingly, he didn't notice the differences in the finches, until he got back to England and gave his collection to the British Museum, and the ornithologists at the British Museum came in and said, "Hey Darwin, do you realize that the finches on these islands are different?" And that was when he began to really see how many differences could accumulate, how rapidly, when you take a migrant from Central America and put it on an isolated archipelago.

Ông cũng có thể thấy rằng các con giông màu biển trông hơi khác nhau, và các con giông màu đất khác nhau. Điều thú vị là, ông đã không nhận thấy sự khác biệt của các con chim sẻ, cho đến khi ông quay trở lại Anh và đem bộ sưu tập của mình cho Viện Bảo tàng Anh, và các nhà sưu tập học hỏi và nói, "Hey Darwin, ông có nhận ra các con chim sẻ trên các đảo này khác nhau không?" Và đó là khi ông bắt đầu thực sự có những hiểu biết khác nhau có thể tích lũy, nhanh như thế nào, khi bạn lấy một chim di trú từ Trung Mỹ và đặt nó trên một quần đảo cô lập.

So he goes back to London. He's been on board ship for about four years. He has a problem with seasickness. He never again sets foot on a ship. He doesn't want to go near the water after being four years on this ship. He had a few issues with the captain too, Fitzroy, but mainly it was that he had a very bad upset stomach onboard the Beagle.

Vì vậy, ông ta quay lại London. Ông vẫn ở trên tàu khoảng bốn năm. Ông có vấn đề về bệnh say sóng. Ông không bao giờ đặt chân lên tàu lần nữa. Ông không muốn nhìn thấy biển sau khi đã bốn năm trên tàu. Ông cũng có vài vấn đề tranh cãi với thuyền trưởng người Anh, Fitzroy, nhưng chủ yếu là ông hay buồn ngủ trên tàu Beagle.

He reads the Reverend Malthus on population growth. Malthus's book had come out in 1798. Malthus said basically that populations grow exponentially but agriculture grows linearly. Therefore populations will always outstrip their resource base. This convinced Darwin that all organisms are in a competitive struggle for resources, and that that must inevitably be the case. He saw very clearly how powerful reproduction is at generating exponential population growth. We will come back to that in the ecology portion of the course.

Ông đọc the Reverend Malthus về sự gia tăng dân số. Sách của Malthus được xuất bản năm 1798. Malthus nói rằng về cơ bản dân số tăng theo hàm mũ, nhưng nông nghiệp phát triển tuyến tính. Vì vậy dân số sẽ luôn luôn vượt xa các tài nguyên của họ. Điều này làm cho Darwin tin rằng tất cả các sinh vật đang trong một cuộc đấu tranh giành các nguồn tài nguyên, và điều đó chắc chắn đúng. Ông thuyết phục rằng sự sinh sản nhanh chóng vượt trội của quần thể dân số theo hàm mũ như thế nào. Chúng ta sẽ quay lại điều đó trong phần sinh thái học của khóa học.

And we now know that organisms are in competition really essentially not just over food resources, they are in competition over anything that will get their genes into the next generation. So that can be competition for mates. It can be competition for nesting sites, competition for food; lots of different things. But at any rate this primed Darwin's thinking. So he writes down the idea of natural selection. It comes to him in 1838; it's in his notebooks in 1838.

Và bây giờ chúng ta biết rằng các sinh vật đang trong cuộc đấu tranh thực sự về cơ bản không chỉ trên nguồn thức ăn, chúng còn tranh giành trên bất cứ thứ gì mà gen của chúng vào thế hệ kế tiếp. Vì vậy, đó có thể là cuộc đấu tranh giành phi. Nó có thể là cuộc đấu tranh về khu vực sinh sống, cuộc đấu tranh về thức ăn; nhiều thứ khác nữa. Nhưng bất luận thế nào, điều này đã khơi mào cho suy nghĩ của Darwin. Vì vậy, ông viết ra ý tưởng về chọn lọc tự nhiên. Nó nảy ra trong đầu ông vào năm 1838; nó trong vở của ông vào năm 1838.

Basically, I'll run through natural selection in a minute. It's a deceptively simple idea because the mechanism looks so simple, but the consequences are so wide ranging. Darwin recognized what the consequences were. And he didn't publish immediately. He did other things. He went off and he worked five or six years on barnacles. He wrote down lots of ideas about things unrelated to natural selection, and he wasn't really jogged out of this until a letter arrived in 1858 from Alfred Russel Wallace, a young British naturalist who had, in a fit of malarial fever, had the same idea, in Indonesia.

Về cơ bản, lát nữa thôi tôi sẽ nói qua về chọn lọc tự nhiên. Đó là một ý tưởng có vẻ đơn giản vì cơ chế trông có vẻ đơn giản, nhưng hậu quả của nó trên phạm vi quá rộng. Darwin đã nhận ra những hậu quả là gì. Và ông đã không công bố ngay. Ông đã làm những việc khác. Ông đã đi và ông làm việc trong năm hay sáu năm về các con hàu. Ông đã viết ra rất nhiều ý tưởng không liên quan đến chọn lọc tự nhiên, và ông đã quên lãng nó cho đến một hôm ông nhận được lá thư lúc đó là năm 1858 từ Alfred Russel Wallace, một nhà tự nhiên học người Anh đã có, trong cơn bệnh sốt rét, có cùng một ý tưởng, Indonesia.

And Wallace knew that Darwin had been thinking about these things, and he sent Darwin a letter. And at that point Darwin, British gentleman as he was, had to decide whether he would do the sort of gracious, honorable thing and let Wallace have the idea, or do the honest thing, which, his colleagues knew, was that he had already had the idea. And what they decide upon is that they will do a joint publication.

Và Wallace biết rằng Darwin đã suy nghĩ về những gì này, và ông đã gửi một bức thư đến Darwin. Và vào lúc đó Darwin, quý ông người Anh như ông, đã phải quyết định xem ông sẽ làm những gì về danh giá, danh dự và công nhận ý tưởng của Wallace, hay là làm một việc trung thực, tức là, các ông nghĩ về ông đã biết, là ông đã có ý tưởng đó rồi. Và những gì họ quyết định là họ sẽ làm một công bố chung.

So if you go to the Biological Journal of the Linnaean Society for 1858, which is in the Yale Library, you can look up the back to back papers by Alfred Russel Wallace and Charles Darwin in which the idea of Natural Selection is laid out. And then Darwin rushes his book into print. So he has been working on a book that was probably going to be about 1200 pages long, and instead he publishes an abstract of it, which he calls "The Origin of Species", which is about 350 pages long. And it sells out on the first day, sold all 6000 copies on the first day, and has remained in print ever since.

Vì vậy nếu bạn đi đến the Biological Journal of the Linnaean Society (Tạp chí sinh học của Hội khoa học Linnaean) vào năm 1858, nó có thể tìm thấy ở Thư viện lịch sử Yale, bạn có thể cuộn lên những bài trang báo của Alfred Russel Wallace và Charles Darwin trong đó ý tưởng chọn lọc tự nhiên được trình bày. Và sau đó Darwin đã vội vã đem sách của ông đi in. Vì vậy, ông đã làm việc trên cuốn sách có lẽ dài khoảng 1200 trang, và thay vào đó ông đã xuất bản một bản tóm tắt của nó, mà ông gọi là "The Origin of Species" (Nguồn gốc của các loài), nó dài khoảng 350 trang. Và trong ngày đầu tiên xuất hiện trên thị trường, có thể có 6.000 bản đã được bán, và vẫn tiếp tục được in suốt đó.

That's The Beagle. Darwin slept in a hammock in the captain's cabin, at the back of the ship, which rocked horribly. And that's essentially all I want to do about the development of the idea of Evolution. Basically what I did was I wanted to give you the feeling that there was somebody like you who went out and knew what a deep problem was, and happened to have the luck to get into a special situation where they were stimulated, and came up with an idea that changed the world. No reason it can't happen again.

Đó là The Beagle. Darwin đã ngủ trong cái võng cabin của thuyền trưởng, phía sau chiếc tàu, nơi rung lắc một cách khủng khiếp. Và về bản chất đó là tất cả những gì tôi muốn nói về sự phát triển của ý tưởng tiến hóa. Về bản chất những gì tôi đã làm là cho bạn một cảm giác rằng có ai đó đã đi ra ngoài và đã biết về những sâu sắc nào, và ngẫu nhiên có may mắn gặp một tình huống bất ngờ đó kích thích, và bạn cảm thấy ý tưởng làm thay đổi thế giới. Không có lý do gì nó không xảy ra lần nữa.

So now I'm going to give you a brief overview of microevolution and macroevolution. Here's Natural Selection; here's Darwin's idea. If, in a population, there is variation in reproductive success--what does that mean? Would everybody in the room raise their

hand if they're an only child? Look around. There are about five or six. How many of you come from families with two children? Lots. How many with three? Quite a few. How many with four? Quite a few, but not as many as there with only children. Anybody with five? Yes, a couple. Anybody with six? No. If we were, by the way, in the nineteenth century, at this point there would still be lots of hands going up.

Vì vậy, bây giờ tôi sẽ cung cấp cho bạn một tình huống quan sát tiến hóa vi mô và vĩ mô. Đây là chuyện rất tự nhiên; đây là ý tưởng của Darwin. Nếu, trong dân số, có sự biến động trong việc duy trì nòi giống – liệu có nghĩa là gì? Bạn nào là con một trong gia đình hãy giơ tay lên xem nào? Nhìn xung quanh kia. Có bao nhiêu người có sáu. Bao nhiêu người trong số các bạn nữ trong gia đình có hai con? Rất nhiều. Bao nhiêu vị ba? Một vài. Bao nhiêu vị bố? Vài người, nhưng không nhiều như số vị gia đình có một con. Có ai vị nư? Có, hai người. Có ai vị sáu không? Không. Vì vậy, nếu chúng ta đang thế kỷ 19, vào lúc này số vị nư còn có nhiều cánh tay giơ lên.

What you've just seen is the amount of variation in reproductive success represented by the families in this room. Variation in reproductive success basically means that different families have different numbers of offspring, or different individuals have different numbers of offspring. Then there has to be some variation in a trait.

Nhưng gì bạn và thầy là lượng biến động trong số duy trì nòi giống thể hiện qua số gia đình trong phòng này. Sự biến động trong số duy trì nòi giống về các bạn nữ có nghĩa là các gia đình khác nhau có số con khác nhau, hoặc các cá nhân khác nhau có số con khác nhau. Vì vậy phải có một sự biến động trong tính trạng.

How many of you are under 5'5? Raise your hands. How many between 5'5 and 6 feet? How many over 6 feet? Lots of variation in height in this room. So we got lots of variation in reproductive success; lots of variation in height. There has to be a non-zero correlation between reproductive success and the trait. On this particular trait there's been some research. Turns out that taller men have more children. I don't know whether that's just an NBA effect or what that is but it turns out to be true in many societies.

Có bao nhiêu người trong số các bạn cao dưới 5'5? Giơ tay lên nào. Bao nhiêu người có chiều cao nam trong khoảng 5'5 và 6 feet? Có bao nhiêu người cao hơn 6 feet? Có nhiều biến động về chiều cao trong phòng này. Vì vậy, chúng ta có nhiều sự biến động về số duy trì nòi giống; nhiều biến động về chiều cao. Phải có sự tương quan khác không gì của số duy trì nòi giống và tính trạng. Về những tính trạng thể chất này chúng ta đã từng có một số nghiên cứu. Hóa ra là người càng cao hơn thì càng có nhiều con hơn. Tôi không biết đó là hiệu ứng NBA hay gì nhưng hóa ra điều này đúng trong nhiều xã hội.

So there is a non-zero correlation between the reproductive success and the trait. Then there has to be heritability for the trait. The heritability of height in humans is about 80%. So all of the conditions for natural selection on height are present in this room. All you have to do is go out and have kids and it will happen.

Vì vậy, có một số mối quan hệ khác không gì là duy trì nội dung và tính trạng. Vì vậy ý
đồ phôi là sự khác biệt của các tính trạng. Sự khác biệt chi phối cao hơn là khoảng 80%. Vì
vậy, tất cả các yếu tố khác nhau là tự nhiên và chi phối cao **ang hi n di n trong phòng
này**. Tất cả những gì bạn phải làm là sau này về nhà và lý giải và hiểu này sẽ xảy ra.

So if you're ever in doubt about whether evolution is operating in a population, go back to
these basic conditions. You can always decide whether it's likely to be operating or not.
We can turn natural selection off by violating any of these four points. If there's no
variation in reproductive success--for example, if there is lifetime monogamy and a one-
child policy, there will be zero-variation in reproductive success if everybody just has one
child; of course some people will still have zero, but that's about as close as you can get.

Vì vậy, nếu bạn nghĩ về sự tiến hóa có hoặc không trong một quần thể dân
số hay không, hãy quay lại những yếu tố khác nhau này. Bạn luôn luôn có thể quyết định
xem nó có khả năng xảy ra hay không. Chúng ta có thể vô hiệu hóa các yếu tố khác nhau
bằng cách vi phạm một cái nào đó trong bốn điều này. Nếu không có biến đổi trong sự
duy trì nội dung - chẳng hạn, nếu có chế độ một vợ một chồng suốt đời và một chính
sách sinh đẻ, sẽ không có sự biến đổi trong sự duy trì nội dung nếu mọi người chỉ có
một con; tất nhiên các yếu tố khác không thể có con, nhưng đó là vấn đề bạn có thể
hiểu khi cần.

If there's no variation in the trait--if the trait is like five fingers; there are very few people
with six fingers; there are some, but very few. If there's a non-zero correlation between
reproductive success and the trait; if there is a zero correlation between reproductive
success and the trait. We'll go into all the conditions for that. That results in neutral
evolution. Okay? Then things just drift. We'll have a whole lecture on that. Or if the trait
is not heritable, if there's no genetic component to it, then it won't evolve.

Trên hình vẽ nào không có sự biến đổi trong tính trạng - như tính trạng số ngón tay; có
rất ít người có sáu ngón tay; có một số, nhưng rất ít. Trên hình vẽ nào có một số mối
quan hệ khác không gì là duy trì nội dung và tính trạng; trên hình vẽ nào có một số mối
quan hệ khác không gì là duy trì nội dung và tính trạng. Chúng ta sẽ đi sâu vào tất cả
những yếu tố khác nhau cho vì sao. Điều đó rất thú vị về tiến hóa trung lập. Đúng không? Sau đó,
mình sẽ chơi đùa đi. Chúng ta sẽ có nguyên nhân để nói về vấn đề đó. Trên hình vẽ
nào tính trạng không di truyền, nếu không có yếu tố di truyền gắn liền với nó, thì nó sẽ không
tiến hóa.

So Natural Selection-I wonder why it's doing that? Sorry- Natural Selection does not
necessarily happen. It only happens under certain conditions. Essentially in this picture,
this is what I've just told you about Natural Selection. If there's variation in the trait,
represented on the X-axis, and there's variation in reproductive success, based on the Y-
axis, and there is a correlation between the two, represented by the fact that I can just
about draw a straight line between these points, Natural Selection will occur and it will
push the trait to the right.

Vì vậy, chúng ta cần hiểu tự nhiên-Tôi không hiểu tại sao nó làm như thế? Xin lỗi- chúng ta cần hiểu tự nhiên không như thí nghiệm. Nó xảy ra trong thế giới thực. Vì vậy, chúng ta cần hiểu tự nhiên. Nếu có biến dị trong tính trạng, các biến dị nằm trên trục X, và có biến dị trong sự duy trì đời sống, dựa trên trục Y, và có mối liên hệ giữa hai cái, các biến dị nằm trên trục X sẽ ảnh hưởng đến các biến dị này, chúng ta cần hiểu tự nhiên xảy ra như thế nào và nó xảy ra khi nào các tính trạng di truyền quy luật.

If all of these conditions, except the correlation, occur --so you have variation in the trait, variation in reproductive success but no correlation --then you get random drift. And these two situations result in radically different things. This situation produces adaptation, it produces all of the fantastic biology that you're familiar with. It's produced meiosis; it's produced your eye; it's produced your brain. It's extremely powerful.

Nếu tất cả những điều kiện này, ngoại trừ mối liên hệ giữa tính trạng này, sự thay đổi - vì vậy bạn có biến dị trong tính trạng, biến dị trong sự duy trì đời sống nhưng không có sự liên quan - thì bạn sẽ có chi tiêu ngẫu nhiên. Và hai tình huống này dẫn đến những kết quả khác. Tình huống này tạo ra sự thích nghi, nó tạo ra tất cả các sinh học tuyệt vời mà bạn đã quen thuộc. Nó tạo ra sự phân bào giảm phân; nó tạo ra mắt cá; nó tạo ra bộ não cá. Nó cực kỳ mạnh mẽ.

This situation on the right, the random drift situation, is what connects microevolution to phylogenetics, and it's what allows us to use variation in DNA sequences to infer history. And I'll get to that. That statement right now is opaque. Don't expect that one to be transparent at this point. But two or three lectures from now I will go into that in detail and you will see that we need to have a process of drift in order to generate a kind of large-scale regularity that gives us timing and relationship in macroevolution.

Trong hình này bên phải, trong hình này có khuynh hướng ngẫu nhiên, là những gì kết nối tiến hóa vi mô với phân loại học, và nó là những gì cho phép chúng ta sử dụng các chuỗi ADN suy ra lịch sử. Và tôi sẽ xem xét điều đó. Ngay bây giờ phát biểu đó không rõ ràng. Những gì rõ ràng là điều hiển nhiên lúc này. Những hai hoặc ba bài giảng tiếp theo tôi sẽ đi sâu vào điều đó một cách chi tiết và bạn sẽ thấy rằng chúng ta cần phải có một quá trình trôi dạt tạo ra một sự ngẫu nhiên trên quy mô lớn cho phép chúng ta nhìn thấy sự liên quan và mối quan hệ trong tiến hóa vi mô.

So both are driven by variation in reproductive success. The difference is in whether there's a correlation between the variation of the gene or the trait and the variation in reproductive success.

Vì vậy có hai trường hợp khi biến dị biến dị trong duy trì đời sống. Sự khác nhau là liệu có sự liên quan giữa biến dị của gen hoặc tính trạng và biến dị trong sự duy trì đời sống hay không.

If we have strong selection, we can get pretty amazing things. I could illustrate adaptation a lot of different ways. I could do it say with the leaf cutting ants that were the first

farmers; they domesticated a fungus 50 million years ago and have been cultivating it ever since. That would be one way I could do it.

Nếu chúng ta có sự chọn lọc tự nhiên, chúng ta có thể nhìn thấy những ví dụ. Tôi có thể minh họa thích ứng theo những cách khác nhau. Tôi có thể làm điều này với những loài kiến cắt lá là những nông dân đầu tiên; chúng tôi đã khai hóa hơn 50 triệu năm trước và đang trở lại nó một lần nữa. Đó là một cách tôi có thể làm điều này.

I could do it with the exquisite morphology of the deep sea glass sponges and how efficient they are at filtering stuff out of the water. I could do it with the design of a shark's body. Lots of stuff.

Tôi có thể làm điều này với các hình thái tinh tế của bọt biển tinh thể đáy biển sâu và chúng tôi có các thể ngoài biển như vậy. Tôi có thể làm điều này với thị giác của cá mập. Rất nhiều thứ.

I'll do it with bats, in part because when I was a Yale undergrad I worked on bats in this building. We had a guy that did research on bats at that time. Now a lot of bats are insectivores, and they will hunt moths at night, in complete darkness. They do it with sonar.

Tôi sẽ làm điều đó với những con dơi, một phần vì khi tôi là một sinh viên tôi đã nghiên cứu về những con dơi trong tòa nhà này. Chúng tôi đã có anh chàng đã nghiên cứu về dơi tại thời điểm đó. Bây giờ có rất nhiều dơi là loài ăn sâu bọ, và chúng sẽ săn bướm vào ban đêm, trong bóng tối hoàn toàn. Chúng làm điều đó với hệ thống phát tín hiệu âm thanh của chúng.

The bat only weighs about say 50 to 100 grams, and it is making a sound that is as loud as a Metallica concert when you're standing right next to the lead guitar's speaker system. Okay? Or it's as loud, if you like, as a Boeing 747 taking off from a runway. It's this tiny little creature. It's making an incredibly loud sound. It's 130 decibels.

Những con dơi chỉ nặng khoảng 50-100 gram, và nó tạo ra âm thanh ồn ào như một buổi hòa nhạc Metallica hết như khi bạn đang đứng ngay bên cạnh hệ thống loa của đàn guitar chính. Đúng không? Hoặc ồn ào như, nếu bạn thích, như là một chiếc Boeing 747 cất cánh từ một đường băng. Đó là sinh vật nhỏ bé này. Nó tạo ra một âm thanh cực lớn. Khoảng 130 decibels.

It does that because the intensity of sound, the amplitude of sound, decreases with the square of distance, and it needs to detect an echo coming back from the moth. The echo coming back from the moth--which by the way it can pick up at a distance of about 20 feet--is about a million times less loud, and it's only coming in about one to two milliseconds later. So imagine, there you are, you've gone "woo" --except a lot louder than that--and milliseconds later you hear "click", and you haven't deafened yourself.

Nó làm điều đó bởi vì cường độ âm thanh, biên độ của âm thanh, giảm theo bậc hai của khoảng cách, và nó cần để phát hiện một tiếng vang dội lại từ con bướm. Tiếng vang phản xạ lại từ con bướm – nhờ đó nó có thể thu nhận tín hiệu tại khoảng cách khoảng 20 phút (1 phút = 0.3048 m) – tại khoảng cách đó tín hiệu sẽ nhỏ hơn một triệu lần tiếng ồn do nó tạo ra, và nó chỉ đến trong khoảng 1 đến 2 mili giây sau đó. Vì vậy, hãy tưởng tượng, giả sử bạn hét "woo" – trừ việc là to hơn vậy nhiều - và những mili giây sau đó bạn nghe "click", và bạn đã không tự làm inh tai.

That's exquisite. It has all kinds of physiology in its ear to hear the returning echo, and it can actually discern whether or not it's looking at a kind of a fuzzy moth or a smooth beetle. The moth has all kinds of adaptations to try to get away from the bat. It hears the bat. The bat's cruising around, the moth hears the bat. The moth goes into a desperate spiral, diving towards the ground--okay--the bat starts to swoop in. There is a mite that lives in the ear of moths. I think you begin to understand the problem that this mite has. If the moth gets caught, the mite will be eaten.

Điều đó cực kì tinh tế. Nó có tất cả các loại sinh lý học trong tai của nó để nghe tiếng vang quay lại, và nó có thể thực sự cảm thấy được dù nó có nhìn vào con bướm mờ nhạt hay một con bọ tron nhẵn hay không. Con bướm có tất cả các loại cơ chế thích nghi để cố gắng tránh xa những con dơi. Nó nghe ngóng con dơi. Sự bay lượn vòng của các con dơi, con bướm nghe ngóng con dơi. Con bướm đi vào một đường xoắn ốc tuyệt vọng, bỏ nhàu xuống mặt đất - vâng – con dơi bắt đầu nhàu xuống. Có một con ve sống trong tai con bướm. Tôi nghĩ rằng bạn bắt đầu hiểu được vấn đề mà con ve gặp phải. Nếu con bướm bị bắt, con ve cũng bị ăn thịt.

The mite's solution? It only lives in one ear. If you collect moths and you look for mites in their ears, you will find that they are always only on one side. So the moth always has a clear ear so it can hear the bat. There's stuff like this all through biology.

Giải pháp của con ve? Nó chỉ sống trong một tai. Nếu bạn bắt bướm và bạn tìm con ve trong tai của chúng, bạn sẽ thấy rằng chúng luôn luôn chỉ ở một bên. Vì vậy, con bướm luôn luôn có một tai sạch để nó có thể nghe ngóng con dơi. Có những thứ giống như vậy trong sinh học.

There's another kind of a bat, called a Noctilio, hunts fish. A Noctilio basically detects ripples in the water surface, and then it swoops down and it gaffs the fish with its hind legs. It can detect a wire 1/10th of a millimeter in diameter, sticking 1/10th of a millimeter above the water surface. When I was taking care of bats, I'd never seen a Noctilio. I thought, "God, this must be the greatest bat in the world."

Có một loại dơi khác, được gọi là Noctilio, săn cá. Về cơ bản Noctilio phát hiện các gợn sóng trên mặt nước, và sau đó nó xà xuống và nó gắp con cá bằng chân sau của nó. Nó có thể phát hiện một sợi dây có đường kính 1/10 mili mét, cái que 1/10 mili mét trên mặt nước. Khi tôi nghiên cứu các con dơi, tôi chưa bao giờ thấy con Noctilio. Tôi nghĩ, "Chúa ơi, đây phải là một loài dơi tuyệt vời nhất thế giới."

About four years ago, on the Amazon, my wife and I went out in a canoe, at sunset, on a lake, just off the Amazon River. It was starting to get dark. All day long the kingfishers had been fishing on that lake, and during the day the lake had gotten covered with a lot of food that the fish wanted, but they were afraid of the kingfishers. As it got darker the kingfishers couldn't hunt anymore and the whole surface of the lake dimpled with the fish coming up to eat the food.

Khoảng bốn năm trước đây, ở Amazon, vợ tôi và tôi đi ra ngoài trên một chiếc xuồng, lúc hoàng hôn, trên một hồ nước, ở ngay ngoài thủy phận sông Amazon. Trời bắt đầu tối dần. Suốt ngày dài, các con chim bói cá đã đánh bắt cá trên hồ đó, và suốt ngày hồ bị phủ đầy với nhiều loại thực phẩm mà các con cá ưa thích, nhưng chúng sợ các con chim bói cá. Vì trời ngày càng tối nên các con chim bói cá không thể bắt cá được nữa và toàn bộ mặt hồ đã gợn sóng vì các con cá nổi lên ăn mồi.

So their timing was exquisite. They knew exactly how dark it had to get before they were safe. The fish came up and started to eat the food. At that point--it was just shortly after sunset--the bat falcons were still stationed around the lake. You could see, up on the trees, falcons sitting up on the limbs and making flights off of the limbs. About 15 minutes after the fish started to eat, it got dark enough so that the bat falcons couldn't hunt anymore, and at that point Noctilio came out, and the water was covered with hundreds of bats that were catching the fish. They were catching the fish within a meter of us.

Vì vậy, cách định thời của chúng rất tinh tế. Chúng biết chính xác trời phải tối như thế nào để lên cho an toàn. Các con cá nổi lên và bắt đầu ăn thực phẩm. Tại thời điểm này – chỉ là ngay sau khi hoàng hôn - những con chim ưng bắt dơi vẫn còn ở yên quanh hồ. Bạn có thể thấy, ở trên cây, các con chim ưng vẫn còn ngồi trên các cành cây và cất cánh bay khỏi những cành cây đó. Khoảng 15 phút sau cá bắt đầu ăn, trời đủ tối dần để các con chim ưng không thể săn mồi nữa, và lúc đó Noctilio xuất hiện, và mặt nước được bao phủ với hàng trăm con dơi đang bắt cá. Chúng bắt cá trong vòng một mét quanh chúng tôi.

Now there are a couple of things about that story that I think, uh, I'd like to underline. One is that that entire community is exquisitely adapted. Every element in it knows when everything is going on and what the risks are, and what the costs and the benefits are. The other thing is that I had benefited from a liberal education, and when that bat came out, and was flying around a meter away from my canoe in the Amazon, my life was so much richer because I had been waiting to see it for 40 years. I had heard about it in a course at Yale. I knew where it fit in. I knew what kinds of adaptations it had, and boy was I happy to see it.

Hiện nay có một vài điều về câu chuyện đó mà tôi nghĩ rằng, uh, tôi muốn gạch dưới. Một là toàn thể cộng đồng được thích nghi một cách tinh tế. Mỗi phần tử trong nó biết khi nào mọi thứ đang diễn ra và những rủi ro là gì, và các chi phí và lợi ích là gì. Điều khác là tôi được hưởng lợi từ một nền giáo dục tự do, và khi những con dơi đến, và bay khoảng một mét cách xa xuồng của tôi ở Amazon, cuộc sống của tôi phong phú hơn rất nhiều vì tôi đã chờ đợi để xem nó khoảng 40 năm. Tôi đã nghe nói về nó trong một khóa

học tại Yale. Tôi biết nó thích hợp ở đâu. Tôi biết những loại thích nghi nào mà nó có, và nó là thứ mà tôi hạnh phúc khi được thấy. R

So adaptation can be impressive. Drift is something that actually appeals to the geeks among us. I have a geeky side too, okay? Drift isn't such a morphologically or artistically beautiful thing. It's a mathematically beautiful thing. Drift happens whenever there is no correlation between reproductive success and variation in a trait, and it produces patterns like this.

Vì vậy, sự thích ứng có thể gây ấn tượng. Sự trôi giạt là cái gì đó thực lí thú cho những người quái dị trong số chúng ta. Tôi cũng có một bên lập dị nữa, đúng không? Trôi giạt không phải là những thứ đẹp về mặt hình thái học hoặc nghệ thuật. Đó là một thứ đẹp đẽ về mặt toán học. Sự trôi giạt xảy ra bất cứ khi nào không có sự tương quan giữa sự tái sản xuất và sự biến động trong tính trạng, và nó tạo ra những mẫu như thế này.

So here we start off with 20 populations, and we start them all with a gene frequency of 0.5, and we let meiosis--which is like flipping a fair coin--and we let variation and reproductive success take their course, and we just run these populations for 20 generations, and you can see that there's just about an equally likely distribution of end-states out here. So we all start off at 0.5, and it gets noisy as we go along.

Vì vậy, ở đây chúng tôi bắt đầu với 20 người, và chúng ta bắt đầu tất cả họ với một tần số gen là 0,5, và chúng ta cho phép sự phân bào giảm nhiễm – nó giống như trò chơi thái đồng tiền - và chúng ta cho phép sự biến động và sự duy trì nòi giống chọn khóa học của họ, và chúng ta chỉ chạy số dân này trên 20 thế hệ, và bạn có thể thấy rằng đó chỉ là một phân bố đồng đều ngẫu nhiên của các trạng thái cuối ngoài đây. Vì vậy, tất cả chúng ta bắt đầu tại 0.5, và nó trở nên huyền ảo khi chúng ta tiếp tục.

So this is an image of the process of drift, and if any of these populations happens to get up to 1, or down to 0, in terms of gene frequency, the process will stop, because those are absorbing states. If the frequency becomes 1, then everybody's got it and there can't be any change, and if the frequency becomes 0, then nobody's got it and there can't be any change. So that's what's meant by absorbing state.

Vì vậy, đây là một hình ảnh của quá trình trôi dạt, và nếu có bất kì ai trong những cư dân này ngẫu nhiên lên đến 1, hoặc xuống đến 0, theo tần số gen, quá trình sẽ dừng lại, bởi vì những cái đó là các trạng thái hấp thụ. Nếu tần số bằng 1, thì tất cả mọi người có nó và không có bất kỳ sự thay đổi nào, và nếu tần số này bằng 0, thì không ai có nó và không thể có bất kỳ thay đổi nào. Vì vậy, đó là ý nghĩa của trạng thái hấp thụ.

Now to a first approximation, whole organism traits are the products of Natural Selection. Maybe not in the immediate past, but usually at some point in the history of life, a whole organism trait will have been under Natural Selection. So it will have been shaped and designed by this process. And to a first approximation, a lot of DNA sequences have been shaped by drift. So we see design in the whole organism and we see noise in the genome -to a rough cut; lots of exceptions.

Bây giờ đến một phép xấp xỉ bước đầu, toàn bộ các tính trạng của sinh vật là kết quả của chọn lọc tự nhiên. Có lẽ không phải trong quá khứ gần đây, nhưng thường tại thời điểm nào đó trong lịch sử sự sống, toàn bộ các tính trạng của sinh vật sẽ được chọn lọc tự nhiên. Vì vậy, nó sẽ được tạo hình và được thiết kế bởi quá trình này. Và đối với phép xấp xỉ bước đầu, nhiều chuỗi DNA đã được định hình bởi quá trình trôi giạt. Vì vậy, chúng ta hiểu được thiết kế trong toàn bộ sinh vật và chúng ta thấy nhiều trong hệ gen – đến vết cắt thô; rất nhiều trường hợp ngoại lệ.

There are DNA sequences that have clear selective value; in fact, there's a whole literature on this now. If any of you want to write an essay on signatures of selection in the genome, you can find lots of stuff on that now, on how to recognize that a chunk of genome has recently been under selection. There are whole organism traits that have no apparent selective value; for example, the chin.

Có những chuỗi DNA có giá trị chọn lọc rõ ràng; trong thực tế, hiện nay có toàn bộ một tài liệu về vấn đề này. Nếu bất kỳ bạn nào muốn viết một bài luận về dấu hiệu của chọn lọc trong bộ gen, bạn có thể tìm thấy rất nhiều thứ về vấn đề đó trong hiện tại, làm thế nào để nhận ra một đoạn gen gần đây đã được chọn lọc. Có toàn bộ những tính trạng sinh vật không có giá trị chọn lọc rõ ràng, ví dụ như cằm.

The chin actually is the result of evolution, operating on development, to take a face, which is like that of a gorilla or a chimpanzee, which bulged out like this and essentially flattened it out; so that we are vertically much flatter than a chimp or a gorilla, and as a result of this being pushed back, something that was there, but kind of covered up, stuck out.

Cằm thực sự là kết quả của sự tiến hóa, hoạt động trên sự phát triển, chọn một khuôn mặt, chẳng hạn như khuôn mặt của khỉ gôri-la hay một con tinh tinh, nhô ra như thế này và về cơ bản trải phẳng nó ra; để cho chúng ta phẳng hơn nhiều theo chiều dọc so với một tinh tinh hoặc một con khỉ đột, và bởi vì cái này bị đẩy ra phía sau, có thứ gì đó, nhưng hầu như được che đậy, lộ ra.

So that's where the chin came from. That doesn't mean chins were selective. Now it may be that after they originated, that there could've been a little bit of sexual selection operating on them. But certainly the developmental process that originally produced them didn't have to be adaptive. It could just be a byproduct of something that was going on, basically from the mouth up.

Vì vậy, đó là nơi cằm đến. Điều đó không có nghĩa là cằm được chọn lọc. Bây giờ có thể là sau khi chúng được tạo ra, đã có một ít chọn lọc giới tính hoạt động trên chúng. Nhưng chắc chắn rằng quá trình phát triển tạo ra chúng ban đầu không được thích nghi. Nó có thể chỉ là một sản phẩm phụ của một cái gì đó đã xảy ra, về cơ bản từ miệng lên.

So the themes of microevolution are selection and drift. Natural selection is driven by variation in reproductive success. The strength of selection is measured by the correlation

of variation in a trait with reproductive success. When there's no correlation, there's no systematic change, and then things just drift, okay?

Vì vậy, các chủ đề của tiến hóa vi mô là sự chọn lọc và sự phiêu bạt. Chọn lọc tự nhiên được điều khiển bởi biến động trong sự duy trì nòi giống. Sức mạnh của chọn lọc được đo bằng sự tương quan trong tính trạng với sự duy trì nòi giống. Khi không có sự tương quan, không có thay đổi mang tính hệ thống, và sau đó các thứ chỉ phiêu bạt, đúng không?

Now macroevolution; the big scale process, the big picture. Well here are sort of the basic statements about macroevolution. If anybody asks you, "What does this fancy word *macroevolution* mean?", tell them basically this is it. There's one tree of life. Everything on the planet had a common origin. Everything is related to everything else, with the possible exception of the viruses, which are too small for us to decide; their genomes are too small. The branch points in the tree, speciation events--that's when new species were formed.

Bây giờ tiến hóa vĩ mô; quá trình quy mô lớn, bức tranh lớn. Vâng đây là các loại phát biểu cơ bản về tiến hóa vĩ mô. Nếu ai hỏi bạn, "Từ lạ lùng tiến hóa vĩ mô nghĩa là gì?", Về cơ bản hãy nói với họ như thế này. Đó là cây phát sinh chủng loài. Tất cả mọi thứ trên hành tinh có nguồn gốc chung. Mọi sinh vật đều có liên quan với nhau, ngoại trừ những virus, nó quá nhỏ đối với chúng ta để quyết định; bộ gen của chúng quá nhỏ. Các điểm nhánh trên cây, các sự kiện hình thành loài - đó là khi loài mới được hình thành.

This history is marked by striking major events. There have been mass extinctions. There have been meteorite impacts. There have been major changes in the organization of the information structure of life. And the biological disciplines that you may encounter map onto this timeline. So actually different parts of biology study different parts of this process.

Lịch sử này được đánh dấu bởi những sự kiện nổi bật chính. Đã từng có sự tuyệt chủng hàng loạt. Đã từng có sự va chạm của các thiên thạch. Đã có những thay đổi lớn trong việc tổ chức cấu trúc thông tin của sự sống. Và các môn sinh học mà bạn có thể gặp phải trên thang thời gian này. Vì vậy, trên thực tế các bộ phận khác nhau của học sinh học nghiên cứu các phần khác nhau của quá trình này.

The tree looks like this. This is the large-scale tree. So at this scale, what you see here are the three kingdoms of life, which are the bacteria, the archaea, and the eukaryotes, up here; the root's at about 3.7 billion years, not million years. And at one point a purple bacterium got into the eukaryotes and became a mitochondrion, and at another point a cyanobacterium got into various plant lineages, three times, and became a chloroplast.

Cây trông như thế này. Đây là cây quy mô lớn. Vì vậy, ở quy mô này, những gì bạn nhìn thấy ở đây là ba vương quốc của sự sống, đó là vi khuẩn, vi khuẩn cổ, và các sinh vật nhân thật, lên đây; nên khoảng 3.7 tỉ năm, không phải triệu năm. Và tại một điểm một loại vi khuẩn có màu tím đi vào sinh vật tiền nhân và trở thành một ti thể, và ở một

thời điểm khác một vi khuẩn cyanobacterium đi vào các dòng thực vật khác nhau, ba lần, và trở thành một lục lạp.

So that's the large scale. And you're probably searching around on that to find out where you, the most important thing in the universe are, and you're way up here, on a little twig. Okay? Now if we blow that up and just look at the multi-cellular organisms, multi-cellularity looks like it originated around 800 million to a billion years ago. And these are the fungi, these are the things we call the plants, multi-cellular plants, and then off in this direction we have got a fairly complicated series of branches that end up with us being up here. Okay?

Vì vậy, đó là quy mô lớn. Và có lẽ bạn đang tìm kiếm xung quanh đó để tìm ra bạn ở đâu, thứ quan trọng nhất trong vũ trụ, và bạn ở đường lên đây, trên một cành nhỏ. Đúng không? Bây giờ, nếu chúng ta phóng to chỗ đó lên và chỉ nhìn vào các sinh vật đa bào, đa bào có vẻ như bắt nguồn từ khoảng 800 triệu đến một tỷ năm trước. Và đây là các loại nấm, đó là những thứ mà chúng ta gọi là thực vật, thực vật đa bào, và sau đó ra khỏi hướng này, chúng ta có một loạt nhánh khá phức tạp kết thúc với chúng ta đang lên đây. Đúng không?

The things that are--this was done by Tom Pollard, at MCDB, about five years ago, and at that point the things in yellow had genomes that had been completely sequenced. Now there are hundreds of completely sequenced genomes. So for the first two billion years of life most of the action is down in the basal radiation. So going on with bacteria, archaea and eukaryote ancestor; single-celled things. At that scale--we're just way up at a small twig on the tip--and symbiotic events brought mitochondria and chloroplasts into eukaryotic cells.

Những thứ mà - điều này được thực hiện bởi Tom Pollard, tại MCDB, khoảng năm năm trước đây, và lúc đó những thứ màu vàng đã có bộ gen đã được xếp thành dãy hoàn toàn trình tự. Hiện nay có hàng trăm bộ gen đã được sắp xếp. Vì vậy, khoảng hai tỷ năm đầu tiên của sự sống hầu hết hoạt động xuống mức bức xạ cơ bản. Điều tương tự cũng xảy ra với vi khuẩn, vi khuẩn cổ và tổ tiên nhân thật; các sinh vật đơn bào. Tại thang đó - chúng ta chỉ ở trên một cành nhỏ trên chóp - và các sự kiện cộng sinh mang ty thể và lục lạp vào các tế bào nhân thật.

Already this is telling you something interesting about yourself. You are a community of genomes. You are not a unitary genome. You've got that mitochondria in you. The main themes are basically that the speciation events that have occurred, particularly over the last billion years or so, have created a tree of life that describes the relationships of everything on the planet.

Điều này đã nói cho bạn vài thứ thú vị về chính bạn. Bạn là một cộng đồng của những bộ gen. Bạn không có một bộ gen đơn nhất. Bạn đã có ty thể trong bạn. Các chủ đề chính về cơ bản là các sự kiện hình thành loài đã xảy ra một cách đặc biệt, qua tỉ năm trước hoặc trong khoảng ấy, đã tạo ra một cây phát sinh loài mô tả mối quan hệ của mọi thứ trên hành tinh.

Systematic biology, phylogenetics, tries to infer the history of life by studying those relationships. And there's a real deep issue here of how do we infer the tree? The tree -- organisms don't come with a barcode on their foreheads telling us who they are related to. We have to try to figure out who they're related to, and when we understand the relationships, then we know the history, because the relationships define the history.

Sinh học hệ thống, phân loại học, cố gắng suy luận về lịch sử của sự sống bằng cách nghiên cứu những mối quan hệ này. Và ở đây có một vấn đề thật sự sâu sắc về cách thức chúng ta suy ra cây? Cây - sinh vật không đến với một mã vạch trên trán của chúng cho chúng ta biết chúng có liên hệ tới ai. Chúng ta phải cố gắng tìm ra chúng có liên quan đến ai, và khi chúng ta hiểu được các mối quan hệ, thì chúng ta biết về lịch sử, bởi vì các mối quan hệ xác định lịch sử.

So we work with hypotheses about history, and we test these hypotheses against each other and try to come up with the one that's most consistent with the data that we've got. And they give us a historical framework within which we can then interpret what's happened. There are major events that have happened. Briefly these are they.

Vì vậy, chúng ta làm việc với các giả thuyết về lịch sử, và chúng ta kiểm tra những giả thuyết trái ngược với nhau và cố gắng tìm ra một giả thuyết phù hợp với các dữ liệu mà chúng ta đã có. Và họ cho chúng ta một bối cảnh lịch sử trong đó chúng ta có thể giải thích những gì đã xảy ra. Có những sự kiện lớn đã xảy ra. Một cách ngắn gọn chúng là những cái này.

Life originates about 3.6 to 3.9 billion years ago. And, by the way, it seems to have originated fairly quickly. Within probably about 100 million years --see I'm being an evolutionary biologist again--within just a hundred million years, uh, after water could exist on the surface of the planet in liquid form--so following the meteorite bombardment, when the surface of the planet cools down enough for water to be liquid--life probably originates pretty quickly. And arguably, within the first hundred generations, the first parasites were around. So those things happened pretty quickly.

Sự sống bắt nguồn khoảng 3,6 đến 3.9 tỉ năm trước. Và, qua đây, có vẻ như nó đã bắt nguồn khá nhanh chóng. Có lẽ trong khoảng 100 triệu năm --thấy không tôi lại đang là một nhà sinh vật tiến hóa - chỉ trong vòng một trăm triệu năm, uh, sau khi nước có thể tồn tại trên bề mặt của hành tinh ở dạng lỏng - vì vậy tiếp theo sự bắn phá của thiên thạch, khi bề mặt của hành tinh nguội đi đủ cho nước trở thành lỏng - sự sống có lẽ bắt nguồn khá nhanh chóng. Và tranh cãi, trong một trăm thế hệ đầu tiên, các sinh vật kí sinh ở khắp nơi. Vì vậy, những thứ đó đã xảy ra khá nhanh chóng.

Then eukaryotes and meiosis, which is how a biologist refers to organized sex, happened about 1.5 to 2.5 billion years ago; multi-cellularity, which gives us developmental biology, about a billion years ago. All the major body plans for animals appear to have, with the exception perhaps of the, uh, jellyfish and a few of their relatives, they all seem to have originated about 550 million years ago.

Sau đó, sinh vật nhân thật và sự phân bào giảm nhiễm, đó là cách mà một nhà sinh học đề cập đến giới tính có tổ chức, đã xảy ra khoảng 1.5 đến 2.5 tỉ năm trước; hiện tượng đa bào, nó cho chúng ta sinh học phát triển, khoảng một tỷ năm trước. Tất cả các cấu trúc thân chính của động vật đã xuất hiện, có lẽ ngoại trừ của, sứa uh, và một vài họ hàng của chúng, tất cả chúng dường như có nguồn gốc khoảng 550 triệu năm trước.

There was a near loss of life on the planet in the Permian mass extinction. We will study that later in the course. You're welcome to write an essay on mass extinctions if you want to; you know, big death is kind of exciting. It seems to have occurred basically by a process of poisoning of the oceans. The flowers radiate about between 65 and 135 million years ago.

Có một sự thiệt hại về sự sống trên hành tinh trong trận tuyết chủng hàng loạt kỷ Permi. Chúng ta sẽ nghiên cứu điều đó sau trong khóa học. Bạn sẽ được hoan nghênh để viết một bài luận về tuyết chủng hàng loạt nếu bạn muốn, bạn biết, chết hàng loạt là một điều gây kích thích. Dường như điều đó đã xảy ra chủ yếu do quá trình nhiễm độc của các đại dương. Các bông hoa phát ra trong khoảng từ 65 đến 135 triệu năm trước.

Language is important because once language occurs, then we have an independent kind of information transmission from generation to generation; we get cultural transmission. That's probably about 60-100,000 years old; at least with syntax and complicated information storage. Writing is only about 6000 years old. And of course the important stuff is quite recent.

Ngôn ngữ là quan trọng bởi vì một khi ngôn ngữ xuất hiện, thì chúng ta có một loại thông tin độc lập truyền từ thế hệ này đến thế hệ khác; chúng ta nhận được sự chuyển giao văn hóa. Nó khoảng 60 đến 100,000 tuổi; ít nhất là với cú pháp và lưu trữ thông tin phức tạp. Chữ viết chỉ khoảng 6.000 năm tuổi. Và dĩ nhiên những thứ quan trọng là khá gần đây.

So this is a view of life that goes from bacteria to dinosaurs to rock and roll; and that all can be studied with evolutionary principles. How do the biological disciplines map onto this? Well microbiology and biochemistry try to study things that are common to all life. That means that the same chemical reactions that go on in bacteria go on in the human liver, and that's about one-and-a-half to four billion years old. Okay?

Vì vậy, đây là một cái nhìn về sự sống đi từ vi khuẩn đến khủng long đến rock and roll; và tất cả những điều đó có thể được nghiên cứu với các nguyên lý tiến hóa. Làm thế nào để các nhà sinh học vạch ra được điều này? Vâng vi sinh học và hóa sinh cố gắng nghiên cứu điểm chung của tất cả các dạng sống. Điều đó có nghĩa là các phản ứng hóa học diễn ra trong vi khuẩn cũng có thể diễn ra trong gan con người, và nó khoảng 1.5 đến bốn tỷ tuổi. Đúng không?

Genetics and cell biology study stuff that follows the evolutionary invention of meiosis; to a large degree. There is bacterial genetics, but eukaryotic genetics is something which is studying things that are about 1.5 billion years old. Developmental biology and general physiology, those are multi-cellular disciplines; they depend upon the existence of a

multi-cellular organism. That thing didn't come along until about a billion years ago. Neurobiology, you need a complex --you need cephalization--you need to have a complex nervous system. That studies phenomena that are probably about 500 to 600 million years old. Same for behavior.

Di truyền học và sinh học tế bào nghiên cứu các thứ theo sau các phát minh phân bào giảm nhiễm tiến hóa; đến một mức độ lớn. **Đó là di truyền học vi khuẩn**, nhưng di truyền học nhân thật là một khoa học nghiên cứu những thứ khoảng 1,5 tỷ tuổi. Sinh học Phát triển và sinh lí học đại cương, đó là những ngành học đa bào; chúng phụ thuộc vào sự tồn tại của các sinh vật đa bào. Điều đó chưa đến cho đến khoảng một tỷ năm trước. Sinh học thần kinh, bạn cần một phức tạp - bạn cần sự đầu hóa - bạn cần phải có một hệ thống thần kinh phức tạp. Ngành đó nghiên cứu về các hiện tượng có lẽ khoảng 500 đến 600 tuổi. Giống về cách ứng xử.

There are several anthropologists in the class. You guys are studying things that probably originated along our branch of the tree, within the last 15 to 20 million years. So there is a temporal assembly of biology, as a discipline, as well as there is of life, on the planet.

Có một số nhà nhân loại học trong lớp. Bạn những người đang nghiên cứu những thứ mà có lẽ là bắt nguồn dọc theo nhánh cây của chúng ta, trong vòng 15 đến 20 triệu năm qua. Vì vậy, có một sự kết hợp sinh học tạm thời, như một chuyên ngành, cũng như có sự sống, trên hành tinh.

So the key concepts from this lecture are that there are two kinds of explanation in biology. One is the proximate or mechanical question, which is answered by studying how molecules and larger structures work. Those are basically physical and chemical explanations. And then there are the evolutionary questions, which is why does the thing exist; why did it get designed this way? And that could be answered either through selection or through history; or the best way to do it is to use both and combine those explanations.

Vì vậy, các khái niệm cthen chốt từ bài giảng này là có hai loại giải thích trong sinh học. Một là gần đúng hoặc câu hỏi cơ chế, được trả lời bằng cách nghiên cứu cách thức các phân tử và cấu trúc lớn hơn hoạt động. Về cơ bản đó là các giải thích vật lí và hóa học. Và sau đó có những câu hỏi tiến hóa, có thể là tại sao điều đó tồn tại; tại sao nó được thiết kế theo cách này? Và điều đó có thể được trả lời, hoặc thông qua chọn lọc hoặc thông qua lịch sử; hoặc cách tốt nhất để thực hiện nó là dùng cả hai và kết hợp những giải thích này.

The thing that distinguishes biology from physics and chemistry is Natural Selection. This is not a principle that you can find in a physics textbook or in a chemistry textbook. This is something that is a general principle that actually applies to lots of things besides biology, but it's not contained within physics and chemistry. And there is a pattern in biology that unites biology with geology and astronomy, and that's history. So there is an important element of historical thought in evolutionary biology, as well as the more abstract action of natural selection on designing organisms for reproductive success and shaping changes and gene frequencies.

Điều phân biệt sinh học với vật lý và hóa học là chọn lọc tự nhiên. Đây không phải là một nguyên tắc mà bạn có thể tìm thấy trong sách giáo khoa vật lý hay trong sách giáo khoa hóa học. Đây là một nguyên tắc chung thực sự được áp dụng cho nhiều ngành bên cạnh sinh học, nhưng nó không được đề cập trong vật lý và hóa học. Và có một khuôn mẫu trong sinh học hợp nhất sinh học với địa chất học và thiên văn học, và đó chính là lịch sử. Như vậy, có là một yếu tố tư tưởng lịch sử quan trọng trong sinh học tiến hóa, cũng như các hoạt động chọn lọc tự nhiên trừu tượng trong việc thiết kế các sinh vật sinh cho sự suy trì nòi giống và thay đổi hình dạng và tần số gen.

Now I want to end the lecture by telling you something astonishing. I won't always be able to tell you something astonishing in every lecture. But one of the great privileges of teaching Introductory Biology, or being in an Intro Bio class, is that there are certain big things that never get discussed again. Okay? This is one of them. We are continuous with non-life.

Bây giờ tôi muốn kết thúc bài giảng bằng cách nói cho bạn một vài thứ đáng kinh ngạc. Tôi không phải luôn luôn có thể nói cho bạn biết những điều đáng kinh ngạc trong mọi bài giảng. Nhưng một trong những đặc quyền rất lớn trong việc giảng dạy sinh học nhập môn, hoặc trong các lớp nhập môn sinh học, là có những thứ lớn như thế không bao giờ được thảo luận lại một lần nữa. Đúng không? Đây là một trong số chúng. Chúng ta tiếp tục với phi nhân thọ.

Here's how I'm going to convince you of that. Think of your mother. Now think of her mother. Now think of your mother's mother's mother. Now I want you to go through a process like you've done in math where you do an inductive proof; you just go back. Just let that process go. Okay? Back you go in time. Speed it up now. Okay? We're back at ten million. Now we're at a hundred million. Now we're at a billion years. Now we're at 3.9 billion years. Every step of the way there has been a parent. 3.9 billion years ago something extremely interesting happens. You pass through the origin of life, and there's no parent anymore. At that point you are connected to abiotic matter.

Đây là cách tôi sẽ thuyết phục bạn về điều đó. Hãy nghĩ về mẹ bạn. Bây giờ hãy nghĩ về mẹ của bà ấy. Bây giờ hãy nghĩ về mẹ của mẹ của mẹ của bạn. Bây giờ tôi muốn bạn phải xem xét tỉ mỉ một quá trình giống như bạn đã từng thực hiện trong toán học ở đó bạn thực hiện một chứng minh quy nạp; bạn chỉ cần quay trở lại. Chỉ cần để cho quá trình đó tiến triển. Đúng không? Quay lại những gì bạn đã đi qua lần cuối. Tăng tốc nó lên bây giờ. Đúng không? Chúng ta quay lại mười triệu. Bây giờ chúng ta đang ở tại một trăm triệu. Bây giờ chúng ta đang ở tại một tỷ năm. Bây giờ chúng ta đang ở 3.9 tỷ năm. Mỗi bước của đường có một phụ huynh. 3.9 tỷ năm trước, thứ gì đó rất thú vị đã xảy ra. Bạn đi qua nguồn gốc của sự sống, và không có cha mẹ nữa. Vào thời điểm đó bạn kết nối với vấn đề vô sinh.

Now this means that not only does the tree of life connect you to all the living things on the planet, but the origin of life connects you to the entire universe. That's a deep thought. Every element in your body, which is heavier than iron, and you need a number of them, was synthesized in a nova, uh, supernova. The planet that you're sitting on is a secondary

recycling of supernova material, and your bodies are constructed of that stuff and they use it in some of their most important processes.

Bây giờ điều này có nghĩa là không chỉ cây sinh loài kết nối bạn với tất cả những sinh vật trên hành tinh này, mà nguồn gốc của sự sống kết nối bạn với toàn vũ trụ. Đó là một suy nghĩ sâu sắc. Mỗi yếu tố trong cơ thể của bạn, nặng hơn sắt, và bạn cần một số trong số chúng, được tổng hợp thành sao mới hiện, uh, sao siêu mới. Hành tinh mà bạn đang sinh sống là một sự tái chế thứ cấp của vật liệu sao siêu mới, và các cơ quan của bạn được xây dựng từ những thứ đó và chúng dùng nó trong một số quá trình quan trọng nhất của chúng.

So the vision that evolutionary biology gives you is not only the practical one of how to think about and analyze how and why questions in biology, it's also a more general statement about the human condition, and I hope it's one that you'll have time to reflect on. Next time we'll do basic genetics.

Vì vậy, tầm nhìn mà sinh học tiến hóa mang đến cho bạn không chỉ một trong những cách thực tế để suy nghĩ và phân tích cách thức và các câu hỏi tại sao trong sinh học, mà nó còn là những phát biểu tổng quát về thân phận con người, và tôi hy vọng nó là cái mà bạn sẽ có thời gian để ngẫm nghĩ. Lần tới, chúng ta sẽ học về di truyền học cơ bản.