



Đây là bản ghi lại nội dung của giáo sư Sylvia Ceyer and Christopher Cummins trên lớp.
Để xem toàn bộ bài giảng này bạn có thể truy cập <http://www.mientayvn.com> > Học li u m > Học vi n công ngh
Massachusetts > Hóa h c > Các nguyên lí hóa h c 5.112 > ch ãng I.

MIT OpenCourseWare
<http://ocw.mit.edu>

5.112 Principles of Chemical Science, Fall 2005

Please use the following citation format:

Sylvia Ceyer and Christopher Cummins, *5.112 Principles of Chemical Science, Fall 2005* (Massachusetts Institute of Technology: MIT OpenCourseWare). <http://ocw.mit.edu> (accessed MM DD, YYYY). License: Creative Commons Attribution-Noncommercial-Share Alike.

Note: Please use the actual date you accessed this material in your citation.

For more information about citing these materials or our Terms of Use, visit: <http://ocw.mit.edu/terms>

MIT OpenCourseWare
<http://ocw.mit.edu>

5.112 Principles of Chemical Science, Fall 2005
Transcript – Lecture 1

What I am going to do today is I am going to start talking about the development of atomic theory.

Những gì hôm nay tôi sẽ làm là tôi sẽ bắt đầu nói về sự phát triển của lý thuyết nguyên tử.

I am going to whiz through what the evidence is for the existence of atoms. And then we are going to talk about how the atom is not the most basic constituent of matter, how the atom can be divided into at least an electron and a nucleus.

Tôi sẽ đi qua những gì là bằng chứng về sự tồn tại của nguyên tử. Và sau đó chúng ta sẽ nói về vấn đề nguyên tử không phải là thành phần cơ bản nhất của vật chất, nguyên tử ít nhất có thể được chia thành một electron và một hạt nhân như thế nào.

And then what we are going to see is how the existing classical way of thinking, Newtonian mechanics cannot explain how that electron and that nucleus hangs together. And, later on in the course, we are going to see how that existing classical physics is not going to be able to explain how two atoms hang together.

Và sau đó những gì chúng ta sẽ thấy là cách thức tồn tại của phương pháp suy nghĩ cổ điển, cơ học Newton không thể giải thích electron đó và hạt nhân đó gắn với nhau như thế nào. Và, sau đó trong khóa học, chúng ta sẽ thấy vật lý cổ điển đang tồn tại sẽ không thể giải thích được làm thế nào hai nguyên tử liên kết với nhau.

We are going to look at the fundamental principles here of chemical bonding. I am going to get going on this subject. Then about three-quarters of the way through, I am going to stop. And then I will do some introductions of our teaching team this semester.

Ở đây chúng ta sẽ xét các nguyên lý cơ bản của liên kết hóa học. Tôi sẽ bắt đầu chủ đề này. Sau đó khoảng $\frac{3}{4}$ tiết tôi sẽ dừng. Và sau đó tôi sẽ giới thiệu về các cán bộ giảng dạy của chúng ta trong học kì này.

And then also we will talk about the mechanics of the course and some expectations of the course. Let's get going. Certainly, the Ancient Greeks were known to have pondered whether matter can be divided ad infinitum into smaller and smaller pieces, chopped up into smaller and smaller pieces, or whether there was a point at which you couldn't chop up matter any further.

Và tương tự sau đó chúng ta sẽ nói về cách thức tổ chức khóa học và một số yêu cầu của khóa học. Hãy bắt đầu. Tất nhiên, người Ai Cập cổ đại đã biết trầm ngâm suy nghĩ về vấn đề vật chất có thể được chia mãi mãi thành những đối tượng ngày càng nhỏ hơn hay không, được băm nhỏ thành những đối tượng ngày càng nhỏ hơn, hoặc có điểm nào đó mà bạn không thể chia nhỏ vật chất nữa hay không.

Aristotle over here was one of those philosophers who believed that matter was infinitely divisible. You could chop it up ad infinitum. This is called the continuum theory of matter. It is a continuum.

Ở đây Aristotle là một trong những nhà triết học tin rằng vật chất có thể được chia nhỏ vô hạn. Bạn có thể băm nhỏ nó mãi mãi. Đây được gọi là lý thuyết liên tục của vật chất. Nó liên tục.

There is no discreteness to matter. That was his view of the structure of matter, but there was a minority opinion. An opinion actually held by Democritus who was 100 years older than Aristotle. And Democritus believed that matter was composed of discrete particles called, in Greek, atomos, a meaning not, tomos meaning divisible, not divisible particles.

Vật chất không có tính rời rạc. Đó là quan điểm về cấu trúc vật chất của ông ấy, nhưng đó chỉ là một ý kiến thiểu số. Ý kiến đang thịnh hành lúc đó là của Democritus cho rằng vật chất được tạo nên bởi các hạt rời rạc, theo tiếng Ai Cập được gọi là atomos, a có nghĩa là không, tomoscos nghĩa là phân chia, các hạt không phân chia.

Well, for whatever reason, Aristotle's continuum theory of prevailed all the way up to the 17th century. And here he is depicted by Raphael, the frescos on the walls in the Vatican holding court on the continuum theory of matter.

Vâng, bất kể lí do gì, lí thuyết liên tục của Aristotle đã chiếm ưu thế trên mọi phương diện tận đến thế kỉ 17. Và ở đây ông ấy được vẽ bởi Raphael, các bức vẽ trên tường ở Vatican thu hút sự chú ý về lí thuyết vận chất liên tục.

But, at the same time that Raphael actually painted this picture, there were beginning to accumulate some observations about how matter behaved and how it reacted that did not quite jive with this continuum theory of matter.

Nhưng cùng lúc mà Raphael thực sự đã vẽ bức ảnh này, đã bắt đầu có sự tích lũy một số quan sát về các tính chất của vật chất và cách thức nó tác động trở lại không hoàn toàn phù hợp với lí thuyết vật chất liên tục này.

And what were those observations? Well, one of those observations was by this gentleman, Robert Boyle. Guess what his profession was. Chemist? Good guess. He was actually a theologian, as most chemists were at that time.

Và những quan sát này là gì? Vâng, một trong những nghiên cứu này được thực hiện bởi một quý ông, Robert Boyle. Đoán xem nghề nghiệp của ông ấy là gì. Nhà hóa học? Hay. Ông ta thực sự là một nhà thần học, như đa phần các nhà hóa học thời đó.

You know him largely for the empirical observation that if you take the pressure times the volume of a gas it is always a constant. At least when the temperature is constant. But Robert Boyle also put forth probably the first idea of an element.

Bạn biết ông ấy thực hiện các quan sát kinh nghiệm trên quy mô lớn rằng nếu bạn lấy áp suất nhân thể tích của chất khí kết quả luôn luôn là hằng số. Nhưng Robert Boyle có lẽ cũng đã nêu ra ý tưởng đầu tiên về nguyên tố.

And he called elements certain primitive unmingled bodies. And he also put forth the idea that these unmingled bodies were the ingredients of perfectly mixed bodies. Just a pseudonym for molecules, for compounds.

Và ông ấy đã gọi các nguyên tố là những thực thể nguyên chất tối giản là những thành phần của các thực thể được pha trộn hoàn hảo. Chỉ là một biệt hiệu cho phân tử, cho hợp chất.

And then there is the work of this gentleman, Joseph Priestley. Guess what his occupation was. Right, he was a priest. And what he did was he carried out some reactions of dephlogisticated air with various

materials.

Và sau đó có một công trình của quý ông này, Joseph Priestley. Đoán xem nghề nghiệp chuyên môn của ông ấy là gì. Đúng, ông ấy là một linh mục. Và những gì ông ấy đã làm là ông ấy thực hiện một số phản ứng của không khí bị mất nhiên tố với các vật liệu khác nhau.

And what he found was that materials reacted more vigorously in dephlogisticated air than they did in undephlogisticated air. And, of course, dephlogisticated air is nothing other than oxygen. It is the air with the nitrogen removed from it.

Và ông ta thấy rằng các vật liệu phản ứng mãnh liệt hơn trong không khí bị mất nhiên tố hơn là trong khí không bị mất nhiên tố. Và tất nhiên, khí bị mất nhiên tố không là gì khác mà chỉ là oxy. Nó là không khí bị lấy đi nitơ.

But it really took this gentleman, Lavoisier, to understand what Priestley's experiments were all about. And what Lavoisier realized is that when materials were reacting with this dephlogisticated air, this dephlogisticated air was kind of adding to the material.

Nhưng nó thực sự chọn quý ông này, Lavoisier, để hiểu ý nghĩa của thí nghiệm của Priestley. Và những gì mà Lavoisier đã nhận ra là khi các vật liệu phản ứng với không khí bị mất nhiên tố, không khí bị mất nhiên tố này phần nào thêm vào vật liệu.

And he came to that conclusion because he did some very careful measurements of the mass of the dephlogisticated air plus the material before the reaction and some careful measurements after. And found that they were indeed equation.

Và ông ấy đã đi đến kết luận đó vì ông ấy đã làm rất nhiều phép đo cẩn thận về khối lượng của khí bị mất nhiên tố cộng vật liệu trước và sau phản ứng. Và nhận thấy rằng chúng thực sự bằng nhau.

There was a conservation of mass. And from that Lavoisier was really the first person to realize that a chemical reaction was analogous to an algebraic equation. He also went on to isolate 17 different metals and identified them as elements and nine different nonmetals and identified them as element.

Đó là định luật bảo toàn khối lượng. Và từ đó Lavoisier thật sự là người đầu tiên nhận ra rằng phản ứng hóa học có thể biểu diễn bằng phương trình đại số. Ông ấy cũng tiếp tục tách 17 kim loại khác nhau và nhận dạng chúng như các nguyên tố và 9 á kim khác nhau và nhận dạng chúng như nguyên tố.

But for all of his efforts, well, we all know what happened to him. He was advisor to the French Monarchy. The judge at his trial proclaimed the Republic has no use for Savants. LaGrange, who was a mathematician at that time, said, "It took about a moment to cut off that head, though 100 years will be required to produce another like it." Well, here we have some observations and we have -- Oh, I forgot one other person here.

Nhưng đối với tất cả các nỗ lực của ông ấy, vâng, tất cả chúng ta biết điều gì xảy ra với ông ấy. Ông ta là cố vấn cho chế độ quân chủ Pháp. Quan tòa xét xử ông ấy đã tuyên bố rằng nền cộng hòa không cần nhà bác học. LaGrange, nhà toán học cùng thời đó, đã nói, "Chỉ mất một chốc để chặt đầu ông ấy, nhưng cần 100 năm để tạo ra một cái khác giống như vậy." Vâng, ở đây chúng ta có một số quan sát và chúng ta có - - Oh, tôi đã quên một người nữa ở đây.

That is this guy, J.L. Proust. J.L. Proust was also a French scientist at that time, but he was a little more politically savvy. And so he high-tailed it out of France and lived a long and productive life as a professor in Madrid.

Đó là người này, J.L. Proust. J.L. Proust cũng là một nhà khoa học người Pháp vào thời đó, nhưng ông ấy có một ít hiểu biết về chính trị. Và ông ấy đã rút chạy khỏi nước Pháp và ông ấy đã sống một cuộc sống dài và hữu ích ở Madrid.

And what he did were experiments. He recognized from the results that when two elements combine to form a given compound, they always did so in definite proportions by weight, regardless of what kind of method of preparation he used to make that particular compound. Và những gì ông ta đã làm là những thí nghiệm. Từ các kết quả ông ấy nhận ra rằng khi hai nguyên tố kết hợp lại để hình thành nên một hợp chất nào đó, chúng luôn luôn làm như vậy theo một tỉ lệ cố định về khối lượng, bất kể ông ta dùng phương pháp nào để tạo ra các hợp chất đó.

Here is an example where matter didn't quite behave as a continuum. There was a discreteness of some sense to matter. And it really took John Dalton, an English schoolteacher with broad interests, to realize, or to recognize these observations of Priestley, of Lavoisier, of Proust that he could understand all of these observations if he resurrected the idea of Democritus, the idea of atomos, or atoms.

Đây là ví dụ về tính chất không liên tục của vật chất. Có tính rời rạc khi cảm nhận về vật chất. Và nó thật sự chọn John Dalton, một giáo viên vật lí ở trường phổ thông có hiểu biết rộng, để nhận ra, hoặc nhận thức được những quan sát của Priestley, của Lavoisier, của Proust anh ấy có thể hiểu tất cả các quan sát này nếu ông ấy lật lại ý tưởng của Democritus, ý tưởng về atomos, hoặc các nguyên tử.

And so he forth some postulates. Well, those postulates are now known as Dalton's Atomic Theory, but they were postulates at the time. And those postulates say each element is composed of atoms, atoms of a given element are identical and that compounds form when atoms of more than one element combine.

Và vì vậy ông ta đã thừa nhận một số điều. Vâng, hiện nay những thừa nhận này được gọi là lí thuyết nguyên tử Dalton, nhưng chúng chỉ là những thừa nhận trong quá khứ. Và những thừa nhận này nói rằng mỗi nguyên tử bao gồm các nguyên tử, các nguyên tử của một nguyên tử là giống nhau và hợp chất hình thành khi các nguyên tử của nhiều hơn một nguyên tử kết hợp.

And, of course, that atoms are not created or destroyed. And then, just an aside, Dalton, with his very broad range of interest, was also really the first person to document colorblindness in humans.

Và, tất nhiên, các nguyên tử đó không được tạo ra cũng không bị phá hủy. Và sau đó, chỉ là một nhận xét ngẫu nhiên, Dalton, với tầm hiểu biết rất rộng của ông ấy, cũng là người đầu tiên nghiên cứu hiện tượng mù màu ở con người.

Colorblindness is also called Daltonism. You see, we are getting you set for medical school already. But I want you to recognize here that Dalton didn't actually do any of these experiments himself.

Bệnh mù màu được gọi là Daltonism. Bạn thấy chúng tôi đang mang bạn đặt ở trường y rồi. Nhưng ở đây tôi muốn bạn nhận ra rằng Dalton thực sự đã không làm bất cứ thí nghiệm nào.

I think he could of, but he didn't. Instead he just said that if Lavoisier was right and Proust's observations are right, well, then I can understand those observations in terms of this framework of postulates.

Tôi nghĩ ông ta có thể làm, nhưng ông ấy đã không làm. Thay vào đó ông ta chỉ nói rằng nếu Lavoisier đúng và quan sát của Proust đúng, vâng, thì tôi có thể hiểu những quan sát này theo khuôn khổ của những điều thừa nhận này.

And I point this out because this is a powerful method in science, a powerful way in which science works in that there are often some observations seemingly disparate. And then somebody comes along and recognizes a unifying factor.

Tôi vạch ra điều này bởi vì đây là phương pháp có hiệu lực trong khoa học, một cách có hiệu quả trong đó các công trình khoa học trong đó thường có một số quan sát nhìn bề ngoài có vẻ khác hẳn nhau. Và sau đó ai đó đi theo và nhận ra các yếu tố thống nhất.

In this case, the presence of atoms or discrete particles. Now, of course, Dalton's Atomic Theory here was not immediately accepted. And rightfully so. It needed further substantiation. And that further substantiation came in the form of work by this gentleman, Joseph Gay-Lussac, the Law of Combining Volumes.

Trong trường hợp này, là sự hiện diện của các nguyên tử hoặc các hạt rời rạc. Lúc này, tất nhiên, Lí thuyết nguyên tử Dalton không được chấp nhận ngay. Và đúng như vậy. Nó cần sự chứng minh thêm nữa. Và chứng minh thêm đó đến dưới dạng công trình của quý ông này, Joseph Gay-Lussac, định luật kết hợp thể tích.

It came in the form of work by Lorenzo Romano Amedeo Carlo Avogadro's hypothesis. And here I want you to realize that, even though you didn't know it, you indeed can read Italian. It says "equal volumes of gases under the same conditions of temperature yield the same number of molecules or atoms." There you go.

Nó xuất phát dưới dạng công trình do giả thuyết của Lorenzo Romano Amedeo Carlo Avogadro. Và ở đây tôi muốn bạn nhận thấy rằng, cho dù bạn không biết nó, bạn thực sự cần đọc tiếng Ý. Nó nói " Các thể tích khí bằng nhau dưới những điều kiện nhiệt độ giống nhau có số phân tử hoặc nguyên tử giống nhau." Đây.

That is from an Italian stamp. You can read Italian. And that further substantiation came from the work of this gentleman, Ludwig Boltzmann, gas kinetic theory, who recognized in all the pressure of a gas that must be due to individual particles that are moving and that are ramming into the walls of some vessel.

Cái đó ở trên một con tem Ý. Bạn có thể đọc tiếng Ý. Và sự chứng minh thêm đến từ công trình của quý ông này, Ludwig Boltzmann, thuyết động học chất khí, người đã nhận ra áp suất của chất khí phải do các hạt riêng biệt chuyển động và va chạm vào thành bình.

That must be what gives rise to pressure. And then, finally, it took a statesman, Cannizzaro. And what Cannizzaro did was he got the scientific establishment at that time, and the scientific establishment at that time for sure was a small group of pale males, to listen to Dalton's Atomic Theory and to the supporting data from Avogadro and company.

Đó phải là những gì nảy sinh ra áp suất. Và sau đó, cuối cùng, nó chọn một chính khách, Cannizzaro. Và những gì Cannizzaro đã làm là ông ta nhận được xác minh khoa học tại thời điểm đó, và xác minh khoa học tại thời điểm đó chắc chắn là một nhóm nhỏ đàn ông mặt xanh mét, nghe lí thuyết nguyên tử của Dalton và dữ liệu hỗ trợ từ Avogadro và các cộng sự.

And ultimately got them to say, yes, there is something to it here. And so by the late 1800s, the idea of atoms was pretty strongly engrained in the scientific community. Now, of course nowadays we can actually see individual atoms for molecules.

Và cuối cùng chấp nhận nói, vâng, có gì đó cho nó ở đây. Và vì vậy vào cuối những năm 1800, ý tưởng nguyên tử đã được thấm sâu vào cộng đồng khoa học. Hiện nay, tất nhiên, chúng ta có thể thấy từng nguyên tử chứ hướng chi là phân tử.

And so here is a picture of 28 individual CO molecules arranged in the form of a little man or a little woman, I don't know which. And each one of these CO molecules is an orange ball. And what you are looking at are these CO molecules bound to a platinum surface.

Và vì vậy đây là hình ảnh của 28 phân tử CO riêng biệt được sắp xếp theo dạng người đàn ông nhỏ và người phụ nữ nhỏ, tôi không biết cái nào. Và mỗi một phân tử CO này là quả cầu màu cam. Và những gì bạn thấy là những phân tử CO này liên kết với bề mặt bạch kim.

They are bound to a platinum surface such that the carbon end is down and the oxygen end is up. And there is a really good reason why the carbon end is down and the oxygen end is up. And Professor Cummins, whom I am going to introduce to you in a few minutes, is going to talk to you about what that really good reason is in the second half of the course.

Chúng liên kết với một bề mặt bạch kim sao cho đầu của carbon hướng xuống dưới và đầu của oxy hướng lên trên. Và có một lí do thực sự tốt để lí giải cho việc đầu carbon hướng xuống dưới và đầu của oxy hướng lên trên. Và giáo sư Cummins, người mà tôi sẽ giới thiệu cho bạn trong một vài phút nữa sẽ nói về những gì là lí giải thật sự tốt ở nửa cuối khóa học.

We know why this is case. What you are looking at here is really looking at the oxygen end of the CO molecule, because we are looking at a top view. All right. How is this image made? Well, this image was made by a technique called scanning tunneling microscopy that was invented before you were born, I am sorry to say.

Chúng ta biết tại sao điều này điều này như thế. Những gì bạn thấy ở đây thực sự là nhìn thấy đầu oxy của phân tử CO, vì chúng ta nhìn hình chiếu từ trên. Đúng rồi. Ảnh này được tạo ra như thế nào? Vâng, ảnh này được tạo ra bằng kĩ thuật được gọi là kính hiển vi đường hầm quét được phát minh trước khi bạn được sinh ra, tôi xin lỗi khi nói như vậy.

I am sorry for myself to say. It was worked on by Ruska and then perfected by Binnig and Rohrer. And they earned themselves a Nobel Prize for this work. And the way this techniques works is the following. Tôi tự xin lỗi chính tôi để nói như vậy. Nó được phát minh bởi Ruska và sau đó được Binnig và Rohrer hoàn thiện. Và họ đã giành được giải thưởng Nobel cho công trình này. Và cách kĩ thuật này làm việc như sau.

What you are going to do is take a thin tungsten wire. It might be 0.01 inches in diameter. And you etch it down to a fine tip. You stick it in some potassium hydroxide, do a little electrochemistry and etch it down to as fine a tip as you can make it.

Những gì bạn sẽ làm là lấy một dây tungsten mỏng. Nó có thể có đường kính 0.01 inch. Và bạn làm mòn nó thành một mũi mỏng manh. Bạn dán vào nó một số Kali hydroxit, làm một ít điện hóa và làm nó bị mòn thành một mũi mảnh như bạn có thể làm nó.

Then you attach that tungsten wire to something called a piezoelectric crystal. And a piezoelectric material is one in which, if you put a voltage across it, you can make it expand a little bit, 10-20 angstroms or so.

Sau đó bạn gắn dây tungsten đó vào tinh thể áp điện. Và vật liệu áp điện là vật liệu mà, nếu bạn đặt một điện áp qua nó, bạn có thể làm nó giãn ra thêm một chút, 10-20 amstrong hoặc tương tự.

And if you can make it expand a little bit like that, well, then you've got control on an angstrom-type level. You attach it to some piezoelectric crystal here then it allows you to move that tungsten tip by a very, very small amount.

Và nếu bạn có thể làm nó giãn ra thêm một ít giống như thế, vâng, do đó bạn đã điều khiển trên mức cỡ angstrom. Bạn gắn nó vào một vài tinh thể áp điện ở đây sau đó nó cho phép bạn di chuyển mũi tungsten một lượng rất, rất nhỏ.

You bring that tungsten tip close to the top of this CO molecule sitting on this platinum surface. And say you bring it to within, oh, I don't know, 5 angstroms or so from the oxygen atom. Now, the tungsten has electrons.

Bạn mang mũi tungsten đó đến gần đỉnh của phân tử CO này đang nằm trên bề mặt bạch kim này. Và giả sử bạn mang nó đến, oh, tôi không biết, cách 5 angstrong hay gì đó từ nguyên tử oxy. Bây giờ, tungsten có các electron.

And since this is a bulk metal, some of those electrons are not firmly attached to a particular nuclei. There is a sea of electrons. And what we are going to do is put a negative potential on that tungsten tip.

Và bởi vì đây là kim loại dạng khối, một số những electron này không được gắn cố định với các hạt nhân riêng biệt. Có một biển các electron. Và những gì chúng ta sẽ làm là đặt thế âm vào mũi tungsten đó.

And we are going to ground here this platinum surface. Now, these electrons on the tungsten, they are in this environment of a negative potential. And that is a high-energy state for them because they are negatively charged particles.

Và ở đây chúng ta sẽ nối đất bề mặt bạch kim này. Bây giờ, những electron trên tungsten này, chúng ở trong môi trường thế âm này. Và đối với chúng đó là trạng thái năng lượng cao bởi vì chúng là các hạt mang điện âm.

If I were to draw here an energy level diagram, I am going to represent then the energy level of the electrons here in this tungsten, around this tungsten tip as some high energy over here. There are electrons on the tungsten.

Nếu ở đây tôi vẽ giản đồ mức năng lượng, sau đó tôi sẽ biểu diễn mức năng lượng của electron ở đây trong tungsten này, quanh mũi tungsten này tương đương với một khoảng năng lượng cao ở đây. Có các electron trên tungsten.

Whereas, the electrons associated with the platinum and the CO here, all of which are in contact with each other, well, they are at ground. That is a lower energy state for these negatively charged particles.

Trong khi, các electron gắn với bạch kim và CO ở đây, tất cả cái này gắn với nhau, vâng, chúng nối đất. Đó là trạng thái năng lượng thấp hơn so với các hạt mang điện âm này.

We are going to represent it by this. This is the electrons on platinum. And so this axis here is kind of a distance access. These are the electrons on the tip. These are the electrons on the platinum.

Chúng ta sẽ biểu diễn nó bằng cái này. Đây là các electron trên bạch kim. Và vì vậy ở đây trục này là dạng truy nhập khoảng cách. Đây là các electron trên mũi. Đây là các electron trên bạch kim.

We are measuring kind of distance here, from here to here, in the vertical direction there. There is a thermodynamic driving force for the electrons on the tungsten tip to want to be here on the platinum, but the problem is that this tungsten is not in contact with this oxygen end here.

Chúng ta sẽ đo dạng khoảng cách ở đây, từ đây đến đây, theo hướng

thẳng đứng ở đó. Có một lực phát động nhiệt động lực học đối với các electron trên mũi tungsten muốn đến đây trên bạch kim, nhưng vấn đề là tungsten này không tiếp xúc với đầu oxy ở đây.

There is a gap. And if this is in a vacuum, we call this a vacuum gap. And so for an electron to be inside of this vacuum gap, well, that is a very high energy state for those electrons. And so, if we were to look at an energy level diagram here, that energy actually goes up pretty high before it comes back down.

Có một khe. Và nếu cái này ở trong chân không, chúng ta gọi cái này là khe chân không. Và vì vậy đối với một electron bên trong khe chân không này, vâng, đó là một trạng thái năng lượng rất cao đối với những electron này. Và vì vậy, nếu chúng ta nhìn giản đồ mức năng lượng ở đây, năng lượng thật sự tăng khá cao trước khi nó giảm trở xuống.

There is a barrier to getting the electrons from the tip to the platinum surface. Well, you have seen this kind of reaction coordinate before. You have, I am sure. If you look at an energy level diagram here for some reactions, sometimes you have reactants here at a high energy and products here at a lower energy.

Có một hàng rào để lấy các electron từ mũi đến bề mặt bạch kim. Vâng, bạn đã thấy loại tiến trình phản ứng này từ trước. Bạn đã thấy, tôi chắc chắn. Nếu bạn nhìn giản đồ mức năng lượng ở đây đối với một vài phản ứng, thỉnh thoảng bạn có các chất phản ứng ở đây có năng lượng cao và sản phẩm ở đây có năng lượng thấp hơn.

And, in order to get from reactants to products, there is a barrier, an activation energy barrier. You called it Eact or something like that. And you know that in chemical reactions typically what you have got

to do is put energy into the system in order to get over this barrier before you get any energy out, before the reaction can proceed.

Và để đi từ các chất phản ứng đến sản phẩm, có một hàng rào, một hàng rào năng lượng hoạt hóa. Bạn đã gọi nó là Eact hoặc thứ gì đó tương tự. Và bạn biết rằng thông thường trong các phản ứng hóa học những gì bạn phải làm là đặt năng lượng vào trong hệ để vượt qua hàng rào này trước khi phản ứng thải ra ngoài bất kì năng lượng nào, trước khi phản ứng có thể tiếp tục.

And that is what happens in a lot of chemical reactions. There is a barrier and you have got to supply that energy to get over it before you can make the reaction go. But over here, in the case of electrons, those electrons don't act like atoms and molecules do, for the most part.

Và đó là những gì xảy ra trong nhiều phản ứng hóa học. Có một hàng rào và bạn phải cung cấp năng lượng để vượt qua nó trước khi bạn có thể làm cho phản ứng xảy ra. Nhưng ở đây, trong trường hợp của electron, đa phần những electron này không hành động giống như nguyên tử hoặc phân tử.

These electrons, what do they do? They ignore this barrier and tunnel right through the barrier, go right through that brick wall. How can they do that? Well, they can do that because they are quantum mechanical particles.

Những electron này, chúng làm gì? Chúng phớt lờ bức tường này và chui hầm ngay qua hàng rào, đi ngay qua bức tường đá đó. Chúng làm điều đó như thế nào? Vâng, chúng có thể làm điều đó vì chúng là các hạt cơ học lượng tử.

We cannot treat those electrons like we treat atoms and molecules which, for the most part, behave as classical particles. And, actually, this is going to be the subject of the first few lectures here, the need for this new kind of mechanics to explain phenomenon like this and to explain chemical bonding.

Chúng ta không thể khảo sát các electron này giống như chúng ta khảo sát các nguyên tử và phân tử mà, đối với đại bộ phận, hành vi giống như các hạt cổ điển. Và, thực sự, đây sẽ là chủ đề của một số bài giảng đầu tiên ở đây, nhu cầu cần thiết cho loại cơ học mới này để giải thích các hiện tượng giống như thế này và để giải thích liên kết hóa học.

All right. So, these electrons tunnel right through. What does that mean? Well, what that means here, for this experiment, is that if I then take and attach a wire to the tungsten tip and a wire to the platinum surface and I put an ammeter in between, I will see a measurement of a current.

Được rồi. Vì vậy, những electron này chui hầm ngay qua. Điều đó có nghĩa là gì? Vâng, ở đây muốn nói lên rằng, đối với thí nghiệm này, nếu sau đó tôi lấy và gắn một dây với mũi tungsten và một dây với bề mặt bạch kim và tôi đặt một ampe kế ở giữa, tôi sẽ thấy kim của ampe kế quay.

There are electrons going from this tungsten tip to this platinum surface. I measure a current. Well, that is nice. But now, from that, how do I get this image of these 28 CO molecules? Well, what I do is also have this tungsten tip mounted not only on a piezoelectric crystal that allows me to go up and down.

Có những electron đi từ mũi tungsten này đến bề mặt bạch kim này. Tôi đo dòng điện. Vâng, điều đó tuyệt. Nhưng bây giờ, từ đó, tôi nhận bức ảnh của 28 phân tử CO này như thế nào? Vâng, những gì tôi làm là lấy mũi tungsten này gắn vào không chỉ trên tinh thể áp điện cho phép tôi đi lên và xuống.

But another piezoelectric crystal which allows me to move it from side to side with control on the order of an angstrom. I can take the tungsten tip and I am going to move it over by a certain amount.

Mà một tinh thể áp điện khác cho phép tôi di chuyển từ bên này sang bên kia với sự điều khiển trên bậc angstrom. Tôi có thể lấy mũi tungsten và tôi sẽ di chuyển nó lên một lượng nào đó.

And exactly I am going to know that certain amount is because I calibrated my piezoelectric crystal. But now, when I move that tungsten tip over, what is going to happen to this current here? Pardon? It is going to go down.

Và tôi sẽ biết chính xác lượng đó vì tôi đã điều chỉnh tinh thể áp điện của tôi. Nhưng bây giờ, khi tôi di chuyển mũi tungsten lên, điều gì sẽ xảy ra với dòng điện ở đây? Nhắc lại đi? Nó sẽ giảm xuống.

It is going to plummet. It is going to go to zero. Why? Because when I move this tip over, I increase the distance between the end of the tip

and the oxygen onto the molecule. And when I increase the distance, what I do is make this barrier wider.

Nó sẽ rơi thẳng xuống. Nó sẽ tiến tới không. Tại sao? Bởi vì khi tôi di chuyển mũi này lên, tôi tăng khoảng cách giữa đầu của mũi kim và oxy nằm trên phân tử. Và khi tôi tăng khoảng cách, tôi đã làm cho hàng rào này rộng hơn.

And the wider the barrier is, the more difficult it is for those electrons to tunnel through. And so the current actually goes down. To compensate for that, I am now going to take the tungsten tip and move it down by just enough such that I reestablish the current that I originally have.

Và hàng rào càng rộng, càng khó để những electron này chui qua. Và vì vậy đúng là dòng giảm. Để bù cho cái đó, bây giờ tôi sẽ lấy mũi tungsten và di chuyển nó xuống vừa đủ để cho tôi thiết lập lại dòng mà tôi đã có ban đầu.

And, of course, I know exactly by how much I moved it down because, again, I have my tip calibrator. I've got two points now. I need a third point. I am going to take that tungsten tip and I am going to move it over again.

Và, tất nhiên, tôi biết chính xác tôi di chuyển nó xuống bao nhiêu vì, một lần nữa, tôi có bộ định cỡ mũi kim của tôi. Bây giờ tôi có hai điểm. Tôi cần điểm thứ ba. Tôi sẽ lấy mũi tungsten đó và tôi sẽ di chuyển nó lên một lần nữa.

Again, the current is going to go down. But, in order to reestablish the original current I had, I am going to move this down further. And, again, I will know how much I move the tip over and I will know exactly how much I move the tip down.

Một lần nữa, dòng sẽ giảm. Nhưng, để thiết lập lại dòng ban đầu, tôi sẽ di chuyển cái này xuống thêm nữa. Và, một lần nữa, tôi sẽ biết tôi di chuyển mũi kim lên bao nhiêu và tôi sẽ biết chính xác tôi di chuyển mũi kim xuống bao nhiêu.

To get that image, I am going to provide a color code. I am going to say that when the tungsten tip is the largest distance away from the surface, well, then that is going to show up here on this picture and it is going to show up as a very light color.

Để có bức ảnh đó, tôi sẽ cung cấp một mã màu. Tôi sẽ nói rằng khi mũi tungsten ở cách xa so với bề mặt, vàng, sau đó nó sẽ hiện ra ở đây trên bức ảnh này và nó sẽ hiện ra như một màu rất nhạt.

That is the highest points. When the tungsten tip is a little bit closer to the surface, well, that is going to show up as the darker colors. And,

as it gets lower and lower and lower, it is going to be deeper and deeper orangey.

Đó là các điểm cao nhất. Khi mũi tungsten hơi gần bề mặt hơn, vàng, cái đó sẽ hiện ra như là những màu tối hơn. Và, khi nó càng tối hơn, nó sẽ có màu cam càng đậm hơn.

Finally, when I am actually tunneling to the platinum surface, instead of a CO molecule, I am going to make that a blue color. That is how we get the image of this molecular man. Now, you do see that these CO molecules are in the form of a little person.

Cuối cùng, khi tôi thật sự chui hầm qua bề mặt bạch kim, thay vì phân tử CO, tôi sẽ làm nó màu xanh. Đó là cách mà chúng ta nhận bức ảnh người đàn ông phân tử. Bây giờ, bạn thấy rằng những phân tử này có dạng người nhỏ.

This does not represent, in the most [UNINTELLIGIBLE] language, intelligent design. Rather, this represents the work of a very patient experimentalist, i.e., graduate student, who spent 24 hours, and I know this to be the case, moving these CO molecules into this particular arrangement.

Cái này không thể hiện một thiết kế thông minh, trong đa số các ngôn ngữ. Thay vào đó, nó tiêu biểu cho công trình của các nhà thực nghiệm rất kiên trì, chẳng hạn, các sinh viên tốt nghiệp, những người đã dùng cả ngày, và tôi biết điều này đúng, di chuyển những phân tử CO này vào trong những cách sắp xếp nào đó.

How did he do that? Well, how he did that is the following. What he did was took this platinum surface and then opened up a bottle of CO in the vacuum chamber, or let some CO into the vacuum chamber, and

the molecules just absorbed anywhere they wanted to, well, sort of anywhere they wanted to on this platinum surface.

Anh ta đã làm điều đó như thế nào? Vâng, cách mà anh ấy đã làm là như sau. Những gì anh ta làm là lấy bề mặt bạch kim này và sau đó mở chai CO trong buồng chân không, hoặc đặt một ít CO vào trong buồng chân không, và các phân tử bị hấp thụ ở bất cứ nơi đâu họ muốn, vâng, đại loại là bất cứ đâu họ muốn trên bề mặt bạch kim.

First of all, he had to figure out where the molecules were. The soccer balls are the CO molecules and the tungsten tip here is my leg and my foot. And so the first thing he did was scan the surface in order to figure out where the CO molecules were and goes, OK, I know where they are.

Trước hết, anh ấy phải tìm hiểu các phân tử ở đâu. Quả bóng là các phân tử CO và mũi tungsten ở đây là chân tôi và bàn chân tôi. Và vì vậy thứ đầu tiên mà anh ấy đã làm là quét bề mặt để tìm hiểu các phân tử CO ở đâu và đi đâu, vâng, tôi biết chúng ở đâu.

Then he brought this tip down right next to one of the CO molecules. Then he gave that piezoelectric crystal a pulse of voltage which jerked it and the CO molecule went flying away. Well, that is nice, but now where is it? Again, you have got to go scan along the whole surface to find it.

Sau đó anh ấy mang mũi kim này xuống ngay kế bên một trong những phân tử CO. Sau đó anh ấy cho tinh thể áp điện đó một xung điện áp giật mạnh nó và phân tử CO bay ra xa. Vâng, điều đó thật tuyệt, nhưng bây giờ nó ở đâu? Một lần nữa, bạn phải quét dọc theo toàn bộ bề mặt để tìm nó.

Well, he pushed it over too far. Now we have got to come over here, put the tip down, give another voltage pulse before his tip breaks. Well, you get the idea. 24 hours later, you've got it. This is the beginnings of nanotechnology.

Vâng, anh ấy đã đẩy nó quá xa. Bây giờ chúng ta phải đến đây, đặt mũi kim xuống, cho một xung điện áp khác trước khi mũi kim của anh ấy gãy. Vâng, bạn nhận được một ý tưởng. 24 giờ sau đó, bạn nhận được nó. Đây là sự khởi đầu của công nghệ nano.

You can see that it is going to be a long time before manipulation of individual atoms and molecules like this, one at a time, before that competes effectively with synthesis in a beaker where you get the molecules right where you want them because of chemistry instead of this mechanical manipulation.

Bạn có thể thấy rằng phải mất nhiều thời gian trước khi thao thác thành thạo trên từng nguyên tử và phân tử như thế này, từng cái riêng biệt,

trước khi cạnh tranh có hiệu quả với sự tổng hợp trong cốc phòng thí nghiệm ở đó bạn nhận được các phân tử ngay nơi bạn muốn bằng các phương pháp hóa học chứ không phải các thao tác cơ học.

Well, even though 100 years ago these direct observations of atoms and molecules was not possible, it was by the late 1800s pretty well accepted, or the evidence for the atomic structure of atom, atoms as the most basic constituent of matter, was really pretty compelling.

Vâng, cho dù 100 năm trước việc quan sát trực tiếp các nguyên tử và phân tử này không thể thực hiện được, nó được chấp nhận khá tốt vào cuối những năm 1800, hoặc bằng chứng về cấu trúc của nguyên tử, nguyên tử như một thành phần cơ bản nhất của vật chất, thực sự là khá thuyết phục.

And, in fact, by the late 1800s, it was basically believed that the theoretical structure of the universe was complete. Nature was understood. There were no big discoveries to be made yet. And, in fact, there was some justification for that attitude, because certainly by the late 1800s Newtonian mechanics, the mechanics that described how bodies all around us moved, including astronomical bodies, well, that had already been known for over 200 years.

Và, quả thực, vào cuối những năm 1800, về cơ bản người ta tin rằng cấu trúc về mặt lý thuyết của vũ trụ là hoàn chỉnh. Tự nhiên đã được hiểu. Chưa có khám phá lớn nào được tạo ra. Và, quả thực, có một vài sự biện hộ cho quan điểm đó, bởi vì tất nhiên vào cuối những năm 1800 cơ học Newton, cơ học mô tả những vật thể di chuyển xung quanh chúng ta như thế nào, bao gồm cả các thiên thể, vâng, đã được biết hơn 200 năm.

Thermodynamics was formulated already by that time. Statistical mechanics was also formulated by that time. Statistical mechanics is a field that relates the microscopic description of matter to the macroscopic behavior of matter.

Nhiệt động lực học đã được trình bày rõ ràng vào lúc đó. Cơ học thống kê đã được trình bày rõ ràng vào lúc đó. Cơ học thống kê là một lĩnh vực liên quan đến sự mô tả vi mô của vật chất đến hành vi vĩ mô của vật chất.

And, very importantly, there were experiments by Young, Fresnel and Hertz that seemed to put to rest the notion that light was a particle. Those experiments really nailed, or seemed to nail the idea of light as a wave, light has wavelike particles.

Và, rất quan trọng, đã có một thí nghiệm do Young thực hiện, Fresnel và Hertz dường như đã xóa bỏ khái niệm ánh sáng là một hạt. Những thí nghiệm này thực sự ghì chặt, hoặc dường như ghì chặt ý tưởng ánh sáng là một sóng, ánh sáng là những hạt giống như sóng.

They verified Maxwell's equations that unified the fields of optics and electromagnetism. All of these accomplishments surely did justify a very proud feeling amongst the scientific community. And, at that time, the feeling was that the work that remained was largely to investigate the next decimal place and that is it.

Chúng đã xác nhận rằng các phương trình Maxwell đồng nhất trường quang học với trường điện từ. Tất cả những thành tựu này chắc chắn đã làm một sự thanh minh cho cảm giác tự hào trong cộng đồng khoa học. Và, tại lúc đó, cảm giác là công việc được giữ nguyên trên quy mô lớn để khám phá vị trí thập phân kế tiếp và đó là nó.

Well, if you look really carefully, though, at the evidence, even with all of these accomplishments, there were beginning to be, in the late 1800s, some experiments that were suggesting that, one, maybe the atom was not the most basic constituent of matter.

Vâng, nếu bạn xem xét cẩn thận, mặc dù, theo chứng cứ, cho dù với tất cả những thành tựu này, vào cuối những năm 1800 đã bắt đầu có một số thí nghiệm gợi ý rằng, cái gì đó, chứ không phải là nguyên tử là thành phần cơ bản nhất của vật chất.

That was the first set of measurements that indicated something was amiss, the fact that the atom wasn't the most elementary particle. And we are going to look at these sets of measurements. Second, the other observation that hinted that this classical thinking as amiss was the observation of the photoelectric effect.

Đó là tập hợp các phép đo đầu tiên cho biết có gì đó không thích hợp, sự kiện nguyên tử không phải là hạt cơ bản nhất. Và chúng ta sẽ xét tập hợp những phép đo này. Thứ hai, quan sát còn lại đã cho thấy rằng suy nghĩ cổ điển này không phù hợp với những quan sát về hiệu ứng quang điện.

Because the photoelectric effect, what it did was showed that light was behaving like a particle and not a wave, and that sent a lot of consternation throughout the scientific community. We are going to look at these two tracks.

Vì hiệu ứng quang điện, những gì nó đã làm là chứng tỏ rằng ánh sáng

đang hành động giống như hạt và không phải sóng, và đã mang đến sự kinh hoàng cho toàn thể cộng đồng khoa học. Chúng ta sẽ xét hai dấu vết này.

And we are going to start by talking about the fact that the atom is not the most basic constituent to matter. That at least you can divide the atom up into an electron and a nucleus. We are going to start here with this gentleman J.J.

Và chúng ta sẽ bắt đầu bằng cách nói về sự kiện nguyên tử không phải là thành phần cơ bản nhất của vật chất. Rằng ít nhất bạn có thể chia nguyên tử thành một electron và hạt nhân. Chúng ta sẽ bắt đầu tại đây với quý ngài J.J này.

Thompson. Remember that name. It is going to come back. Discovery of the electron. This is 1897. What J.J. Thompson was interested in doing was understanding what a discharge was, or what made up a discharge.

Thompson. Nhớ tên đó. Nó sẽ còn được nhắc lại. Sự khám phá ra electron. Đây là năm 1897. Những gì J.J. Thompson quan tâm là tìm hiểu sự phóng điện là gì, hoặc cái gì tạo ra sự phóng điện.

For example, if you have a glass vessel that you evacuate and then you have a cathode in that glass vessel and you have an anode in that glass vessel, and you also put some molecular hydrogen in it, fill it up with molecular hydrogen.

Chẳng hạn, nếu bạn có một bình thủy tinh mà bạn đã hút chân không và sau đó bạn có một ca tốt trong bình thủy tinh đó và bạn có một a nốt trong bình thủy tinh đó, và bạn cũng đặt một số phân tử hydro vào trong nó, bơm hydro vào trong nó.

But now what you do is put a negative voltage on the cathode and a positive voltage on the anode. And you crank up the potential energy difference, the voltage distance between the cathode and the anode.

Nhưng bây giờ những gì bạn làm là đặt một điện áp âm vào ca tốt và điện áp dương trên a nốt. Và bạn điều chỉnh sự chênh lệch thế năng, độ chênh lệch điện áp giữa ca tốt và a nốt.

And you keep cranking it up. You have to get really pretty high, but at some point all of a sudden what happens is that the gas here begins to blow. And you get the establishment of this discharge, this plasma.

Và bạn hãy tiếp tục tăng nó lên. Bạn phải làm cho nó thực sự khá cao, nhưng tại điểm nào đó những gì bất thành linh xảy ra là khí ở đây bắt đầu thổi. Và bạn nhận được sự phóng điện ở trạng thái xác lập, plasma.

And J.J. Thompson was just interested in finding out what was in this plasma. What he did to investigate it is he punched a hole in this anode right here and let out a little bit of this plasma. He let it impinge on a kind of phosphor screen here.

Và J.J. Thompson chỉ quan tâm đến việc tìm ra những gì ở trong plasma này. Những gì ông ấy làm để khám phá nó là ông ấy khoan một lỗ trong a nốt này ngay đây và cho plasma này chảy ra ngoài. Ông ấy làm cho nó tác động lên một màn huỳnh quang ở đây.

Even though the plasma leaking out was kind of glowing in the dark, well, it also was glowing when it hit the phosphor screen. That lit up. But then he took a pair of parallel metal plates above and below this luminous beam and put a potential difference on them, some ΔV . Cho dù plasma thoát ra ngoài là loại phát sáng trong bóng tối, vâng, nó cũng phát sáng khi nó chạm màn huỳnh quang. Cái đó sáng lên. Nhưng sau đó ông ấy lấy hai bản kim loại song song nằm trên và dưới chùm tỏa sáng này và đặt một hiệu điện thế trên chúng, ΔV nào đó.

And this ΔV is just a fraction of what this ΔV is, so it is very small. But what he noticed is that some of this luminous beam was actually attracted toward that positively charged plate. And so, if you have got something that is attracted to this positively charged plate, what does it mean about this particle? It is negatively charged.

Và ΔV này chỉ bằng một phần nhỏ của ΔV này, vì vậy nó rất nhỏ. Rồi những gì ông ta thấy là một vài chùm phát sáng này bị hút về phía bản mang điện dương. Và vì vậy, nếu bạn có thứ gì đó bị hút về phía bản mang điện dương, điều đó ám chỉ gì về các hạt này? Nó là điện tích âm.

It is just Coulomb's interaction. And he could measure right here the amount of deflection from the center line. I am going to call that amount of deflection δX subminus to indicate that this looks like a negatively charged particle.

Nó chỉ là tương tác Coulomb. Và ông ấy có thể đo ngay đây lượng lệch so với đường ở giữa. Tôi sẽ gọi lượng lệch đó là δX dấu trừ ở dưới để chỉ ra rằng cái này có vẻ là một hạt mang điện âm.

Now, Thompson also knew enough electromagnetism at that time to realize that the amount of that deflection has to be directly proportional to the charge on that particle. In other words, the greater the charge the larger the deflection.

Bấy giờ, Thompson cũng có đủ kiến thức về điện từ tại lúc đó để nhận ra rằng lượng lệch đó tỉ lệ với điện tích trên hạt đó. Hay nói cách khác, điện tích càng lớn độ lệch càng nhiều.

I am going to represent that charge by e subminus. He also recognized that the heavier that particle, the more difficult it is going to be to deflect the particle to the positively charged plate. That amount of deflection is going to be inversely proportional to the mass of that negatively charged particle.

Tôi sẽ biểu diễn điện tích đó bằng e trừ ở dưới. Ông ấy cũng nhận ra rằng các điện tích đó càng nặng hơn, sẽ càng khó để làm lệch các hạt sang bản tích điện dương. Lượng bị lệch đó sẽ tỉ lệ nghịch với khối lượng của các hạt mang điện tích âm đó.

But then Thompson did a further experiment. He increased δV even more. And here I am taking a little liberty with the story. It is a little bit more complicated, but I am just trying to get the essence here across.

Nhưng sau đó Thompson đã làm thêm thí nghiệm nữa. Ông ấy đã tăng δV thêm. Và ở đây tôi xin nói một chút về lịch sử. Nó hơi phức tạp hơn, nhưng tôi chỉ cố gắng giải thích rõ ràng bản chất ở đây.

He cranked this up some more. And then, if you looked really, really carefully, what happened is he also saw some of this being deflected toward the negatively charged plate. Indicating that, low and behold, there must also be some positively charged particles in this luminous beam.

Ông ấy đã quay cái này lên thêm nữa. Và sau đó, nếu bạn nhìn thực sự cẩn thận, những gì đã xảy ra là ông ấy cũng thấy một số cái này bị lệch về phía bảng mang điện âm. Chỉ ra rằng, chậm và chú ý, đó phải là một số hạt mang điện dương trong chùm phát sáng này.

And he called that deflection delta X subplus. Again, the amount of deflection for the positively charged particles has to be proportional to the charge on that positively charged particle and inversely proportional to the mass of that positively charged particle.

Và ông ấy đã gọi độ lệch đó là X cộng phía dưới. Một lần nữa, lượng lệch của các hạt mang điện dương phải tỉ lệ với điện tích trên hạt mang điện dương đó và tỉ lệ nghịch với khối lượng của hạt mang điện dương đó.

But the other critical observation that he made was that the amount of deflection for a given voltage, for that negatively charged particle was much, much larger than the amount of deflection for the positively charged particle.

Nhưng quan sát quan trọng khác mà ông ấy đã làm là độ lệch đối với một điện áp cho trước, đối với hạt mang điện âm đó là nhiều hơn so với độ lệch của các hạt mang điện dương.

That is the evidence. Now we have to think. Now we have to make some guesses. What he guesses is that the positively charged particles here were H plus. How did he know that? Well, what he did know is that in this plasma there were some neutral hydrogen atoms.

Đó là bằng chứng. Bây giờ chúng ta phải suy nghĩ. Bây giờ chúng ta phải làm một số tiên đoán. Những gì ông ta đoán là các hạt mang điện dương ở đây H cộng. Ông ta biết điều đó bằng cách nào? Vâng, những gì ông ta biết là trong plasma này có một số nguyên tử hidro trung hòa.

He knew that. How he knew that I am going to tell you, or we are going to talk about in a few days. But he knew that this plasma takes the H₂ molecule and tears it apart and makes hydrogen atoms. And he knew it was neutral.

Ông ta biết điều đó. Cách ông ta biết điều đó tôi sẽ nói cho bạn, hoặc chúng ta sẽ nói về điều đó trong vài ngày nữa. Nhưng ông ta biết rằng plasma này chứa phân tử H₂ và phá vỡ nó và tạo ra các nguyên tử hidro. Và ông ấy biết nó trung hòa.

And so he reasoned that what must be happening is that something has to be coming off of this hydrogen atom to make it a positively charged particle. He said, OK, this is going to be H plus. But then, because this was neutral to begin with, whatever came off of the hydrogen has to be that negatively charged particle so that when they come together they are neutral, because a hydrogen atom is neutral. Và vì vậy ông ta biện luận rằng những gì sẽ phải xảy ra là có cái gì đó phải bật ra từ nguyên tử hydro này để làm cho nó thành một hạt mang điện dương. Ông ấy nói, vâng, đây sẽ là H cộng. Nhưng rồi, cái này ban đầu trung hòa, bất cứ thứ gì bật ra từ hydro phải là hạt mang điện tích âm đó để cho điều kiện trung hòa được thỏa mãn, bởi vì nguyên tử hydro trung hòa.

And, of course, ultimately that negatively charged particle was called an electron. But the key point is that he said, well, it must be then, when these two particles come together, you are going to have a neutral particle.

Và tất nhiên, cuối cùng thì các hạt mang điện âm đó được gọi là electron. Nhưng điểm then chốt là ông ấy nói, vâng, nó phải như vậy, khi hai hạt này đến với nhau, bạn sẽ có một hạt trung hòa.

It must be that the absolute magnitude of the charge on that negatively charged particle, the electron, that has to equal the magnitude of the charge on that positively charged particle, this hydrogen plus ion.

Độ lớn điện tích trên hạt mang điện âm đó, electron, phải bằng độ lớn điện tích trên hạt mang điện dương đó, ion hydro cộng này.

That was the conjecture. Well, if that is the case, if I then take a ratio of delta X minus the delta X plus, what I am going to get here is just that it will be equal to the mass of the hydrogen ion divided by the mass of this negatively charged particle, the electron.

Đó là một sự phỏng đoán. Vâng, nếu điều đó đúng, nếu sau đó tôi lấy tỉ lệ delta X trừ và delta X cộng, những gì tôi nhận được ở đây chỉ là khối lượng của ion hydro chia cho khối lượng của hạt mang điện âm, electron.

But the observation here is that this deflection, for the negatively charged particle, is much larger than it was for the positively charged particle. That must mean, if this is an equality, that the mass of this hydrogen ion is much, much greater than the mass of this negatively charged particle, the electron.

Nhưng quan sát ở đây là sự lệch này, đối với hạt mang điện âm nhiều hơn đối với các hạt mang điện dương. Điều đó có nghĩa là khối lượng của ion hydro này lớn hơn nhiều khối lượng của hạt mang điện âm, electron.

And this is the stunning result. It is stunning because, at the time, it was already known that a hydrogen atom is the least massive atom. There wasn't evidence for any other atom less massive than a hydrogen atom.

Và đây là một kết quả tuyệt vời. Nó tuyệt vời bởi vì, lúc đó, người ta biết rằng nguyên tử hydro là nguyên tử có khối lượng nhỏ nhất. Chưa có bằng chứng nào cho thấy rằng có bất kì nguyên tử nào có khối lượng nhỏ hơn nguyên tử hydro.

And so here, in this experiment, what we are finding is that there is a particle that is less massive than the hydrogen atom. You can chop the hydrogen atom up. The atom is not the most basic constituent of matter.

Và vì vậy, ở đây, trong thí nghiệm này, những gì chúng ta tìm được là có một hạt có khối lượng nhỏ hơn nguyên tử hydro. Bạn có thể bóc nguyên tử hydro ra. Nguyên tử không phải là thành phần cơ bản của vật chất.

There is some other particle here, which we are going to call an electron, that is less massive than a hydrogen atom. That was the first piece of evidence for being able to split that hydrogen atom, or that atom up into smaller particles.

Có một số hạt khác ở đây, cái mà chúng ta sẽ gọi là electron, nó có khối lượng nhỏ hơn nguyên tử hydro. Đó là một thí dụ đầu tiên chứng minh rằng có thể tách nguyên tử hydro, hoặc nguyên tử thành các hạt nhỏ hơn.

The first evidence that the atom was not the most basic constituent of atom. Now, it took another ten years, the Millikan oil-drop experiment, for this ratio to actually be measured accurately and for the mass of the electron to actually be measured accurately.

Bằng chứng đầu tiên về việc nguyên tử không phải là thành phần cơ bản nhất của vật chất. Bấy giờ, phải mất 10 năm nữa, thí nghiệm giọt dầu của Millikan, để tỉ lệ này thực sự được đo chính xác và để khối lượng của electron thực sự được đo chính xác.

And what we now know is that it takes 1,836 masses of the electron to equal the mass of a hydrogen atom.

Và hiện nay những gì chúng ta biết là khối lượng của nguyên tử hydro lớn gấp 1836 lần khối lượng electron.