



ây là b n ghi l i l i gi ng c a giáo s Walter Lewin trên l p. xem toàn b bài gi ng này b n có th n
<http://www.mientayvn.com> > H c li u m > H c vi n công ngh Massachusetts > v t lí > c h c i n >
ch ng VII.

MIT OpenCourseWare

<http://ocw.mit.edu>

8.01 Physics I: Classical Mechanics, Fall 1999

Please use the following citation format:

Walter Lewin, *8.01 Physics I: Classical Mechanics, Fall 1999*. (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>

8.01 Physics I: Classical Mechanics, Fall 1999
Transcript – Lecture 7

So far in these lectures we've talked about mass, about acceleration and about forces, but we never used the word "weight," and weight is a very nonintuitive and a very tricky thing which is the entire subject of today's lecture.

Trong những chương trước, chúng ta đã xem xét các khái niệm khối lượng, gia tốc, lực, nhưng chúng ta chưa bao giờ dùng từ "trọng lượng," và trọng lượng là một khái niệm trừu tượng và tinh tế là toàn bộ chủ đề của ngày hôm nay.

What is weight? Here you stand on a bathroom scale.
Trọng lượng là gì? Ở đây bạn đứng trên một cái cân.

Gravity is acting upon you, the force is mg , your mass is m .
Trọng lực tác dụng lên bạn có độ lớn là mg , khối lượng của bạn là m .

The bathroom scale is pushing on you with a force F scale and that F scale—

Cái cân đang đẩy bạn với một lực F scale và F scale đó - -

which in this case if the system is not being accelerated is the same as mg —

bằng mg vì trong trường hợp này hệ đứng yên - -

that force from the bathroom scale on you we define as weight.

chúng ta định nghĩa lực từ cân tác dụng lên bạn là trọng lượng.

When I stand on the bathroom scale I could see my weight is about 165 pounds.

Khi tôi đứng trên cân tôi có thể thấy trọng lượng của tôi khoảng 75 kg.

Now, it may be calibrated in newtons but that's, of course, very unusual.

Nó có thể được xác định theo đơn vị N nhưng tất nhiên cái đó rất ít được dùng.

If I weigh myself on the moon where the gravitational acceleration is six times less than I would weigh six times less—

Nếu tôi cân tôi trên mặt trăng, ở đó gia tốc trọng trường nhỏ hơn trên trái đất 6 lần thì tôi sẽ nhẹ đi 6 lần --

so far, so good.

Đến đây, mọi thứ rất bình thường.

Now I'm going to put you in an elevator and I'm going to accelerate you upwards and you're standing on your bathroom scale.

Bây giờ bạn đang đứng trên cân bên trong một thang máy và tôi sẽ tăng tốc cho bạn lên phía trên.

Acceleration is in this direction and I will call this "plus" and I will call this "minus."
Gravity is acting upon you, mg and the bathroom scale is pushing on you with a force F .

Gia tốc theo hướng này và tôi sẽ gọi cái này là "cộng" và tôi gọi cái này là "trừ." Trọng lực tác dụng lên bạn là mg và cân đang đẩy bạn với lực F .

That force, by definition, is weight.
Lực đó, theo định nghĩa, là trọng lượng.

Before I write down some equations, I want you to realize that whenever, whenever you see in any of my equations "g" g is always plus 9.8.
Trước khi tôi viết ra một số phương trình, tôi luôn luôn muốn bạn nhận ra rằng bất cứ khi nào bạn thấy "g" trong các phương trình của tôi, g luôn luôn bằng +9.8.

And my signs, my minus signs take care of the directions but g is always plus 9.8 or plus 10, if you prefer that.
Và dấu của tôi, dấu trừ của tôi để chỉ hướng nhưng g luôn luôn là +9.8 hoặc +10, nếu bạn thích.

Okay, it's clear that if this is accelerated upwards that F of s must be larger than mg ; otherwise I cannot be accelerated.
Vâng, rõ ràng là nếu cái này được tăng tốc theo hướng lên trên thì F s phải lớn hơn mg ; ngược lại tôi không thể được tăng tốc.

And so we get Newton's Second Law: F of s is in plus direction...

Và vì vậy theo định luật II Newton: F_s theo hướng +

minus mg --

- mg - -

it's in this direction—
theo hướng này - -

equals m times a and so the bathroom scale indicates m times a plus g .

bằng m nhân a và vì vậy cân sẽ chỉ m nhân a cộng g .

And I have gained weight.

Và tôi đã thu thêm trọng lượng.

If this acceleration is five meters per second squared in this direction I am one and a half times my normal weight.

Nếu gia tốc này là 5m trên giây bình phương theo hướng này thì tôi sẽ nặng gấp rưỡi trọng lượng bình thường của tôi.

If I look on the bathroom scale, that's what I see.

Đó là những gì tôi thấy khi tôi nhìn lên cân.

Seeing is believing—

Trông thấy thì mới tin - -

that is my weight.

Đó là trọng lượng của tôi.

If I accelerate upwards, with 30 meters per second squared 30 plus 10 is 40—

Nếu tôi tăng tốc lên phía trên 30 mét trên giây bình phương 30 +10 là 40 - -

I am four times my normal weight.

Tôi nặng hơn 4 lần trọng lượng bình thường của tôi.

Instead of my 165 pounds, I would weigh close to 700 pounds.

Thay vì trọng lượng của tôi là 75 kg, tôi sẽ nặng gần 300 kg.

I see that—

Tôi thấy điều đó - -

seeing is believing.

Trông thấy mới tin.

That is my weight.

Đó là trọng lượng của tôi.

Now I am going to put you in the elevator—

Bây giờ tôi sẽ đặt bạn vào trong thang máy - -

here you are—

Đây - -

and I'm going to accelerate you down.

Và tôi sẽ tăng tốc cho bạn đi xuống phía

dưới.

This is now a .

Bây giờ đây là a .

And just for my convenience I call this now the plus direction just for my convenience—

Và để cho thuận tiện bây giờ tôi gọi cái này là hướng cộng - -

it doesn't really matter.

Thực sự không có gì đáng quan tâm.

So now we have here mg —

Vì vậy bây giờ ở đây tôi có mg - -

that is gravity acting upon you.

Đó là trọng lực tác dụng lên bạn.

And now you have the force from the bathroom scale.

Và bây giờ bạn có lực từ cân.

Clearly, mg must be larger than F of s ;

Rõ ràng mg phải lớn hơn F_s ;

otherwise you couldn't go being accelerated downwards.

Ngược lại bạn không thể được tăng tốc xuống phía dưới.

So if now we write down Newton's Second Law then we get mg minus F of s must be m times a .

Vì vậy bây giờ nếu chúng ta viết ra định luật II Newton thì chúng ta có mg trừ F_s phải bằng ma .

This holds for acceleration down and so I get F of s equals m times g minus a .
Điều này đúng đối với gia tốc hướng xuống và vì vậy tôi có F_s bằng m nhân g trừ a .

This is one way of doing it and you put in positive values for a .
Đây là một cách để làm nó và bạn đặt giá trị dương cho a .

If a is five meters per second squared you get ten minus five is five—

Nếu a bằng 5 m trên giây bình phương bạn có 10 trừ 5 bằng 5 - -

your weight is half.

Trọng lượng của bạn giảm phân nửa.

You've lost weight.
Bạn sụt cân.

Being accelerated down, you've lost weight.
Khi được gia tốc xuống phía dưới, bạn sụt cân.

You could also have used this equation and not go through this trouble of setting up Newton's Law again.

Bạn cũng có thể đã dùng phương trình này và không cần đi qua bước thiết lập lại định luật Newton.

You could simply have said "Okay, this a is minus in this coordinate system" and so you put in a minus five and a plus ten—

Bạn đơn giản chỉ cần nói "uh, a này là trừ trong hệ tọa độ này" và vì vậy bạn đặt vào a là trừ 5 và cộng 10 - -

you get the same answer.
Bạn nhận được cùng kết quả.

So you have lost weight when you accelerate downwards.

Vì vậy bạn đã sụt cân khi bạn gia tốc xuống phía dưới.

Suppose now I cut the cable...

Bây giờ giả sử tôi cắt dây cáp.....

cut it.
Cắt nó.

Then this a is ten meters per second squared if we round it off.
Thì a này là 10 mét trên giây bình phương nếu chúng ta làm tròn nó.

You go down with ten meters per second squared so g minus a is zero.

Bạn đi xuống với gia tốc 10 mét trên giây bình phương vì vậy g trừ a bằng

0.

You are now weightless, you are free-falling.

Bây giờ bạn không có trọng lượng, bạn đang rơi tự do.

You have no longer any weight.
Bạn không còn trọng lượng nữa.

You look at the bathroom scale and the bathroom scale will indicate zero.

Bạn nhìn lên cân và cân sẽ chỉ 0.

You're floating, everything in the elevator is floating.

Bạn đang bồng bềnh, mọi thứ trong thang máy đang bồng bềnh.

If you had a glass with water you could turn it over and the water would not fall out.
Nếu tôi có một li nước bạn có thể lật ngược nó lên và nước không chảy ra ngoài.

It's like having the shuttle in orbit with the astronauts being weightless.
Giống như các tàu con thoi trên quỹ đạo với các phi hành gia không trọng lượng.

There is a great similarity between the astronauts in the shuttle and a free-falling elevator.

Có một sự giống hệt nhau giữa các phi hành gia trong tàu con thoi và thang máy rơi tự do.

The only difference is that the elevator will crash, will kill you.
Chỉ khác nhau là thang máy sẽ đâm sầm xuống, bạn sẽ chết.

In the case of the shuttle it never hits the earth because of its high speed.

Trong trường hợp tàu con thoi nó không bao giờ chạm đất vì vận tốc của nó cao.

We'll talk about this much later when we deal with orbits and with Kepler's Law.
Chúng ta sẽ nói nhiều về điều này sau, khi mà chúng ta xét quỹ đạo và các định luật Kepler.

What exactly is free fall? Free fall is when the forces acting upon you are exclusively gravitational.

Chính xác thì rơi tự do là gì? Rơi tự do là khi lực tác dụng lên bạn chỉ là lực trọng trường.

Nothing is pushing on you; no seat is pushing on you, no string is pushing on you.

Không có gì đang đẩy bạn; chỗ ngồi không đẩy bạn, không có dây nào kéo bạn.

Nothing is pulling on you, only gravity.

Không có gì đang kéo bạn, chỉ có trọng lực.

I will return to this weightlessness very shortly in great detail but before I do that, I would like to address the issue—

Tôi sẽ quay trở lại khái niệm không trọng lượng này trong chốc nữa nhưng trước khi làm điều đó, tôi muốn xem xét một vấn đề - -

how could I determine your weight if I hang you from a string? So now, instead of standing on a bathroom scale you are here.

Tôi có thể xác định trọng lượng của bạn bằng cách nào nếu tôi treo bạn trên sợi dây. vậy bây giờ, thay vì đứng trên cân, bạn ở đây.

Here is a string.

Đây là sợi dây.

You might even have in the string a tension meter as we have seen earlier in lectures.

Bạn có thể có một đồng hồ đo lực căng nằm trên dây như chúng ta đã thấy từ chương trước.

And you are holding desperately onto that string.

Và bạn đang bị treo trên sợi dây đó.

Just like that.

Giống như vậy đó.

The system is not being accelerated, gravity is mg and so there must be tension in the string, T which is pulling you up which, if there is no acceleration, must be mg .

Gia tốc của hệ bằng 0, trọng lực là mg và vì vậy phải có lực căng trên dây, T đang kéo bạn lên trên, vì không có gia tốc, phải bằng mg .

I read the scale and I read my weight.

Tôi nhìn lên đồng hồ và đọc trọng lượng của tôi.

This scale indicates, in my case, 165 pounds.

Trong trường hợp của tôi, đồng hồ này chỉ 75

kg.

While I'm hanging, I can see my weight.

Trong khi tôi đang bị treo, tôi có thể nhìn thấy trọng lượng của tôi.

So you see, it makes very little difference whether I am standing on a bathroom scale and read the force with which the bathroom scale pushes up on me or whether I hang from a scale extend a spring and read that value.

Vì vậy bạn thấy, có sự khác biệt rất nhỏ khi tôi đứng trên cân và đọc lực mà cân đang đẩy lên tôi hoặc khi tôi bị treo trên một đồng hồ kéo căng lò xo và đọc giá trị đó.

It makes no difference.

Xem như không có sự khác biệt.

The tension here would indicate my weight.
Lực căng ở đây sẽ chỉ trọng lượng của tôi.

There is a complete similarity with the bathroom scale except in one case, something is pulling on me;

Có sự tương tự hoàn toàn với cái cân ngoại trừ một điểm khác biệt nhỏ là có thứ gì đó đang kéo tôi;

in the other case, something is pushing on me from below.
Còn trong trường hợp kia có cái gì đó đang đẩy tôi từ phía dưới.

Now let's accelerate this system upwards with an acceleration a —

Bây giờ hãy tăng tốc hệ này lên phía trên với gia tốc a - -

and I call this plus.

Và tôi gọi cái này là cộng.

Then, of course, this T must grow; otherwise you cannot be accelerated.

Thì tất nhiên, T này phải tăng; ngược lại bạn không thể được tăng tốc.

Newton's Second Law, T minus mg must be ma .

Định luật II Newton, T trừ mg phải bằng ma .

The tension in the string equals m times a plus g .
Lực căng trên dây bằng m nhân a cộng g .

Ah! We've seen that before.
Ah! Chúng ta đã thấy điều đó từ trước.

No difference with the elevator.
Không có sự khác biệt với thang máy.

You accelerate the system, the tension will increase and you will see that, you will read that on the scale.
Bạn tăng tốc hệ này, lực căng sẽ tăng và bạn sẽ thấy điều đó, bạn sẽ đọc được điều đó trên đồng hồ.

Your weight has increased, you weigh more.
Trọng lượng của bạn đã tăng, bạn nặng hơn.

Needless to say, of course, if you accelerate the system down that you will weigh less—
Tất nhiên, không cần nói, nếu bạn tăng tốc hệ này xuống phía dưới thì bạn sẽ nhẹ đi
- -

we just went through that argument.
Chúng ta tiếp tục bàn luận về vấn đề khác.

And if I cut the cable completely you go into free fall.
Và nếu tôi cắt dây cáp bạn hoàn toàn rơi tự do.

T will go to zero, a become minus ten plus ten is zero.

T bằng 0, a bằng trừ 10 cộng 10 bằng 0.

You're in free fall.

Bạn đang rơi tự do.

The scale reads zero, you are completely weightless.
Đồng hồ chỉ 0, bạn hoàn toàn không trọng lượng.

If we accept the idea of weight being indicated by the tension in a string then there is a very interesting consequence of that.
Nếu chúng ta chấp nhận ý tưởng trọng lực được chỉ bởi lực căng trên dây thì có một hệ quả lí thú về điều đó.

I have here a pin which is completely frictionless and I have on both sides a string and this string has negligibly small mass.
Tôi có một cái cọc hoàn toàn không ma sát và ở cả hai phía tôi có một sợi dây và dây này có khối lượng không đáng kể.

Now, just assume that it is massless.
Bây giờ, giả sử rằng nó không có khối lượng.

And there is here an object m_1 and there is here an object m_2 and I am telling you that m_2 is larger than m_1 .
Và ở đây có một vật m_1 và ở đây có một vật m_2 và tôi cho bạn biết m_2 lớn hơn m_1 .

So we all know what's going to happen.
Vì vậy tất cả chúng ta đều biết những gì sẽ xảy ra.

The system is going to accelerate in this direction.

Hệ sẽ tăng tốc theo hướng này.

m_2 will be accelerated down and m_1 will be accelerated up.

m_2 được tăng tốc xuống dưới và m_1 được tăng tốc lên trên.

What comes now is important, that you grasp that.

Những gì sẽ đến bây giờ là quan trọng, hãy nắm lấy điều đó.

I claim that the tension on the left side must be the same as the tension in this string on the right side.

Tôi khẳng định lực căng ở phía trái phải bằng lực căng trên dây này bên phải.

T_{Left} must be T_{Right} .

T trái phải bằng T phải.

Why is that? It is because the pin is frictionless and it is because the string is massless.

Tại sao như vậy? Là vì cái cọc không ma sát và vì dây không có khối lượng.

Take a little section of the string here a teeny-weeny little section.

Chọn một phần nhỏ của dây ở đây một phần rất nhỏ.

If there is a tension on it--

Nếu có lực căng trên nó - -

that is, a force in this direction and there is a force in this direction—
Nghĩa là, lực theo hướng này và có một lực theo hướng này - -

these two could never be different because then this massless string would get an infinite acceleration.

Hai cái này sẽ không bao giờ khác nhau vì dây không khối lượng này sẽ nhận một gia tốc xác định.

So there can never be a change in tension from this side of the string to the other.
Vì vậy không bao giờ có sự thay đổi lực căng từ phía này của dây đến phía bên kia.

If you take a little section of the string here—

Nếu bạn chọn một phần nhỏ của dây ở đây - -

there it is, teeny-weeny little section so there is tension on the string and there is tension on the string--

Đây, một phần bé xíu vì vậy có lực căng trên dây và có lực căng trên dây- -

this one could never be larger than that because this little piece of string would get an infinite acceleration.

Cái này sẽ không bao giờ lớn hơn cái đó vì mảnh dây nhỏ này sẽ nhận một gia tốc không xác định.

So because there is no friction on the pin and because the strings are massless—

Bởi vì không có lực ma sát trên cọc và vì dây không có khối lượng - -

only because of that must the tension be everywhere the same.

Chỉ vì cái đó lực căng ở mọi nơi phải giống nhau.

If there is friction in the pin—

Nếu có ma sát trên cọc - -

which we will do later—

cái này chúng ta sẽ xét sau - -

then that's not the case.

Thì điều đó không đúng.

Given the fact that the tension left and the tension right are the same I must now conclude that these two objects have the same weight because didn't we agree that tension is an indication of weight? So these objects have now the same weight.

Biết lực căng phía trái và phía phải giống nhau thì tôi có thể kết luận rằng hai vật thể này có cùng trọng lượng vì chúng ta không phản đối rằng lực căng là một sự chỉ định của trọng lượng. Vậy bây giờ hai vật này có cùng trọng lượng.

And some people may say "Oh, that's a lot of nonsense, you must be kidding.

Và có lẽ một số người nói rằng "Oh, điều đó quá vô lí, bạn nói đùa à.

"If m_2 is larger than m_1 this must have a larger weight than that." Well, they are confusing weight with mass.

Nếu m_2 lớn hơn m_1 cái này phải có trọng lượng lớn hơn cái đó.Ồ, chúng ta phân vân giữa trọng lượng và khối lượng.

It is true that m_2 is a larger mass than m_1 but it is equally true that the weight of these two objects is now the same according to my definition of weight.

Sự thật là m_2 có khối lượng lớn hơn m_1 nhưng nó tương đương với sự thật là trọng lượng của hai vật này bây giờ giống nhau theo định nghĩa của tôi về trọng lượng.

Let us calculate the acceleration of this system and let's calculate the tension and let's see what comes out.

Hãy tính toán gia tốc của hệ này và hãy tính toán lực căng và hãy nhìn những gì lộ ra.

I first isolate here object number one.

Đầu tiên tôi tách vật thể 1 ra đây.

This is my object number one.

Đây là vật 1.

I have gravity, $m_1 g$, and I have a tension T .

Tôi có trọng lực, $m_1 g$, và tôi có lực căng T .

Nonnegotiable.

Không thể tránh khỏi.

T better be larger than $m_1 g$.

T lớn hơn $m_1 g$

Otherwise it would never be accelerated up and we know it will be accelerated up.

Ngược lại nó sẽ không thể được tăng tốc lên trên và chúng ta biết nó được tăng tốc lên trên.

So what do we get? We get T—

Vậy chúng ta nhận được cái gì? Chúng ta nhận được T - -

I will call this plus direction, by the way—

Tiền đây, tôi sẽ gọi đây là hướng cộng - -

minus $m_1 g$ equals m times a .

trừ $m_1 g$ bằng ma .

So the tension equals m_1 times a plus g .

Vậy lực căng bằng m_1 nhân $a + g$.

Hey! We've seen that one before.

Hey! Chúng ta đã thấy điều đó từ trước rồi.

This one is being accelerated upwards.

Cái này được tăng tốc lên phía trên.

Notice it gains weight.

Chú ý nó thu được trọng lượng.

That's the tension and this is the acceleration.

Đó là lực căng và đây là gia tốc.

I have one equation with two unknowns so I can't solve it yet.

Tôi có một phương trình và hai ẩn vì vậy tôi chưa thể giải nó.

But there is another one, there is number two here.

Nhưng có một cái khác, có vật số 2 ở đây.

For number two, we have a force, $m_2 g$ and we have the tension up.

Đối với vật 2, chúng ta có lực, $m_2 g$ và chúng ta có lực căng hướng lên.

This one better be larger than that one; otherwise it wouldn't be accelerated down.

Cái này sẽ lớn hơn cái đó; ngược lại nó sẽ không được tăng tốc xuống phía dưới.

Let me call this direction plus.

Tôi sẽ gọi hướng này là cộng.

The reason why I now switch directions and call this plus—

Lí do tại sao bây giờ tôi chuyển sang hướng này và gọi cái này là cộng - -

as well as this—

Cũng như cái này - -

is a good reason for it.

Là lí giải cho nó.

It's not so arbitrary anymore.
Nó không phải tùy tiện như trước nữa.

I know that this acceleration is going to be a positive number.

Tôi biết rằng gia tốc này sẽ là số dương.

Because it's going in this direction, it's a given.

Vì nó sẽ theo hướng này, cái đó đã biết.

If I called this negative, I would get here a negative acceleration for the same thing for which I get here a positive.

Nếu tôi gọi cái này âm, tôi sẽ nhận được ở đây một gia tốc âm và cũng cái đó nhưng ở đây tôi lại nhận được giá trị dương.

That's a pain in the neck.
Điều đó rất phiền toái.

I don't want to have a plus and a minus sign there, have to think about that it means the same thing.

Tôi không muốn có dấu cộng và dấu trừ ở đó, phải nghĩ về điều đó nó chỉ cùng một đại lượng mà.

So the moment that I decide to define this the plus direction I know that this acceleration will also come out to be the same sign as this one.

Vì vậy lúc tôi quyết định chọn cái này là hướng cộng tôi biết rằng gia tốc này cũng sẽ hiện ra cùng dấu với cái này.

So I flip the signs there.
Vì vậy tôi đảo dấu ở đó.

So now I apply Newton's Law.

Vì vậy bây giờ tôi áp dụng định luật Newton.

I get $m_2 g$ minus T equals $m_2 a$.

Tôi được $m_2 g$ trừ T bằng $m_2 a$.

And so I get T —

Và vì vậy tôi tìm được T - -

I'll write it here—

Tôi sẽ viết nó ra đây - -

equals m_2 times g minus a .

Bằng m_2 nhân g trừ a .

Two equations with two unknowns.

Hai phương trình với hai biến.

Well, that shouldn't be so hard to solve these two equations.

Ồ, không khó để giải hai phương trình này.

You can immediately eliminate T , by the way.

Tiện đây, bạn có thể ngay lập tức khử T .

If you add this one with this one, you really—

Nếu bạn cộng cái này với cái này, thực sự bạn- -

I call this equation one, you call this equation two—

Tôi gọi phương trình này là 1, bạn có thể gọi phương trình này là 2.

you immediately lose your T and you get that the acceleration, a equals m_2 minus m_1 divided by m_1 plus m_2 times g .

Ngay lập tức, bạn mất T và bạn tìm được gia tốc, a bằng m_2 trừ m_1 chia m_1 trừ m_2 nhân g .

And you substitute that " a " in that equation and you'll find that the tension equals $2m_2 g$ divided by m_1 plus m_2 .

Và bạn thế a đó vào phương trình đó và bạn sẽ tìm được lực căng bằng $2m_2 g$ chia m_1 cộng m_2 .

This is very easy for you to verify.

Điều này bạn rất dễ kiểm tra lại.

Let us look.

Chúng ta hãy nhìn này.

This is m_1 , m_2 ...

Đây là m_1 , m_2

$2m_1$, m_2 --

I lost one m —

Tôi mất một cái m - -

$2m_1, m_2$.

Let's look at these equations, let's scrutinize them a little.
Hãy nhìn những phương trình này, hãy xét kĩ chúng một chút.

Let's get some feeling for it rather than accepting them as being dumb equations.

Hãy cảm nhận chúng chứ đừng chấp nhận chúng như những phương trình câm lặng.

Let's first take the case that m_2 equals m_1 , and I'll call that "m." Notice that a becomes zero and notice, if you substitute for m_1 and m_2 "m" here that you get $2m$, you get mg .

Đầu tiên hãy xét trường hợp m_2 bằng m_1 , và tôi sẽ gọi đó là m . Chú ý rằng a bằng 0 và chú ý, nếu bạn thay m_1 và m_2 bằng m ở đây bạn sẽ có $2m$, bạn có mg .

So T becomes mg .

Vậy T bằng mg

That is utterly obvious.

Điều đó hoàn toàn hiển nhiên.

If m_1 and m_2 are the same, nothing is going to happen.

Nếu m_1 và m_2 giống nhau, không có gì xảy ra.

They're going to sit there, acceleration will be zero and the tension on both sides—

Chúng sẽ ở yên đó, gia tốc sẽ bằng 0 và lực căng ở cả hai phía - -

which is always the same, we argued that--

luôn luôn bằng nhau, chúng ta đã biện luận rằng - -

is going to be mg .

sẽ bằng mg .

Clear.

Rõ ràng.

Now we're going to make it more interesting.

Bây giờ chúng ta sẽ làm nó hấp dẫn hơn.

Suppose we make m_2 much, much larger than m_1 and in a limiting case we even go with m_1 to zero.

Giả sử chúng ta có m_2 lớn hơn rất nhiều so với m_1 và trong trường hợp giới hạn m_1 có thể tiến tới không.

Let's do that.

Hãy xét trường hợp đó.

What you see now, if m_1 goes to zero this goes away, this goes away, a goes to g and T goes to zero.

Những gì bây giờ bạn sẽ thấy, nếu m_1 tiến tới không cái này mất, cái này mất, a bằng g và T bằng 0.

If m_1 is zero, T goes to zero.

Nếu m_1 bằng 0, T tiến tới 0.

That is obvious! Because if I make m_1 zero, m_2 goes into free fall.

Điều đó hiển nhiên! Vì nếu tôi chọn m_1 bằng 0, thì m_2 rơi tự do.

And if m_2 goes into free fall its weight is zero and so the tension is zero—

Và nếu m_2 rơi tự do thì trọng lượng của nó bằng 0 và vì vậy lực căng bằng 0 - -

that's exactly what you see—

Điều đó giống với những gì bạn thấy - -

and you see that the acceleration of that object is g , which it better be, because it's in free fall.

Và bạn sẽ thấy rằng gia tốc của vật đó bằng g , phải như vậy, vì nó đang rơi tự do.

So you see, this makes sense.

Vì vậy bạn thấy, điều này có nghĩa.

This is exactly consistent with your intuition.

Nó hoàn toàn phù hợp với trực giác của bạn.

And if you wanted to make m_1 much, much larger than m_2 and you take the limiting case for m_2 goes to zero you'll find again that a goes to g and that T goes to zero except that now the acceleration is not this way...

Và nếu bạn muốn làm cho m_1 lớn hơn rất nhiều so với m_2 và bạn cũng xét trường hợp giới hạn khi m_2 tiến tới 0 một lần nữa bạn sẽ tìm ra rằng a bằng g và T đó tiến tới 0 nhưng lúc đó gia tốc không theo đường này....

[makes whooshing sound]

but now the acceleration is this way and now this object will go into free fall.

Mà gia tốc theo hướng này và vật này sẽ rơi tự do.

And therefore there is no tension in the string anymore.

Và do đó không có lực căng trên dây nữa.

M1, if I return to the case which we have there—

m1, nếu tôi quay về trường hợp ở đó - -

that m2 is larger than m1—

m2 lớn hơn m1 - -

m1 is being accelerated upwards.

m1 được tăng tốc lên trên.

That's nonnegotiable, so it must have gained weight.

Điều đó không thể tránh khỏi, vì vậy nó phải thu thêm trọng lượng.

M2 is being accelerated down, so it must have lost weight.

m2 được tăng tốc xuống phía dưới, vì vậy nó phải mất trọng

lượng.

Just like being in an elevator, there's no difference.

Giống như trong thang máy, không có sự khác biệt.

They each weigh the same--

Và do đó chúng sẽ nặng giống nhau - -

one loses weight, the other gains weight.
Một cái mất trọng lượng, và cái còn lại thu trọng lượng.

They each weigh the same, and so I can make the prediction that if this is m_2 g, which was its original weight and this now is the new weight, T that m_2 g must be larger than T .

Chúng phải có trọng lượng như nhau, và vì vậy tôi có thể tiên đoán rằng nếu cái này là m_2 g, là trọng lượng ban đầu của nó và bây giờ đây là trọng lượng mới, T thì m_2 g phải lớn hơn T .

M_1 gains weight, so T must be larger than m_1 g.

m_1 thu thêm trọng lượng, vì vậy T phải lớn hơn m_1 g.

M_2 loses weight, so T must be smaller than m_2 g.

M_2 mất trọng lượng, vì vậy T phải nhỏ hơn m_2 g.

That's my prediction—

Đó là tiên đoán của tôi.

it has to be.
Nó phải là như vậy.

And we can... I can show you that with some easy numbers.

Và chúng ta có thể....tôi có thể chứng minh điều đó với các số cụ thể.

Let m_1 be 1.1 kilograms and let m_2 be 1.25 kilograms.

Giả sử m_1 là 1.1 kg và m_2 bằng 1.25 kg.

Frictionless system, and the string has a negligible mass.

Hệ không có ma sát, và dây có khối lượng không đáng kể.

What is the acceleration "a" of the system? I get m_2 minus m_1 —
Gia tốc a của hệ bằng bao nhiêu? Tôi có m_2 trừ m_1 - -

that is 0.15 divided by the sum, which is 2.35 and that is approximately 0.064 g,
approximately 0.064 g.

bằng 0.15 chia cho tổng, là 2.35 và khoảng 0.064 g, khoảng 0.064 g.

It's about 1/16th of the gravitational acceleration.

Nó bằng khoảng 1/16 của gia tốc trọng trường.

It's a very modest acceleration.

Nó là một gia tốc rất nhỏ.

What is the tension? Well, I substitute my numbers for m_1 and m_2 in there.
Lực căng bằng bao nhiêu? Ồ, tôi thế giá trị bằng số của m_1 và m_2 vào đó.

You can take, for g , 10, if you like that and you will find that the tension equals 1.17 g.

Bạn có thể lấy g bằng 10, nếu bạn thích và bạn sẽ thấy rằng lực căng phải bằng 1.17 g.
And now look at what I predicted.
Và hãy nhìn lại tiên đoán của tôi.

They both weigh 1.17 g, that's nonnegotiable.

Cả hai đều có trọng lượng 1.17g, điều đó không thể tránh khỏi

That is my definition of weight—

Đó là định nghĩa trọng lượng của tôi - -

the tension in both sides is the same.

Lực căng ở hai phía giống nhau.

That's my definition of weight.

Đó là định nghĩa trọng lượng.

This is their weight.

Đây là trọng lượng của chúng.

This one had a weight 1.25 g without being accelerated.

Cái này có trọng lượng 1.25 g khi không được gia tốc.

You see, it has lost weight, because it accelerated down.

Bạn thấy, nó đã mất trọng lượng, vì nó được gia tốc đi xuống

This one had a weight of 1.1 g.

Cái này có trọng lượng 1.1 g

You see, it has gained weight, because it has accelerated up.

Bạn thấy nó thu trọng lượng, vì nó được tăng tốc lên trên.

So you see, the whole picture ties together very neatly and it's important that you look at it that way.

Vì vậy bạn thấy, toàn bộ các yếu tố trong hệ ràng buộc nhau một cách chẽ và rất quan trọng khi bạn nhìn nhận nó theo cách đó.

I now want to return to the idea of complete weightlessness and I want to remind you, a few lectures ago how I was swinging you at the end of a string in the vertical. Bây giờ tôi muốn quay lại ý tưởng hoàn toàn không trọng lượng và các bạn có nhớ, ở các chương trước đây có lần tôi đã cho ví dụ trong đó tôi quay tròn bạn ở cuối sợi dây theo phương thẳng đứng.

I was swinging you like this.

Tôi quay bạn giống như thế này.

And I was swinging a bucket of water like this.

Và tôi đã quay một thùng nước như thế này.

And I want to return to that.

Và tôi muốn xét lại các trường hợp đó.

I want to look at you when you are at the bottom of your circle and when you are at the very top of that circle.

Tôi muốn xem bạn khi bạn ở thấp nhất của vòng tròn và khi bạn ở trên đỉnh vòng tròn.

You go around a circle which has radius R .

Quỹ đạo chuyển động của bạn là một vòng tròn bán kính R

Here is that circle.

Đây là vòng tròn đó.

There's a string here, you're here.

Có một sợi dây ở đây, bạn ở đây.

And there's a string here and at some point in time, you're there.

Và có một sợi dây ở đây và tại một thời điểm nào đó, bạn ở đó.

And you're going around...

Và bạn sẽ chuyển động tròn

let's assume that you're going around with an angular velocity ω and for simplicity, we keep ω constant.

Giả sử bạn đang chuyển động tròn với vận tốc góc ω và để cho đơn giản, chúng ta giữ cho ω không đổi.

But that's really not that important.

Nhưng thực sự điều đó không quan trọng.

Okay, this is point P and this is point S.

Vâng, đây là điểm P và đây là điểm S.

Let's first look at the situation at point P.
Đầu tiên hãy xét trường hợp tại điểm P.

You have a mass and so gravity acts upon you, mg .

Bạn có khối lượng và vì vậy trọng lực tác dụng lên bạn, là mg

There is tension in the string, T .

Có lực căng trên dây, T .

There must be—
Phải có

this is nonnegotiable—
Đây là điều không thể tránh khỏi - -

a centripetal acceleration upwards.

Gia tốc hướng tâm hướng lên.

Otherwise, you could never do this.

Ngược lại, bạn sẽ không bao giờ quay tròn được.

Remember, from the uniform circular motion.
Hãy nhớ lại chuyển động tròn đều.

So there must be here centripetal acceleration which is $\omega^2 R$ or, if you prefer, v^2 squared divided by R if v is the speed, tangential speed at that point.
Vì vậy ở đây phải có gia tốc hướng tâm bằng ω bình R hoặc, cũng có thể viết là, v bình chia R nếu v là tốc độ, tốc độ tiếp tuyến tại điểm đó.

It must be there.

Phải như vậy đấy.

Let's look here.

Hãy nhìn đây.

Right there, gravity is acting upon you, mg .

Ngay đó, trọng lực tác dụng lên bạn, mg .

Let's assume this string is pulling on you.

Hãy giả sử rằng dây này đang kéo bạn.

Let's assume that for now, so there is a tension.

Bây giờ hãy giả sử như vậy, vì vậy có lực căng.

The string is pulling on you.

Dây đang kéo bạn.

Therefore, nonnegotiable, when you make this curvature here there must be a centripetal acceleration and that centripetal acceleration must be $\omega^2 R$. Do đó, hiển nhiên, khi bạn tạo ra đường cong ở đây phải có gia tốc hướng tâm và gia tốc hướng tâm đó phải bằng $\omega^2 R$.

That is nonnegotiable, it has to be there.

Điều đó hiển nhiên, ở đó phải là như vậy.

Let's now evaluate first the situation at P and I will call this plus and I will call this minus.

Bây giờ đầu tiên hãy đánh giá trường hợp tại P và tôi sẽ gọi hướng này là cộng và hướng này là trừ.

So what I get now is that $T - mg$ must be m times the centripetal acceleration so T must be m times the centripetal acceleration plus g .

Vì vậy bây giờ tôi có T trừ mg phải bằng m nhân gia tốc hướng tâm vì vậy T phải là m nhân gia tốc hướng tâm cộng g .

Hey! That looks very familiar.

Hey! Điều đó trông có vẻ quen thuộc.

It looks like someone is being accelerated in an elevator—

Nó giống như ai đó đang được gia tốc trong thang máy - -

almost the same equation.

phương trình gần như giống nhau.

If the centripetal acceleration at this point for instance, were 10 meters per second squared then you would weigh twice your normal weight.

Chẳng hạn, nếu gia tốc hướng tâm tại điểm này bằng 10 mét trên giây bình phương thì bạn sẽ nặng gấp hai lần trọng lượng bình thường của bạn.

The tension here would be twice mg .

Lực căng ở đây sẽ là 2 mg.

If this were five meters per second squared then you would be 1Ω times your weight.

Nếu ở đây là 5 mét trên giây bình phương thì bạn sẽ nặng gấp rưỡi lần trong lượng bình thường của bạn.

Let's now look at the situation at S.

Bây giờ hãy xét trường hợp tại điểm S.

At point S, I'm going to call this plus and that minus.

Tại điểm S, tôi sẽ gọi hướng này là cộng và hướng đó là trừ.

I'm going to find that T plus mg must be m times the centripetal acceleration—

Tôi sẽ tìm ra được T cộng mg phải bằng m nhân gia tốc hướng tâm - -

Newton's Second Law.

Theo định luật Newton II.

So I find that the tension there equals m times a of c minus g.

Vì vậy tôi tìm được lực căng ở đó bằng m nhân ac trừ g.

Hey! Very similar to what I've seen before.

Hey! Rất giống với những gì chúng ta đã thấy từ trước.

This object is losing weight.

Vật này đang mất trọng lượng.

Let us take the situation that a of c is exactly 10 meters per second squared and we discussed that last time when we had the bucket of water in our hands.

Chúng ta hãy xét trường hợp ac đúng bằng 10 mét trên giây bình và chúng ta đã thảo luận lần trước khi chúng ta quay thùng nước.

If a of c...
Nếu ac.....

if the centripetal acceleration when it goes through the top is 10, then this is zero.

Nếu gia tốc hướng tâm khi nó đi qua đỉnh là 10, thì cái này bằng 0.

So the string has no tension, the string goes limp and the bucket of water and you are weightless.

Vì vậy dây không có lực căng, dây bay rề rề, thùng nước và bạn không có trọng lượng.

If the centripetal acceleration is larger than 10 then, of course, the string will be tight.

Nếu gia tốc hướng tâm lớn hơn 10 thì tất nhiên dây sẽ bị kéo căng.

There will be a force on you and whatever comes out of here will indicate your weight.

Sẽ có lực tác dụng lên bạn và những gì hiện ra ở đây chính là trọng lượng của bạn.

If a of c is smaller than 10, that's meaningless.

Nếu a c nhỏ hơn 10, điều đó vô nghĩa.

The tension can never be negative.

Lực căng không bao giờ âm.

A string with negative tension has no physical meaning.

Một sợi dây có lực căng âm không có ý nghĩa vật lí.

What it means is that the bucket of water would never have made it to this point.

Điều này nói lên rằng thùng nước không bao giờ tới điểm này.

If you try to swing it up—

Nếu bạn cố quay cho nó lên đó - -

as someone tried in the second lecture--

như bạn nào đó đã cố trong chương 2 - -

but didn't make it to that point the bucket of water will just fall.

Nhưng đã không làm cho thùng nước tới điểm này thùng nước sẽ

rơi.

You end up with a mess, but that's a detail.

Thí nghiệm của bạn kết thúc với một mớ hỗn độn, nhưng đó là

một điều vụn vặt.

So the bucket of water, when it is here...

Vì vậy thùng nước, khi nó ở đây.....

If the acceleration there, the centripetal acceleration were exactly 10 meters per second squared then that bucket of water would be weightless.

Nếu gia tốc ở đó, gia tốc hướng tâm đúng bằng 10 mét trên giây bình phương thì thùng nước sẽ không có trọng lượng.

So I said earlier that when you're in free fall all objects in free fall are weightless.

Vì vậy như tôi đã nói từ trước khi bạn rơi tự do tất cả các vật thể rơi tự do không có trọng lượng.

It's like a spacecraft in orbit or an elevator with a cut cable.

Nó giống như tàu vũ trụ trên quỹ đạo hoặc thang máy bị cắt dây.

It also means that if I jump off the table that I'm weightless while I am in mid-air, so to speak.

Điều đó cũng có nghĩa là nếu tôi nhảy xuống bàn tôi sẽ không có trọng lượng khi tôi đang ở giữa không trung, có thể nói như vậy.

It means this tennis ball...

Có nghĩa là quả bóng tennis này.....

while it is in free fall, it has no weight.

Trong khi rơi tự do, nó không có trọng lượng

Now it has weight.

Bây giờ nó có trọng lượng.

Now the weight is even higher because I am accelerating it and now it has no weight.

Bây giờ trọng lượng thậm chí lớn hơn vì tôi đang gia tốc nó và bây giờ nó không có trọng lượng.

The tennis ball is weightless and I assume, for now, that the air drag plays no role.

Quả bóng tennis không có trọng lượng và bây giờ tôi giả sử, không có lực cản không khí.

If I jump off the table I will be weightless for about half a second.

Nếu tôi nhảy xuống bàn tôi sẽ không có trọng lượng trong khoảng ½ giây.

This is about one meter.

Độ cao này khoảng 1m.

If I jump from a tower which is 100 meters high I will be weightless for 4.5 seconds ignoring air drag.

Nếu tôi nhảy từ tòa tháp cao 100 m tôi sẽ mất trọng lượng khoảng 4.5 giây bỏ qua sức cản của không khí

I prefer today the half a second.

Hôm nay tôi muốn nửa giây.

I am going to jump off this table with this water in my hand.

Tôi sẽ xuất phát từ trên bàn này với li nước trong tay tôi.

And I'm going to tell you how I can convince you that as I jump, that I will, indeed, be weightless.

Và tôi sẽ cho thấy rằng khi tôi nhảy, quả thực tôi sẽ không có trọng lượng.

Here is the bottle.

Đây là một cái chai.

There is a gravitational force on the bottle.

Không có lực trọng trường tác dụng lên chai.

My hands are pushing up on this bottle.

Tay của tôi đang đẩy lên chai này.

My hands are being a bathroom scale.

Tay của tôi đang là cái cân.

I feel, in my muscles, the need to push up.

Trong cơ của tôi, tôi cảm thấy cần đẩy lên.

In fact, I might even be able to estimate the weight playing the role of a bathroom scale.

Quả thực, tôi thậm chí có thể ước tính được trọng lượng giống như cái cân.

It's a gallon of water, it's about nine pounds.

đây là một gallon nước, khoảng 4 kg.

Now my own body...

Bây giờ cơ thể tôi....

gravity is acting upon me but I am being pushed up, right there.

Trọng lực tác dụng lên tôi nhưng tôi đang được đẩy lên, ngay đó.

Suppose we jumped.

Giả sử chúng tôi đã nhảy.

There would be no pushing from me on the bottle anymore no pushing there on me, the table.

Không có sự đẩy từ tôi lên cái chai nữa không có sự đẩy từ đó lên tôi, cái bàn.

Only gravitation would act upon us and we would be weightless.

Chỉ có lực hấp dẫn tác dụng lên chúng tôi và chúng tôi sẽ không có trọng lượng.

How can I show you that we are weightless? Well, if I don't have to use my muscles

to push on this bottle upwards I might as well lower my hands a little bit during this free fall.

Tôi có thể chỉ cho bạn biết rằng chúng tôi không có trọng lượng như thế nào? Nếu tôi không dùng cơ của tôi đẩy lên chai này thì trong quá trình rơi này tôi có thể làm thấp tay tôi hơn một ít cũng được

And you will see that the bottle will just stay above my hands without my having to push up.

Và bạn sẽ thấy rằng cái chai sẽ giữ yên ở bên trên tay tôi mà không cần sự đẩy của tôi.

Therefore, being the bathroom scale I no longer have to push on it.

Do đó, với vai trò là cái cân tôi không còn phải đẩy lên nó nữa.

I no longer... my muscles don't feel anything and the bottle is therefore weightless.

Tôi không còn.....cơ của tôi không cảm thấy gì nữa và do đó cái chai sẽ không có trọng lượng.

The bottle is weightless when we jump; I am weightless and even this bagel is weightless.

Cái chai không có trọng lượng khi tôi nhảy; tôi không có trọng lượng và thậm chí chiếc nhẫn này cũng không có trọng lượng.

We're all weightless during half a second.
Tất cả chúng tôi sẽ không có trọng lượng trong khoảng nửa giây.
There is no such thing in physics as a free lunch.
Không có thứ gì trong vật lý giống như bữa ăn trưa miễn phí.

You have to pay a price for this half a second of weightlessness.
Bạn phải trả tiền cho nửa giây không trọng lượng.

What happens when I hit the floor? I hit the floor with a velocity in this direction which is about five meters per second.
Điều gì xảy ra khi tôi chạm sàn nhà? Tôi chạm sàn nhà với vận tốc theo hướng này khoảng 5 m/s.

You can calculate that.
Bạn có thể tính cái đó.

But a little later, I've come to a stop.
Nhưng một lúc sau, tôi đã đến điểm dừng.

That means during the impact there must be an acceleration upwards.

Điều đó có nghĩa là trong quá trình va chạm phải có một gia tốc hướng lên trên.

Otherwise my velocity in this direction could never become zero.

Ngược lại vận tốc của tôi theo hướng này sẽ không bao giờ bằng 0 được.

Therefore, I will weigh more during this impact—

Do đó, tôi sẽ nặng hơn trong quá trình va chạm này - -

there is an acceleration in this direction.
Có gia tốc theo hướng này.

The five meters per second goes to zero.
5m/s tiến tới 0.

If I make the assumption that it takes two-tenths of a second—

Nếu tôi giả sử rằng quá trình đó diễn ra trong 2/10 giây - -

that's a very rough guess, this impact time—

Đó chỉ là suy đoán rất thô sơ, về thời gian va chạm này - -

then the average acceleration will be five meters per second divided by 0.2;
thì gia tốc trung bình sẽ là 5m/s chia cho 0.2;

that is 25 meters per second squared.
Bằng 25 mét trên giây bình phương.

That means the acceleration upwards is 2Ω g.

Điều đó có nghĩa là gia tốc hướng lên là 2.5g.

That means I will weigh 3Ω times more.

Điều đó có nghĩa là tôi sẽ nặng hơn 3.5 lần.

Remember it is a plus g, so a is 2Ω g up plus the g that we already have;
Nhớ nó là a cộng g, vì vậy a là 2.5 g hướng lên cộng g mà chúng ta đang có;

that makes it 3Ω g.
kết quả là 3.5g.

So instead of weighing 165 pounds I weigh close to 600 pounds for two-tenths of a second.

Vì vậy thay vì nặng 75 kg tôi nặng gần 262 kg trong 2/10 giây.

So we get four phases.

Vì vậy chúng tôi trải qua 4 trạng thái.

Right now, I'm my normal weight if I stand on a bathroom scale.

Ngay bây giờ, tôi có trọng lượng bình thường khi tôi đứng trên cân.

I jump for half a second, weightless hit the floor for about two-tenths of a second maybe close to 600 pounds.

Tôi nhảy khoảng nửa giây, không trọng lượng chạm đất khoảng 2/10 giây và nặng gần 262 kg.

And then after that I will have my normal weight again.

Và sau đó tôi sẽ trở lại trọng lượng bình thường.

Now, you're going to have only half a second to see that this bottle, as I jump, is floating above my hands.

Bây giờ, bạn sẽ chỉ có khoảng nửa giây để thấy rằng khi tôi nhảy cái chai này bồng bồng trên tay tôi.

I will pull my hands off so you will see that I no longer have to push it.
Tôi sẽ kéo tay tôi ra khỏi vì vậy bạn sẽ thấy rằng tôi không còn đẩy nó.

That means it's weightless.

Điều đó có nghĩa là nó

không có trọng lượng.

Are you ready? I'm ready.

Bạn sẵn sàng chưa? Tôi sẵn sàng

Three, two, one, zero.

Ba, hai, một, không.

Did you see it floating above my hands? We were both weightless.

Bạn có thấy nó bồng bềnh trên tay tôi không? Cả hai chúng tôi đều

không có trọng lượng.

Now, I have been thinking about this for a long, long time.

Tôi đang nghĩ về một vấn đề trong thời gian dài.

I have been thinking whether perhaps this could not be shown in a more dramatic way perhaps even a more convincing way.

Tôi đang nghĩ là có cách nào để biểu diễn tình trạng không trọng lượng này gây ấn tượng sâu sắc hơn và có sức thuyết phục hơn không.

And so I thought of the idea of putting a bathroom scale under my feet tying it very loosely so that it wouldn't fall off when I jump and then show you that while I am half a second in free fall that the bathroom scale indeed indicates zero.

Và vì vậy tôi nảy ra một ý tưởng là đặt cái cân dưới chân tôi buộc nó rất lỏng sao cho nó không rơi xuống và do đó nó cho bạn biết khi tôi ở trong nửa giây rơi tự do quả thực cái cân chỉ số 0.

And don't think that I haven't tried it.

Và đừng nghĩ rằng tôi chưa thử nó.

I've tried it many times with many bathroom scales.

Tôi đã thử nó nhiều lần với nhiều cái cân.

I made many jumps.

Tôi nhảy nhiều lần.

There is a problem, and the problem is the bathroom scales that you buy—

Có một vấn đề, và đó là cái cân mà bạn mua - -

that you normally get commercially—

bạn thường mua những cái cân

they indeed want to go to zero.

Quả thực, kim của chúng có khuynh hướng chỉ về không.

It takes them a long time.

Phải dùng chúng trong một thời gian dài.

They have a lot of inertia, their response time is slow.
Chúng có nhiều quán tính, thời gian đáp ứng của chúng chậm.

But even if they make it to zero by the time you hit the floor then immediately the weight increases because you hit the floor and your weight comes up by 3Ω times. Nhưng cho dù nó chỉ 0 ngay trước khi bạn chạm sàn nhà thì ngay lập tức trọng lượng tăng vì bạn chạm sàn nhà và trọng lượng của bạn tăng 3.5 lần.

So it begins to swing back and forth and it becomes completely chaotic and you can no longer see what's happening.
Vì vậy đồng hồ của nó lắc qua lắc lại và trở thành hoàn toàn rối rắm và bạn không còn thấy những gì xảy ra.

And it just so happened that about six months ago, Dave...
Và cũng rất trùng hợp khi khoảng 6 tháng trước, Dave.....

I had dinner with Professor Dave Trumper and I explained it to him that it is just unfortunate that you can never really show it that you jump off the table, have a bathroom scale under you and see that weight go down to zero when you are in free fall.

Tôi ăn tối với giáo sư Dave Trumper và tôi đã giải thích nó với anh ấy rằng đáng tiếc là bạn không bao giờ có thể thực sự biểu diễn thí nghiệm bạn nhảy xuống bàn, có một cái cân phía dưới bạn và thấy trọng lượng đó giảm đến không khi bạn rơi tự do.

And he said, "Duck soup--

Và anh ấy nói, dễ ợt - -

I can do that." He says, "I can make you a scale "which has a response time of maybe 10 milliseconds "so when you jump off the table in 10 milliseconds you will see that thing go down to zero." And he delivered, he came through.

Tôi có thể làm điều đó." Anh ta nói, "tôi có thể làm cho bạn một cái cân có thời gian đáp ứng khoảng 10 mili giây "vì vậy khi bạn nhảy xuống bàn trong 10 mili giây bạn sẽ thấy nó đi xuống 0." Và anh ấy chuyển giao, anh ấy giải thích cho tôi.

He built this wonderful device which he and I are going to demonstrate to you.

Anh ấy đã tạo ra thiết bị tuyệt vời này, tôi và anh ấy sẽ trình diễn nó cho các bạn thấy.

Let me first give you some reasonable light for this.

Đầu tiên tôi sẽ giải thích cho bạn vài điều về cái này.

And I would like to show you on the scale there what this scale that he built is indicating.

Và tôi muốn chỉ cho bạn trên cái cân đó cái cân do anh ấy tạo ra sẽ chỉ gì.

Here is the scale, I have it in my hands.

Đây là cái cân, tôi cầm nó lên .

And on top of this scale is a little platform just like on your scale.

Và phía trên cân là một nền nhỏ giống như trên cân của bạn.

This platform weighs 4Ω pounds.

Nền này nặng 2 kg.

And you can see that, it says about 4Ω.

Và bạn có thể thấy điều đó, nó chỉ 2 kg 4.5

Now, you will say "Hmm! I wouldn't want that kind of a bathroom scale.

Bây giờ, bạn sẽ nói "Hử! Tôi không muốn loại cân đó

"I mean, if I want to see my bathroom scale "I want to see a zero before I want to go up.

Ý tôi là khi tôi nhìn cân "Tôi muốn thấy 0 trước khi kim quay.

"I'm heavy enough all by myself.

Tôi chỉ muốn cái cân chỉ trọng lượng của chính tôi.

I don't want to get another 4Ω pounds." The manufacturer has simply zeroed that scale for you but obviously also your bathroom scale has a cover on it.

Tôi không muốn nhận thêm 2 kg nữa. Hiển nhiên cân của bạn cũng có lớp bao phủ trên nó, nhưng những nhà sản xuất đã chỉnh về không cho bạn

Once you have seen these demonstrations you will be able to answer for yourself why we don't zero this why we really leave this to be 4Ω.

Một khi bạn đã xem trình diễn này bạn sẽ có thể tự trả lời tại sao chúng tôi không chỉnh 0 cho cái cân này tại sao chúng tôi để lại cái này là 2kg.

That's the actual mass which is on top of the spring.

Đó là khối lượng thực sự trên đầu của lò xo.

But it's not really a spring—

Nhưng thực sự nó không phải là lò xo - -

it is a pressure gauge, but think of it as a spring.
Nó là một áp kế, nhưng hãy xem nó như lò xo.

4Ω pounds.

4.5 pound.

2 kg

Here we have a weight which is a barbell weight, which is 10 pounds.
Ở đây chúng ta có trọng lượng là trọng lượng thanh tạ, khoảng 4.5 kg.

Is this from one of your children, Dave or were you doing it yourself? 10 pounds...

Đây là của các con bạn đúng không Dava hay bạn tự làm nó? 10 pound

we put it on top here.

Chúng ta đặt nó trên cân.

What do you see? Roughly 14Ω pounds.

Chúng ta thấy gì? Khoảng 6.5 kg.

All right, we are going to tape it down.

Được rồi, chúng ta sẽ dán nó.

There we go.

Rồi.

And we're going to drop it from about 1 Ω , two meters and we drop it in here, well-cushioned because we don't want to break this beautiful device.

Và chúng ta sẽ thả nó rơi từ 1.5 và chúng ta thả nó ở đây, được đệm tốt vì chúng ta không muốn là gãy thiết bị đẹp này.

When we drop it, the response is so fast that you will see, indeed, that pointer go to zero.

Khi chúng ta thả nó, đáp ứng quá nhanh đến nỗi bạn sẽ thấy, quả thực, kim sẽ chỉ về 0.

Now, keep in mind, when it hits the cushion that the weight will go up.

Bây giờ, hãy nhớ, khi nó chạm đệm thì trọng lượng sẽ tăng.

For now, I want you to concentrate only on the thing going to zero and not what comes later.

Bây giờ, tôi muốn bạn tập trung vào cái tiến tới không chứ không phải những gì xảy ra sau đó.

We will deal with that within a minute.

Chúng ta sẽ đối mặt với điều đó trong

chốc lát.

Okay... 14 Ω pounds.

Vâng.....6.5 kg.

You know why the thing is actually jiggling back and forth? I can't hold it exactly still and so I slightly accelerate it upwards and downwards and when I accelerate it slightly upwards it weighs a little more and when I accelerate it downwards, it weighs less.

Bạn biết tại sao nó đưa qua đưa lại không? Tôi không thể giữ nó yên một chỗ và vì vậy tôi gia tốc nó nhẹ lên trên và xuống dưới và khi tôi gia tốc nhẹ nó lên trên nó nặng hơn một ít và khi tôi gia tốc nhẹ nó xuống dưới, nó nhẹ hơn.

It's interesting. Điều đó thật lí thú.

You can see I'm nervous.

Bạn có thể thấy tôi căng thẳng.

That's my nervous tension meter there.

Bây giờ cái cân là đồng hồ đo sự căng thẳng của tôi.

Okay, we're ready? Look and... don't look at me, now, look at that pointer.

Vâng, chúng ta sẵn sàng phải không? Hãy nhìn và.....đừng nhìn tôi, bây giờ,

nhìn vào cây kim đó.

Three, two, one, zero.

Ba, hai, một, không.

Did you see it go to zero? All the way to zero.

Bạn có thấy nó tiến đến không không? Triệt để

tiến tới không.

Now comes something even more remarkable.

Bây giờ đến điều đáng chú ý hơn.

He said to me, "I can also make the students see the response on a time scale of about a fraction of a second." By the way, this is the hero who made all this stuff. Anh ấy nói với tôi. " Tôi cũng có thể làm cho các sinh viên thấy đáp ứng thời gian của cân khoảng 1 phần của giây. Nhân đây cũng xin giới thiệu, đây là anh hùng tạo ra món này.

He's fantastic.

Anh ấy thật phi thường.

[class applauds]

LEWIN: He can show you the weight on an electronic scale and this weight you will see as a function of time.

Lewin: anh ấy có thể chỉ cho bạn trọng lượng trên cân điện tử và trọng lượng này bạn sẽ thấy là hàm của thời gian.

I will put the ten pounds back on again...

Tôi sẽ đặt 4.5 kg trở lại đây lần nữa.....

tape it a little tighter and so the level that you see now is 14Ω pounds.

Dán nó chặt hơn một ít và vì vậy mức mà bạn thấy bây giờ là 6.5 kg

This is 14Ω pounds and this is zero, this mark is zero.

Đây là 6.5 kg và đây là 0, dấu này là 0.

I'm going to hold it in my hand.

Tôi sẽ cầm nó trong tay.

And notice, if I can hold it still you're back to your 14Ω pounds.

Và chú ý, nếu tôi có thể giữ nó yên một chỗ bạn quay lại với 6.5 kg của bạn.

Now I'm going to drop it.
Bây giờ tôi sẽ thả nó.

You will see it go down to zero.

Bạn sẽ thấy nó giảm tới không.

It will hit the floor, the cushion.

Nó sẽ chạm sàn nhà, miếng
đệm.

It will get an acceleration upwards.
Nó sẽ nhận một gia tốc hướng lên trên.

It will become way heavier than it was before and then it will even be bounced back up in the air and it goes again into free fall.
Nó sẽ nặng hơn nó trước đây và do đó nó thậm chí có thể nảy lên không trung và rơi xuống lần nữa.

We will freeze that for you, and you will be able...
Chúng tôi sẽ ổn định nó cho bạn, và bạn sẽ có thể.....

we will be able to analyze it, then, after it all happens.

Bạn sẽ có thể phân tích nó, rồi sau đó tất cả sẽ xảy ra.

So, 14Ω pounds...

Vậy 6.5 kg.....

three, two, one, zero.
Ba, hai, một, không.

And now Professor Trumper is freezing it for you.

Và bây giờ giáo sư Trumper đang ổn định nó cho bạn.

Now look at this, look at this incredible picture.

Bây giờ hãy nhìn cái này, nhìn bức ảnh không thể
tin được này.

This is truly an eye-opener for me, when I saw it.

Đây là điều làm tôi tỉnh ngộ khi tôi thấy nó.

The physics in here is unbelievable.

Hiện tượng vật lí ở đây thật khó tin.

Here is your 14Ω pounds.
Đây là 6.5 kg của bạn.

Tick marks from here to here are half a second.

Dấu đánh từ đây đến đây là nửa giây.

It was half a second in free fall and it goes to zero, that's no weight.
Nó rơi tự do nửa giây và nó tiến đến 0, đó là không trọng lượng

Now it hits the floor, the cushion and its weight goes up in something like a tenth of a second.

Bây giờ nó chạm sàn nhà, đệm và trọng lượng của nó tăng trong 1/10 giây.

Look, this is about one, two, three...

Nhìn đây, đây là khoảng 1, 2, 3.....

It's about 3 Ω times its weight now.

Bây giờ Khoảng 3.5 trọng lượng của

nó

So the 14 Ω has to be multiplied by 3 Ω or four which is exactly what we predicted—

Vì vậy 6.5 đã được nhân với 3.5 hoặc 4 chính xác với những gì chúng ta tiên đoán - -

that it would be much higher.

Nó sẽ lớn hơn nhiều

But now it's being...

Nhưng bây giờ nó đang

it bounces off, because it's a very nice cushion.

Nó nảy lên, vì nó là cái đệm tốt.

It throws it back up.

Nó rơi trở lại.

So it goes back into the air so it goes immediately to weightlessness again and then it oscillates back and forth.

Vậy nó trở lại trên không vậy nó ngay lập tức không có trọng lượng và sau đó nó dao động lên xuống.

And then here you would expect that this level, 14Ω pounds, would be the same as this.

Và do đó ở đây bạn sẽ mong đợi mức này bằng 6.5 kg, giống như cái này.

And the only reason why that's not the case is there's a little cable that fell with it which is pushing a little bit up on the upper... on the upper disc that is there so it's making it a little lighter.

Và lí do duy nhất mà điều đó không đúng là có một dây nhỏ rơi với nó đang đẩy một ít lên trên ở phía trên.....ở đĩa phía trên cái đang ở đó vì vậy nó làm cho nó nhẹ đi một ít.

Isn't it incredible? You see here in front of you the weightlessness and you see the extra weight when it hits and again followed by weightlessness.

Nó không có gì ngạc nhiên phải không? Bạn sẽ nhìn đây phía trước bạn sự không trọng lượng và bạn thấy trọng lượng thêm vào khi nó chạm và lại theo dõi sự không trọng lượng.

Dave, A-plus, you passed the course.

Dave, A+, bạn đã qua khóa học.

There is a great interest in doing experiments under weightless conditions.

Người ta rất quan tâm đến việc thực hiện các thí nghiệm trong điều kiện không trọng lượng.

NASA was very interested in it.

Nasa rất quan tâm đến nó.

And if you would jump 100 meters up in the sky you would only be nine seconds up. nếu bạn nhảy xuống từ 100 mét trên cao bạn sẽ mất 9 giây

You wouldn't even be weightless because of air drag.

Bạn sẽ không ở trong tình trạng không trọng lượng vì có sức cản không khí.

However, if you could jump up way near the top of the atmosphere—

Tuy nhiên nếu bạn nhảy gần phía trên tầng khí quyển - -

where the air drag is negligible—

Nơi mà lực cản không khí không đáng kể - -

then you would be weightless for quite some time.

Thì bạn sẽ ở trong tình trạng hoàn toàn không trọng lượng trong khoảng thời gian nào đó.

And that is what people have been doing for the past few decades.

Và đó là những gì người ta đã làm trong vài thập kỉ trước.

Professor Young and Professor Oman here at the Aeronautics Department have done what they call "zero gravity experiments" from airplanes—

Giáo sư Young và giáo sư Oman ở khoa hàng không đã làm những thí nghiệm không trọng lực trên máy bay.

and I will explain that in detail—

và tôi sẽ giải thích điều đó chi tiết --

but first I want you to appreciate that "zero gravity" is a complete misnomer.

Nhưng trước hết tôi muốn bạn hiểu đúng rằng tình trạng không trọng lực là một sự dùng thuật ngữ sai hòa toàn.

"Zero weight," yes—

Phải là không trọng lượng - -

"zero gravity," no.
Chứ không phải là không trọng lực.

If you have an airplane anywhere near Earth, flying whether the engines are on or whether the engines are off or whether it is free-falling doesn't matter.
Nếu máy bay ở nơi nào đó gần Trái đất, đang bay cho dù động cơ hoạt động hay tắt hay nó đang rơi tự do

There is never zero gravity.

Luôn luôn có trọng lực tác dụng lên nó

There is always gravity—

Luôn luôn có trọng lực

thank goodness.

Ơn chúa.

But if you are in free fall, indeed, there is no weight.
Nhưng nếu bạn đang rơi tự do, quả thực, đúng là không có trọng lượng.

Apart from that, they call them "zero gravity experiments" and why not? Maybe it sells better.

Ngoại trừ cái đó, họ gọi chúng là "các thí nghiệm không trọng lực" và tại sao không? Có lẽ nó thuyết phục tốt hơn.

They fly an airplane, which is the KC-135 and they do these experiments at an altitude of about 30,000 feet.
Họ lái máy bay KC-135 và họ làm những thí nghiệm này ở độ cao khoảng 9144 m.

If I could clean this as best as I can...
Tôi chỉ có thể giải thích điều này rõ ràng trong giới hạn cho phép.....

The plane comes in at one point in time at an angle of about 45 degrees.

Máy bay đến điểm nào đó với góc khoảng 45 độ.

There's nothing special about that 45 degrees.

Không có gì đặc biệt về góc 45 độ đó.

It's just...
Nó chỉ là.....

that's the way it's done.
Đó là cách nó được thực hiện.

You have to also think of the convenience—

Bạn cũng phải nghĩ về sự thuận lợi - -

convenience for the passengers.

Thuận lợi cho hành khách.

The speed is then about 425 miles per hour so the horizontal component is about 300 miles per hour and the vertical component is also 300.

Do đó vận tốc khoảng 425 dặm trên giờ vì vậy thành phần nằm ngang khoảng 300 dặm một giờ và thành phần thẳng đứng cũng là 300

The air drag is very little.

Sức cản không khí rất nhỏ.

Let's assume, for the sake of the argument that the engines are cut and the plane goes into free fall.

Chúng ta hãy giả sử như vậy, để cho khi động cơ tắt thì máy bay rơi tự do.

It's no different from this tennis ball—
Không có sự khác biệt với quả bóng tennis - -

[makes whooshing sound]

the same thing.
Giống tương tự.

You're going to see a parabola.
Bạn sẽ thấy một parabol.

And so this plane is going to free-fall and comes back to this level.

Và vì vậy máy bay sẽ rơi tự do và trở lại mức này.

And let's analyze this arc, this parabola.

Và chúng ta hãy phân tích cung này, parabol này.

Right here at the top, clearly there will still be 300 meters per second in the absence of any air drag.

Ngay đây tại đỉnh, rõ ràng sẽ vẫn còn là 300 m/s nếu không có lực cản không khí. You should be able to calculate with all the tools that you have available how high this goes from this level.

Bạn có thể tính toán bằng tất cả những dữ kiện đã có từ đây đến mức này cao bao nhiêu.

In other words, what is the time that the velocity in the y direction comes to zero?

You can calculate that and then you know how much it has traveled.

Nói cách khác, vận tốc theo hướng y tiến tới không lúc nào? Bạn có thể tính toán cái đó và sau đó bạn biết nó đã đi bao nhiêu.

Very crude number, this is about 900 meters.

Ước chừng, cái này khoảng 900 m.

And it will take about 15 seconds to reach this point so it will take about 30 seconds to go from here to here and in those 30 seconds the horizontal displacement is about 3.5 kilometers.

Và phải mất 15 giây để đạt đến điểm này vì vậy phải mất 30 giây để đi từ đây đến đây và trong 30 giây đó sự thay đổi vị trí theo phương ngang là 3.5 km.

And all these numbers you should be able to confirm.

Bạn có thể kiểm tra lại tất cả các số này.

Right here, the engines are restarted.

Ngay đây, động cơ khởi động lại.

During this free fall, everyone in the airplane is weightless including the airplane itself.

Trong suốt quá trình rơi tự do này, mọi người trong máy bay không có trọng lượng bao gồm cả chính máy bay.

Now the engines start, and the engine is sort of...

Bây giờ động cơ khởi động, và động cơ loại.....

The plane is going to pull up, it goes into this phase and then the plane flies horizontally for a while.

Máy bay sẽ kéo lên, nó đi vào trong trạng thái này và sao đó bay theo hướng ngang một lúc.

During this phase, as we just discussed it's like hitting the floor.

ở trạng thái này, giống như chúng ta đã thảo luận, nó giống như

đang chạm sàn nhà

You need an acceleration in this direction.

Bạn cần một gia tốc theo hướng này.

There will be weight increase so there is here an acceleration upwards.

Sẽ có sự tăng trọng lượng vì vậy ở đây có gia tốc hướng lên.

And during this time, very roughly people have about twice their weight.

Và trong suốt khoảng thời gian này, người ta có trọng lượng lớn khoảng 2

lần trọng lượng bình thường của họ.

And then here, they have again normal weight.

Và sau đó ở đây, một lần nữa họ trở lại trọng lượng bình thường.

And then the plane pulls up again and here it goes and repeats the whole thing again going into free fall.

Và sau đó máy bay lại kéo lên và ở đây nó đi và lặp lại toàn bộ quá trình rơi tự do một lần nữa

So again here, people have more than their normal weight.

Vì vậy một lần nữa ở đây, người ta có trọng lượng lớn hơn bình thường.

Zero weight, more than normal weight normal weight, more than normal weight, free fall.

Không trọng lượng, lớn hơn trọng lượng bình thường trọng lượng bình thường, lớn hơn trọng lượng bình thường, rơi tự do.

And the whole cycle takes about 90 seconds.

Tòa bộ chu trình xảy ra trong 90 giây.

You can imagine that it is very important when you are here in free fall, when you have no weight that when your weight comes back and your weight doubles—
Bạn có thể tưởng tượng sự việc rất quan trọng khi bạn ở đây trong quá trình rơi tự do, khi bạn không có trọng lượng rồi khi trọng lượng của bạn trở lại và trọng lượng của bạn gấp đôi.

and Professor Oman told me that this change from zero to twice your weight takes less than a second—

và giáo sư Oman bảo tôi rằng sự thay đổi trọng lượng của bạn từ 0 đến gấp đôi xảy ra trong thời gian ngắn hơn 1 giây.

that you better know where your feet are and where your head is because if your head is down and you all of a sudden double your weight you crush your skull, so you have to be sure that you are standing straight up in the plane when your weight begins to double and we will see that very shortly, how that works.

Bạn phải biết chân của bạn đang ở đâu và đầu của bạn đang ở đâu nếu đầu của bạn ở dưới và thình lình trọng lượng của bạn tăng gấp đôi bạn sẽ ép sọ bạn, vì vậy bạn phải chắc chắn rằng bạn đang đứng thẳng trong máy bay khi trọng lượng của bạn tăng gấp đôi và chúng ta sẽ thấy điều đó ngay, cái đó làm việc như thế nào.

I want to show you first some slides from these experiments.

Đầu tiên tôi muốn chỉ cho bạn một vài slide mô tả những thí nghiệm này

So here you see the situation that we just described.

ở đây bạn thấy trường hợp chúng ta vừa mô tả.

Let us start here, that is where I started with you.

Chúng ta hãy bắt đầu ở đây, đó là nơi tôi bắt đầu trên bảng.

The plane turns the engines off.

Động cơ máy bay tắt.

This is the parabola.

Đây là parabol.

Here the engines are restarted.

Ở đây động cơ khởi động lại.

This is the free-fall period.

Đây là lúc rơi tự do.

This is about 30 seconds.

Cái này khoảng 30 giây.

The engine is restarted, and during this time there is an acceleration upwards and they call it "2g peak." Well, they really mean 1g.

Động cơ khởi động lại, và trong suốt thời gian này có gia tốc hướng lên và chúng ta gọi nó là "peak 2g." Ồ, thực sự chúng ám chỉ 1g.

What they really mean, that my weight doubles.

Thực sự chúng có nghĩa là gì, trọng lượng của tôi tăng gấp đôi.

They call that "2g" but, of course, they call this "0g" which is equally incorrect.

Họ gọi cái đó là 2g nhưng tất nhiên, họ gọi cái này là 0 g là không chính xác.

It's not 0g—

Nó không phải là 0 g - -

you have no weight. This is weightless, here your weight is double here your weight is normal, here your weight roughly doubles and you go into another free-fall period and the cycle from here to here is about 90 seconds.

Bạn không có trọng lượng. cái này không có trọng lượng, ở đây trọng lượng của bạn gấp đôi ở đây trọng lượng của bạn bình thường, ở đây trọng lượng của bạn gần gấp đôi và bạn đi vào trong một chu kì rơi tự do khác và chu kì từ đây đến đây khoảng 90 giây.

Now, the irony has it that the reason why these flights are done is to study motion sickness under weightless conditions.

Có một sự mỉa mai là lí do những chuyến bay này được thực hiện là để nghiên cứu căn bệnh nôn mửa trong điều kiện không trọng lượng.

Astronauts were complaining about motion sickness.

Các phi hành gia đã phàn nàn về căn bệnh nôn mửa.

And so Professor Young and Oman have done lots and lots of experiments with airplanes and later, also, in the shuttle to study this motion sickness.

Và giáo sư Young và Oman đã thực hiện rất nhiều thí nghiệm với máy bay và sau đó là tàu con thoi để nghiên cứu về bệnh này.

I find it rather ironic because if you and I were part of these experiments we would get terribly sick because of the experiments.

Tôi nhận thấy hơi mỉa mai vì nếu bạn và tôi tham gia vào những thí nghiệm này chúng ta sẽ nhận gánh nặng vì những thí nghiệm.

Just imagine that you go from weightlessness into twice your weight, back to weightlessness.

Hãy tưởng tượng bạn đi từ không trọng lượng vào trạng thái trọng lượng tăng gấp đôi, rồi trở về không trọng lượng.

We would be puking all day! How can you study people who are sick? How can you study the sickness due to weightlessness? Well, they must have found a way.
Chúng ta sẽ nôn mửa cả ngày! Bạn có thể nghiên cứu người bị bệnh như thế nào? Bạn nghiên cứu căn bệnh do không trọng lượng như thế nào? Ồ, chúng ta phải tìm một cách.
They do this about 50 times per day.
Chúng ta làm điều này khoảng 50 lần 1 ngày.

And now I want to show you some real data which were kindly given to me by Professor Young where you see them actually in the plane.
Và bây giờ tôi muốn chỉ cho bạn những dữ liệu thực tế mà vì lòng tốt giáo sư Young đã cho tôi ở đây bạn thấy họ thực tế trong máy bay.

I believe I have to put this on one and start the...

Tôi tin tôi phải đặt cái này trên cái này và bắt đầu...

Can you turn off the slide projector?

Bạn có thể tắt máy chiếu được không?

So here you see them in the plane.
Vì vậy ở đây bạn thấy họ trong máy bay

They are not weightless, they are climbing up.
Họ không có trọng lượng, họ đang leo.

I think this is Professor Young.
Tôi nghĩ đây là giáo sư Young.

The guys lying on the floor must be a bit tired.
Những gã nằm trên sàn nhà chắc là hơi mệt.

The light will shortly go on, and when the light goes on that's an indication that the weightlessness is coming up.

Ánh sáng sẽ được mở trong thời gian ngắn, và khi ánh sáng mở nó chỉ tình trạng không trọng lượng đang đến.

It already went on, I must have missed it, I wasn't looking.

Nó đã mở rồi, tôi đã bỏ lỡ nó, tôi đã không nhìn.

And there they go into weightlessness.

Và ở đó họ đi vào tình trạng không trọng lượng.

See, this person is upside down here.

Nhìn này, người này đang lộn ngược ở đây.

You better get straight up before your weight doubles because you'll crash into the floor.

Bạn nên đứng lên trước khi trọng lượng của bạn tăng gấp đôi vì bạn sẽ đâm đầu xuống sàn nhà

[class laughs]

LEWIN: And now it takes 60 seconds because the whole cycle is 90 seconds and in these 60 seconds they get ready for the next free fall—

Lewin: vâng bây giờ mất khoảng 60 giây vì toàn bộ chu trình là 90 giây và trong 60 giây này chúng ta sẵn sàng cho sự rơi tự do tiếp theo - -

for the next weightlessness.

Cho tình trạng không trọng lượng tiếp theo.

And you will see very shortly the light will go on again, and that will tell them that the weightlessness is coming up and then they will be weightless for another 30 seconds.

Và bạn sẽ thấy trong thời gian ngắn ánh sáng sẽ tiếp tục trở lại, và điều đó sẽ chỉ cho bạn rằng tình trạng không trọng lượng đang đến và sau đó họ sẽ không trọng lượng khoảng 30 giây khác.

The sound that you hear is obviously the engines of the plane.

Âm thanh mà bạn nghe hiển nhiên là động cơ máy bay.

There you go—

Đó các bạn.

light goes on, they get a warning, they take their headphones off and everything becomes weightless.

Ánh sáng mở, họ nhận cảnh báo, họ bỏ headphone ra và mọi thứ trở thành không trọng lượng.

They may not like that and so they put their headphones in a secure place.

Có lẽ học không thích điều đó và vì vậy họ đặt tay nghe của họ vào nơi bí

mật.

You see that here Professor Young takes his off.

Ở đây bạn thấy giáo sư Young gỡ tay nghe ra

And there they go again...

Và họ lại đi vào.....

swimming in mid-air.

Tình trạng bơi giữa không

trung.

[class laughs]

30 seconds weightless.

30 giây không trọng lượng.

[class laughs]

LEWIN: And the plane in which this happens...

Và máy bay mà trong đó điều này xảy ra

[class laughs]

LEWIN: Yeah, these things happen.

Vâng, những điều này xảy ra.

I'd like to show you a last slide of the plane that they do these experiments from.

Tôi muốn chỉ cho bạn slide cuối cùng của máy bay mà trong đó họ làm những thí

nghiệm này

This is the plane while it is in free fall.

Đây là máy bay đang rơi tự do.

About 45-degree angle and these people have done a tremendous job in indeed making a major contribution to the airsickness due to weightlessness.

Góc khoảng 45 độ và những người này đã thực hiện một công việc kinh
khủng để đóng góp vào việc nghiên cứu bệnh nôn mửa do tình trạng
không trọng lượng.

All right, see you Friday.

Được rồi, hẹn gặp vào thứ sáu.