

www.mientayvn.com

Đây là bản ghi lại nội dung của giáo sư Walter Lewin trên lớp. Xem toàn bộ bài giảng này bạn có thể tìm <http://www.mientayvn.com> > Học lý luận > Học vị trí công nghệ Massachusetts > vật lý > cơ học cổ điển > chương VI.

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 6

Last time we discussed that an acceleration is caused by a push or by a pull.
Lần trước, chúng ta đã thảo luận về gia tốc nảy sinh do sự đẩy và sự kéo.

Today we will express this more qualitatively in three laws which are called Newton's Laws.

Hôm nay chúng ta sẽ biểu diễn chúng một cách định lượng hơn theo các định luật Newton. The first law really goes back to the first part of the 17th century. Thực ra, định luật thứ nhất đã có từ những năm đầu của thế kỉ 17.

It was Galileo who expressed what he called the law of inertia and I will read you his law.

Nó được Galileo gọi là định luật quán tính và tôi sẽ đọc cho bạn định luật của ông ấy.

"A body at rest remains at rest "and a body in motion continues to move "at constant velocity along a straight line unless acted upon by an external force." And now I will read to you Newton's own words in his famous book, Principia. "Every body perseveres in its state of rest "or of uniform motion in a right line "unless it is compelled to change that state by forces impressed upon it." Now, Newton's First Law is clearly against our daily experiences.

Nếu không chịu sự tác động của lực từ bên ngoài," một vật thể đứng yên sẽ giữ nguyên trạng thái đứng yên" và một vật thể chuyển động tiếp tục chuyển động "với vận tốc không đổi dọc theo đường thẳng." Và bây giờ tôi sẽ đọc cho bạn những từ của riêng Newton trong cuốn sách nổi tiếng của anh ấy, Principia. "Mọi vật thể giữ nguyên trạng thái đứng yên của nó" hoặc chuyển động đều theo đường thẳng "Nếu không được điều khiển để thay đổi trạng thái đó bởi những lực cưỡng bức trên nó." Rõ ràng là các định luật Newton trái với kinh nghiệm hàng ngày của chúng ta.

Things that move don't move along a straight line and don't continue to move, and the reason is, there's gravity.

Có khi có những vật không chuyển động theo đường thẳng và đa số vật không thể tự duy trì trạng thái chuyển động của nó, lí do là vì có trọng lực.

And there is another reason.

Và còn lí do khác nữa.

Even if you remove gravity then there is friction, there's air drag.

Cho dù bạn khử được trọng lực thì cũng có lực ma sát, sức cản không khí.

And so things will always come to a halt.

Và vì vậy vật sẽ luôn luôn đến điểm dừng.

But we believe, though, that in the absence of any forces indeed an object, if it had a certain velocity would continue along a straight line forever and ever and ever.

Nhưng chúng ta tin rằng khi không có bất cứ lực nào tác động lên vật, nếu nó có vận

tốc nào đó thì nó sẽ tiếp tục chuyển động dọc theo đường thẳng mãi mãi.
Now, this law, this very fundamental law does not hold in all reference frames.
Bây giờ, định luật này, định luật rất cơ bản này không đúng trong tất cả các hệ quy chiếu.

For instance, it doesn't hold in a reference frame which itself is being accelerated.

Chẳng hạn, định luật sẽ không đúng trong các hệ quy chiếu mà tự nó đang tăng tốc.

Imagine that I accelerate myself right here.

Hãy tưởng tượng rằng tôi tự tăng tốc ngay đây.

Either I jump on my horse, or I take my bicycle or my motorcycle or my car and you see me being accelerated in this direction.
Hoặc tôi nhảy lên ngựa, hoặc tôi lái xe đạp hoặc moto hoặc xe hơi và bạn thấy tôi đang tăng tốc theo hướng này.

And you sit there and you say, "Aha, his velocity is changing."
Và bạn ngồi ở đó và bạn nói, "Aha, vận tốc của ông ta đang thay đổi."

"Therefore, according to the First Law, there must be a force on him." And you say, "Hey, there, do you feel that force?" And I said, "Yeah, I do! "I really feel that, I feel someone's pushing me." Consistent with the first law.

"Do đó, theo định luật thứ nhất, phải có một lực tác dụng trên ông ấy." Và bạn nói "Ê, chào, thầy có cảm thấy lực đó không?" Và tôi nói, "Vâng, có! "Tôi thực sự cảm thấy nó, tôi cảm thấy ai đó đang đẩy tôi." Phù hợp với định luật thứ nhất.

Perfect, the First Law works for you.

Hoàn hảo, định luật thứ nhất đúng.

Now I'm here.

Bây giờ tôi ở đây.

I'm being accelerated in this direction and you all come towards me being accelerated in this direction.

Tôi đang tăng tốc theo hướng này và tất cả các bạn đi về phía tôi đang tăng tốc theo hướng này.

I say, "Aha, the First Law should work so these people should feel a push." I say, "Hey, there! Do you feel the push?" And you say, "I feel nothing.

Tôi nói, "Aha, định luật thứ nhất sẽ đúng vì vậy những người này sẽ cảm thấy bị đẩy." Tôi nói, "ê, chào! Bạn cảm thấy đẩy phải không?" Và bạn nói. "Tôi không cảm thấy gì cả.

There is no push, there is no pull." Therefore, the First Law doesn't work from my frame of reference if I'm being accelerated towards you.

Không đẩy, không kéo." Nói một cách tổng quát, định luật thứ nhất không đúng trong hệ quy chiếu của tôi nếu tôi đang chuyển động có gia tốc đối với bạn.

So now comes the question, when does the First Law work? Well, the First Law works when the frame of reference is what we call an "inertial" frame of reference.

Vì vậy bây giờ đến câu hỏi, khi nào định luật thứ nhất đúng? Ồ, Định luật thứ nhất sẽ đúng trong hệ quy chiếu quán tính.

And an inertial frame of reference would then be a frame in which there are no accelerations of any kind.

Và hệ quy chiếu quán tính là hệ quy chiếu mà trong đó không có bất kì loại gia tốc nào.

Is that possible? Is 26.100...

Điều đó có thể không? 26.100 được không....

is this lecture hall an inertial reference frame? For one, the earth rotates about its own axis and 26.100 goes with it.

giảng đường này là một hệ quy chiếu quán tính phải không? Thứ nhất, trái đất quay quanh trục riêng của nó và 26.100 đi cùng với nó.

That gives you a centripetal acceleration.

Điều đó cho bạn một gia tốc hướng tâm.

Number two, the earth goes around the sun.

Thứ hai, trái đất quay quanh mặt trời.

That gives it a centripetal acceleration including the earth, including you, including 26.100.

Chuyển động đó làm cho nó có gia tốc hướng tâm Trái Đất, bao gồm cả bạn, bao gồm cả 26.100.

The sun goes around the Milky Way, and you can go on and on.

Mặt trời chuyển động quanh ngân hà, và bạn có thể tiếp tục và tiếp tục.

So clearly 26.100 is not an inertial reference frame.

Vì vậy rõ ràng 26.100 không phải là hệ quy chiếu quán tính.

We can try to make an estimate on how large these accelerations are that we experience here in 26.100 and let's start with the one that is due to the earth's rotation.

Chúng ta hãy thử ước tính xem gia tốc mà chúng ta phải chịu khi ở đây trong 26.100 lớn như thế nào và hãy bắt đầu với cái do sự tự quay của Trái Đất.

So here's the earth...

đây là Trái Đất.....

rotating with angular velocity ω and here is the equator, and the earth has a certain radius.

Đang quay với vận tốc góc ω và đây là đường xích đạo, và trái đất có bán kính nào đó.

The radius of the earth...

Bán kính của Trái đất.....

this is the symbol for earth.

Đây là kí hiệu cho Trái Đất.

Now, I know that 26.100 is here but let's just take the worst case that you're on the equator.

Bây giờ, tôi biết rằng 26.100 ở đây nhưng hãy xét trường hợp xấu nhất là bạn ở trên đường xích đạo.

You're...

Bạn

[no audio]

You go around like this and in order to do that you need a centripetal acceleration, a_c which, as we have seen last time, equals $\omega^2 R$.

Bạn chuyển động tròn giống như thế này và để làm điều đó bạn cần một gia tốc hướng tâm, a_c như chúng ta đã thấy từ trước, bằng $\omega^2 R$.

How large is that one? Well, the period of rotation for the earth is 24 hours times 3,600 seconds so ω equals two pi divided by 24 times 3,600 and that would then be in radians per second.

Nó lớn như thế nào? Ồ, chu kì quay của Trái Đất là 24 giờ nhân 3600 giây vì vậy ω bằng 2 pi chia 24 nhân 3600 và đơn vị là radian trên giây.

And so you can calculate now what $\omega^2 R$ earth is if you know that the radius of the earth is about 6,400 kilometers.

Và bây giờ bạn có thể tính $\omega^2 R$ của trái đất là gì nếu bạn biết rằng bán kính của Trái đất khoảng 6400 km.

Make sure you convert this to meters, of course.

Tất nhiên, phải bảo đảm rằng bạn đã đổi sang đơn vị mét.

And you will find, then that the centripetal acceleration at the equator which is the worst case—

Và sau đó bạn sẽ tìm thấy rằng gia tốc hướng tâm tại đường xích đạo là trường hợp xấu nhất - -

it's less here—

Ở đây nó nhỏ hơn - -

is 0.034 meters per second squared.

Bằng 0.034 mét trên giây bình phương.

And this is way, way less—

Và giá trị này rất, rất nhỏ hơn

this is 300 times smaller than the gravitational acceleration that you experience here on Earth.

Cái này nhỏ hơn 300 lần so với gia tốc trọng trường mà bạn phải chịu ở đây trên Trái đất.

And if we take the motion of the earth around the sun then it is an additional factor of five times lower.

Và nếu chúng ta xét chuyển động của Trái Đất quanh Mặt Trời thì sẽ ra một số nhỏ hơn 5 lần số này.

In other words, these accelerations even though they're real and they can be measured easily with today's high-tech instrumentation—

Hay nói cách khác, những gia tốc này cho dù chúng có thực và chúng có thể đo được dễ dàng bằng những dụng cụ công nghệ cao ngày nay - -

they are much, much lower than what we are used to which is the gravitational acceleration.

Chúng nhỏ hơn rất, rất nhiều so với gia tốc trọng trường.

And therefore, in spite of these accelerations we will accept this hall as a reasonably good inertial frame of reference in which the First Law then should hold.

Và do đó, bất chấp những gia tốc này chúng ta sẽ thừa nhận giảng đường này gần đúng là một hệ quy chiếu quán tính mà trong đó định luật Newton nghiệm đúng.

Can Newton's Law be proven? The answer is no, because it's impossible to be sure that your reference frame is without any accelerations.

Có thể chúng mình được định luật Newton không? Câu trả lời là không, vì không thể đảm bảo rằng hệ quy chiếu của bạn không có bất kì loại gia tốc nào.

Do we believe in this? Yes, we do.

Chúng ta có tin điều này không? Có

We believe in it since it is consistent within the uncertainty of the measurements with all experiments that have been done.

Chúng ta tin nó vì nó phù hợp với tất cả các thực nghiệm mà chúng ta đã làm trong khoảng sai số của các phép đo.

Now we come to the Second Law, Newton's Second Law.

Bây giờ đến định luật II, định luật Newton thứ hai.

I have a spring...

Tôi có một lò xo.....

Forget gravity for now—

Bây giờ hãy quên trọng lực - -

you can do this somewhere in outer space.

Bạn có thể làm điều này ở bất cứ đâu ngoài vũ trụ.

This is the relaxed length of the spring and I extend the spring.
Đây là chiều dài lò xo khi ở trạng thái bình thường và tôi kéo lò xo.

I extend it over a certain amount, a certain distance—

Tôi kéo nó ra một lượng nào đó, một khoảng cách nào đó --
unimportant how much.

Bao nhiêu không quan trọng.

And I know that I when I do that that there will be a pull—

Và tôi biết rằng khi tôi làm điều đó sẽ có một sự kéo --
non-negotiable.

Không thể tránh được.

I put a mass, m_1 , here, and I measure the acceleration that this pull causes on this mass immediately after I release it.
Tôi đặt khối lượng m_1 ở đây, và tôi đo gia tốc do sự kéo này gây ra trên quả nặng ngay sau khi tôi thả nó ra.

I can measure that.
Tôi có thể đo cái đó.

So I measure an acceleration, a_1 .
Vì vậy tôi đo gia tốc, a_1 .

Now I replace this object by mass m_2 but the extension is the same, so the pull must be same.
Bây giờ tôi thay thế quả nặng này bằng quả nặng m_2 nhưng sự căng vẫn tương tự như trước, vì vậy sự kéo phải giống nhau.

The spring doesn't know what the mass is at the other end, right? So the pull is the same.
Lò xo không biết khối lượng là gì ở đầu còn lại, đúng không? Vì vậy sức kéo giống nhau.

I put m_2 there, different mass and I measure the new acceleration, a_2 .
Tôi đặt m_2 ở đó, khối lượng khác và tôi đo gia tốc mới, a_2 .

It is now an experimental fact that $m_1 a_1$ equals $m_2 a_2$.

Kết quả thực nghiệm cho thấy rằng $m_1 a_1$ bằng $m_2 a_2$.

And this product, ma , we call the force.

Và tích này, ma , chúng ta gọi là lực.

That is our definition of force.
Đó là định nghĩa lực của chúng ta.

So the same pull on a ten times larger mass would give a ten times lower acceleration.

Vì vậy, cùng một sức kéo nhưng trên quả nặng khối lượng 10 lần lớn hơn thì sẽ cho gia tốc 10 lần nhỏ hơn.

The Second Law I will read to you: "A force action on a body gives it an acceleration which is in the direction of the force..." That's also important—

Tôi sẽ đọc cho bạn định luật II: "Lực tác dụng lên vật thể tạo ra cho nó một gia tốc cùng hướng với lực..." Điều đó cũng quan trọng - -

the acceleration is in the direction of the force.
Gia tốc cùng hướng với lực.

"And has a magnitude given by ma ." ma is the magnitude and the direction is the direction of the force.

"Và độ lớn là ma ." ma là độ lớn và hướng cùng hướng với lực

And so now we will write this in all glorious detail.
Và vì vậy bây giờ chúng ta sẽ viết cái này trong niềm vinh quang.

This is the Second Law by Newton perhaps the most important law in all of physics but certainly in all of 801: F equals ma .

Đây là định luật II Newton có lẽ là định luật quan trọng nhất trong tất cả các định luật vật lý và dĩ nhiên là trong tất cả các định luật của 801: F bằng ma .

The units of this force are kilograms times meters per second squared.

Đơn vị của lực này là kilogam nhân mét trên giây bình phương.

In honor of the great man, we call that "one newton."

Để vinh danh vĩ nhân, chúng ta gọi đó là "1 Newton."

Like the First Law, the Second Law only holds in inertial reference frames.
Cũng giống như định luật thứ nhất, định luật thứ hai chỉ đúng trong hệ quy chiếu quán tính.

Can the Second Law be proven? No.
Có thể chứng minh định luật II Newton được không? Không

Do we believe in it? Yes.
Chúng ta có tin nó không? Có

Why do we believe in it? Because all experiments and all measurements within the uncertainty of the measurements are in agreement with the Second Law.
Tại sao chúng ta tin nó? Vì tất cả các thí nghiệm và tất cả các phép đo phù hợp với định luật II trong phạm vi sai số của phép đo.

Now you may object and you may say "This is strange, what you've been doing.

Bây giờ bạn có thể phản đối và bạn có thể nói "Cái này lạ, những gì bạn đang làm đấy.

"How can you ever determine a mass "if there is no force somewhere? "Because if you want to determine the mass "maybe you put it on a scale, "and when you put it on a scale to determine the mass "you made use of gravitational force "so isn't that some kind of a circular argument that you're using?" And your answer is "No." I can be somewhere in outer space where there is no gravity.

"Nếu không có lực ở nơi nào đó thì bạn xác định khối lượng như thế nào? "Vì nếu bạn muốn xác định khối lượng "Có lẽ bạn cần đặt nó trên một cái cân, "và khi bạn đặt nó trên cân để xác định khối lượng" bạn sử dụng trọng lực " vậy điều đó không phải là thứ lập luận lẫn lộn mà bạn đang dùng sao?" Và câu trả lời của bạn là "không."Tôi có thể làm nó ở đâu đó ngoài không gian không có trọng lực.

I have two pieces of cheese; they are identical in size.

Tôi có 2 miếng phó mát; chúng có kích thước giống nhau.

This is cheese without holes, by the way.

À, nói thêm, đây là phó mát không lỗ.

They are identical in size.
Chúng giống nhau về kích thước.

The sum of the two has double the mass of one.

Tổng khối lượng của hai cái lớn gấp hai lần khối lượng của một cái.

Mass is determined by how many molecules—

Khối lượng được xác định bởi bao nhiêu phân tử

how many atoms I have.

bao nhiêu nguyên tử mà tôi có.

I don't need gravity to have a relative scale of masses so I can determine the relative scale of these masses without ever using the force.

Tôi không cần trọng lực để có thang khối lượng tỉ đối vì vậy tôi có thể xác định thang khối lượng tỉ đối mà không cần dùng lực.

So this is a very legitimate way of checking up on the Second Law.
Vì vậy đây là cách rất hợp lệ để kiểm tra định luật II.

Since all objects in this lecture hall and the earth fall with the constant acceleration, which is g we can write down that the gravitational force would be m times this acceleration, g .

Vì tất cả các vật thể trong giảng đường này và Trái đất rơi với gia tốc hằng số là g chúng ta có thể viết ra lực trọng trường này bằng m nhân gia tốc này, g .

Normally I write an "a" for it, but I make an exception now because gravity, I call it "gravitational force." And so you see that the gravitational force due to the earth on a particular mass is linearly proportional with the mass.
Thông thường tôi viết "a" cho nó, nhưng bây giờ tôi sẽ làm một ngoại lệ bởi vì trọng lực, tôi gọi nó là "lực trọng trường". và vì vậy bạn thấy rằng lực trọng trường do trái đất tác dụng lên vật nặng nào đó tỉ lệ tuyến tính với khối lượng.

If the mass becomes ten times larger then the force due to gravity goes up by a factor of ten.

Nếu khối lượng tăng 10 lần thì lực trọng trường tăng 10 lần.
Suppose I have here this softball in my hands.

Giả sử ở đây tôi có quả bóng mềm trong tay tôi

In the reference frame...

Trong hệ quy chiếu.....

26.100 we will accept to be an inertial reference frame.

26.100 chúng ta sẽ thừa nhận nó là hệ quy chiếu quán tính.

It's not being accelerated in our reference frame.

Nó không được tăng tốc trong hệ quy chiếu của chúng ta.

That means the force on it must be zero.

Điều đó có nghĩa là lực tác dụng trên nó phải bằng 0.

So here is that ball.
Vậy đây là quả bóng đó.

And we know if it has mass, m —
Và bây giờ chúng ta biết nếu nó có khối lượng, m - -

which in this case is about half a kilogram—
giả sử khoảng nửa kg - -

that there must be a force here, mg which is about five newtons, or half a kilogram.

Phải có lực ở đây, mg khoảng 5N, hoặc nửa kg

But the net force is zero.

Nhưng lực toàn phần bằng 0.

Therefore it is very clear that I, Walter Lewin, must push up with a force from my hand onto the ball, which is about the same...

Do đó rõ ràng rằng tay tôi phải đẩy quả bóng với một lực , nó

khoảng

which is exactly the same, five newtons.

Đúng bằng 5 N.

Only now is there no acceleration so I can write down that force of Walter Lewin plus the force of gravity equals zero.

Bây giờ không có gia tốc vì vậy tôi có thể viết lực của tôi, Walter Lewin cộng trọng lực bằng 0.

Because it's a one-dimensional problem you could say that the force of Walter Lewin equals minus mg .

Vì nó là bài toán một chiều bạn có thể nói rằng lực của Walter Lewin bằng $-mg$.

F equals ma .

F bằng ma .

Notice that there is no statement made on velocity or speed.

Chú ý rằng không có phát biểu nào cho vận tốc và tốc độ.

As long as you know f and as long as you know ma is uniquely specified.

Chỉ cần bạn biết f và biết ma là a sẽ hoàn toàn xác định.

No information is needed on the speed.

Không cần thông tin nào về tốc độ.

So that would mean, if we take gravity and an object was falling down with five meters per second that the law would hold.

Vì vậy điều đó sẽ có nghĩa là, nếu một vật thể đang rơi xuống 5m/s trong trường trọng lực thì định luật sẽ đúng.

If it would fall down with 5,000 meters per second it would also hold.

Nếu nó rơi xuống với vận tốc 5000 m/s thì định luật cũng sẽ đúng.

Will it always hold? No.

Định luật sẽ luôn luôn đúng phải không? Không

Once your speed approaches the speed of light then Newtonian mechanics no longer works.

Một khi tốc độ của vật thể chuyển động gần bằng tốc độ ánh sáng thì cơ học Newton không còn đúng nữa.

Then you have to use Einstein's theory of special relativity.

Trong trường hợp đó bạn phải dùng lí thuyết tương đối đặc biệt của Einstein.

So this is only valid as long as we have speeds that are substantially smaller, say, than the speed of light.

Vì vậy định luật chỉ áp dụng được khi nào tốc độ chuyển động về cơ bản là nhỏ hơn tốc độ ánh sáng.

Now we come to Newton's Third Law: "If one object exerts a force on another "the other exerts the same force in opposite direction on the one." I'll read it again.

Bây giờ chúng ta sẽ đến định luật III Newton: "Nếu vật này tác dụng lực lên một vật kia"thì vật kia cũng tác dụng lại nó một lực có cùng độ lớn nhưng ngược chiều." Tôi sẽ đọc lại lần nữa.

"If one object exerts a force on another "the other exerts the same force in opposite direction on the one." And I normally summarize that as follows, the Third Law as "Action equals minus reaction."

"Nếu một vật thể tác dụng lực lên vật thể khác" thì vật kia cũng tác dụng lại vật đó với một lực cùng độ lớn nhưng ngược chiều." Và thông thường tôi tóm tắt điều đó như sau, định luật 3 là "Lực bằng trừ phản lực."

And the minus sign indicates, then, that it opposes so you sit on your seats and you are pulled down on your seats because of gravity and the seats will push back on you with the same force.

Và do đó dấu trừ chỉ ra rằng nó chống lại vì vậy bạn ngồi trên chỗ ngồi của bạn và bạn bị kéo xuống chỗ ngồi của bạn do trọng lực, đồng thời chỗ ngồi sẽ đẩy lại bạn với một lực cùng độ lớn với trọng lực ấy.

Action equals minus reaction.
Lực bằng trừ phản lực.

I held the baseball in my hand.
Tôi giữ quả bóng bàn trong tay tôi.

The baseball pushes on my hand with a certain force.
Quả bóng bàn đẩy tay tôi với một lực nào đó.

I push on the baseball with the same force.
Tôi cũng đẩy quả bóng bàn với lực có độ lớn giống như trên.

I push against the wall with a certain force.
Tôi đẩy bức tường với một lực nào đó

The wall pushes back in the opposite direction with exactly the same force.

Bức tường cũng sẽ đẩy lại tôi với lực cùng độ lớn như vậy.

The Third Law always holds.

Định luật III luôn luôn đúng.

Whether the objects are moving or accelerated makes no difference.

Dù cho vật thể đang chuyển động hay được gia tốc thì cũng sẽ không khác biệt.

All moments in time, the force—

Mọi lúc, lực

we call it actually the "contact force" between two objects—
Chúng ta gọi nó là "Lực tiếp xúc" giữa hai vật - -

one on the other is always the same as the other on one but in the opposite direction.

Một vật lên một vật kia luôn luôn giống như vật kia tác dụng lên vật này nhưng ngược chiều.

Let us work out a very simple example.
Chúng ta hãy làm việc ngoài đây với một ví dụ đơn giản.

We have an object which has a mass, m_1 .
Chúng ta có một vật thể có khối lượng, m_1 .

We have object number one and m_1 is five kilograms.
Chúng ta có vật thể số 1 và m_1 là 5 kg.

And here, attached to it, is an object two and m_2 equals 15 kilograms.

Và ở đây, gắn với nó, là vật thể 2 và m2 bằng 15 kg.

There is a force and the force is coming in from this direction.

Có một lực và lực đến từ hướng này.

This is the force—

Đây là lực - -

and the magnitude of the force is 20 newtons.

Và độ lớn của lực là 20 N.

What is the acceleration of this system? F equals ma .

Gia tốc của hệ này là gì? F bằng ma .

Clearly the mass is the sum of the two—

Rõ ràng, khối lượng là tổng của 2 cái này --

this force acts on both—

Lực này tác động lên cả hai vật - -

so we get m_1 plus m_2 times a .

Vì vậy chúng ta có m_1 cộng m_2 nhân a .

This is 20, this is 20 so a equals one meters per second squared in the same direction as f .

Đây là 20, đây là 20 vì vậy a bằng một mét trên giây bình phương cùng hướng với f .

So the whole system is being accelerated with one meters per second squared.

Vì vậy toàn bộ hệ đang được gia tốc 1 mét trên giây bình phương.

Now watch me closely.
Bây giờ hãy theo dõi tôi chặt chẽ hơn.

Now I single out this object—

Bây giờ tôi tách vật này riêng

ra - -

here it is...

đây

object number two.
Vật thể số 2.

Object number one, while this acceleration takes place must be pushing on object number two.

Vật thể số 1, trong khi sự tăng tốc này xảy ra phải đang đẩy vật thể số 2.

Otherwise object number two could never be accelerated.
Ngược lại, vật thể số 2 có thể không bao giờ được tăng tốc.

I call that force f_{12} the force that one exerts on two.
Tôi gọi f_{12} là lực mà 1 tác dụng lên 2.

I know that number two has an acceleration of one.

Tôi biết số 2 có gia tốc là 1.

That's a given already.

Cái đó đã cho rồi.

So here comes f equals ma .

Vậy đây là f bằng ma .

f_{12} equals m_2 times a .

f_{12} bằng m_2 nhân a .

We know a is one, we know m_2 is 15 so we see that the magnitude of the force 12 is 15 newtons.

Chúng ta biết a là 1, chúng ta biết m_2 là 15 vì vậy chúng ta thấy rằng độ lớn của lực 12 là 15 N.

This force is 15.
Lực này là 15.

Now I'm going to isolate number one out.

Bây giờ tôi sẽ cô lập số 1 ra ngoài.

Here is number one.

Đây là số 1.

Number one experiences this force, f , which was the 20 and it must experience a contact force from number two.

Số 1 chịu lực này, f , bằng 20 và nó phải chịu lực tiếp xúc từ số 2

Somehow, number two must be pushing on number one if one is pushing on number two.

Bằng cách này hay cách khác, số 2 phải đẩy số 1 nếu một đang đẩy hai.

And I call that force " f_{21} ."

Và tôi gọi lực đó là " f_{21} ."

I know that number one is being accelerated and I know the magnitude is one meter per second squared.

Tôi biết rằng số 1 đang được gia tốc và tôi biết độ lớn là 1 mét trên giây bình phương.

That's non-negotiable, and so we have that f , this one, plus f_{21} must be m_1 times a .

Điều đó không thể tránh khỏi, và vì vậy chúng ta có f , cái này, + f_{21} phải bằng m_1 nhân

a .

This is one, this is five, this is 20 and so this one, you can already see, is minus 15.

Đây là 1, đây là 5, đây là 20 và vì vậy cái này, bạn có thể thấy rồi, bằng -15.

F_{21} is in this direction and the magnitude is exactly the same as f_{12} .

F_{21} cùng hướng này và độ lớn chính xác giống như f_{12} .

So you see? One is pushing on two with 15 newtons in this direction.

Vì vậy bạn thấy không? Một đang đẩy hai 15 Newton theo hướng này .

Two is pushing back on one with 15 newtons and the whole system is being accelerated with one meter per second squared.

Hai cũng đẩy trở lại 1 với một lực 15 N và toàn bộ hệ đang được gia tốc 1 mét trên giây bình phương.

Now, in these two examples—
Bây giờ, trong hai ví dụ này - -

the one whereby I had the baseball on my hand—

Ví dụ mà tôi cầm quả bóng bàn trên tay - -

you saw that it was consistent with the Third Law.

Bạn thấy nó tuân theo với định luật III.

In this example, you also see that it's consistent with the Third Law.
Trong ví dụ này, bạn cũng thấy nó tuân theo định luật III.

The contact force from one on the other is the same as from the other on one but in opposite signs.

Lực tiếp xúc từ vật này lên vật kia giống như lực tiếp xúc từ vật kia lên vật này nhưng ngược dấu.

Is this a proof? No.
Đây có phải là một chứng minh không? không

Can the Third Law be proven? No.

Định luật III Newton có thể được chứng minh không? Không

Do we believe in it? Yes.

Chúng ta có tin nó không? Có

Why do we believe in it? Because all measurements, all experiments within the uncertainties are consistent with the Third Law.

Tại sao chúng ta tin nó? Vì tất cả các phép đo, tất cả các thực nghiệm cùng với sai số kèm theo đều phù hợp với định luật III.

Action equals minus reaction.
Lực bằng trừ phản lực.

It is something that you experience every day.
Điều mà bạn trải qua hàng ngày phải không.

I remember I had a garden hose on the lawn and I would open the faucet and the garden hose would start to snake backwards.

Tôi nhớ tôi có một ống nước tưới vườn trên bãi cỏ và khi tôi mở vòi thì ống nước sẽ bắt đầu trườn giật lùi.

Why? Water squirts out.
Tại sao? Nước vọt ra ngoài.

The garden hose pushes onto the water in this direction.
Ống nước đẩy nước theo hướng này.

The water pushes back onto the garden hose and it snakes back.

Nước đẩy lại ống nước và nó trườn ngược lại.

Action equals minus reaction.

Lực bằng trừ phản lực.

You take a balloon.

Bạn lấy quả bóng bóng.

You take a balloon and you blow up the balloon and you let the air out.

Bạn lấy bóng bóng và bạn thổi đầy nó và bạn để cho không khí ra ngoài.

The balloon pushes onto the air.

Bóng bóng đẩy không khí.

The air must push onto the balloon.

Không khí cũng phải đẩy bóng bóng.

And therefore, when you let it go the balloon will go in this direction which is the basic idea behind the rocket.

Và do đó, khi bạn để nó đi bóng bóng sẽ đi theo hướng này , đây là ý tưởng cơ bản để chế tạo tên lửa.

[huffing and puffing]

I love to play with balloons, don't you? So, if I do it like this, and I let it go the air will come out in this direction and so then it means the balloon is pushing on the air in this direction.

Tôi thích chơi bong bóng, bạn thích không? Vậy, nếu tôi thổi nó lên như thế này, và tôi thả nó ra không khí sẽ đi ra ngoài theo hướng này và vì vậy có nghĩa là bong bóng đang đẩy không khí theo hướng này.

the air must be pushing on the balloon in this direction.

Không khí phải đẩy quả bong bóng theo hướng này.

There it goes.

Đây.

[whistles]

It didn't make it to the moon but you saw the idea of a rocket.

Nó không đưa được nó đến mặt trăng nhưng bạn đã thấy được ý tưởng của tên lửa.

Action equals minus reaction.

Lực bằng trừ phản lực.

If you fire a gun, the gun exerts a force on the bullet the bullet exerts an equal force on the gun which is called the recoil.

Nếu bạn bắn súng, súng sẽ tác dụng lực lên viên đạn viên đạn tác dụng một lực tương đương lên súng được gọi là hiện tượng giật lùi.

You feel that in your hands and your shoulder.

Bạn cảm thấy điều đó ở tay bạn và vai bạn.

I have here a marvelous device which is a beautiful example of "action equals minus reaction." I show you from above what it looks like.

Ở đây tôi có một thiết bị kì lạ là ví dụ tuyệt vời về lực bằng phản lực. Tôi chỉ cho bạn từ trên nó sẽ giống như thế nào.

You'll see more details later.

Bạn sẽ hiểu chi tiết hơn sau.

This rotates about this axis rather freely—

Cái này quay quanh trục này khá tự do - -

the axis is vertical—

trục thẳng đứng - -

and we have here a reservoir of water, which we will heat up.

Và ở đây chúng ta có một bầu nước, chúng ta sẽ đun nóng.

It turns into steam and these are hollow tubes and the steam will squirt out.

Nó chuyển thành hơi nước và đây là những cái ống rỗng và hơi nước sẽ phun ra.

And so when the steam squirts out in this direction the tube exerts a force on the steam in this direction so the steam exerts an equal force in the opposite direction and so the thing will start to rotate like this.

Và vì vậy khi hơi nước phun ra theo hướng này thì ống tác dụng lực lên hơi nước theo hướng này vì vậy hơi nước tác dụng lực như vậy nhưng ngược chiều và vì vậy

vật sẽ bắt đầu quay giống như thế này.

And I would like to demonstrate that.

Và tôi muốn chứng minh điều đó.

You can see it now there.

Bây giờ bạn có thể thấy nó ở đó.

With a little bit of luck, there you see it.

Với một ít may mắn, đây rồi.

So we're going to heat it.

Vậy chúng ta sẽ nung nó.

[torch hissing]

Walking.

Đi bộ.

When you walk, you push against the floor.

Khi bạn đi, bạn đẩy sàn nhà.

The floor pushes back at you and if the floor wouldn't push back at you you couldn't even walk, you couldn't go forwards.

Sàn nhà đẩy lại bạn và nếu sàn nhà không đẩy lại bạn thậm chí bạn không thể đi bộ, bạn không thể đi về phía trước.

If you walk on ice, very slippery—
Nếu bạn đi bộ trên nước đá, rất trơn - -

you can't go anywhere, because you can't push on the ice so the ice won't push back on you.
Bạn không thể đi đâu cả, vì bạn không thể đẩy nước đá và vì vậy nước đá không thể đẩy lại bạn.

That's another example where you see action equals minus reaction.

Đó là ví dụ khác cho bạn thấy lực bằng phản lực.

This engine is called "Hero's engine."

Động cơ này được gọi là "Động cơ Hero"

Hero, according to the Greek legend was a priestess of Aphrodite.

Hero, theo truyền thuyết Ai Cập là một nữ tu ở Aphrodite.

Let's first look at it.

Đầu tiên hãy nhìn nó.

She was a priestess of Aphrodite and her lover, Leander would swim across the Hellespont every night to be with her.
Cô ta là một nữ tu của Aphrodite và người yêu của cô ta, Leander sẽ bơi qua Hellespont mỗi đêm để đến với cô ấy.

And then one night the poor guy drowned and Hero threw herself into the sea.

Và rồi một đêm gã nghèo chết đuối và Hero cũng nhảy xuống biển tự sát.

Very romantic thing to do but, of course, also not a very smart thing to do.

Tất nhiên, sự việc rất lãng mạn, nhưng việc làm của học không phải là khôn ngoan.

On the other hand, it must have been a smart lady if she invented, really, this engine.

Ở một khía cạnh khác, chúng ta thấy đó phải là một phụ nữ rất thông minh nếu cô ấy thực sự phát minh ra động cơ này.

Yesterday, I looked at the Web, "ask.com." It's wonderful—

Hôm qua, tôi đã xem trên trang, "ask.com." Thật tuyệt - -

you can ask any question.

Bạn có thể hỏi bất kì câu hỏi nào.

You can say, "How old am I?" Now, you may not get the right answer but you can ask any question.

Bạn có thể hỏi, "Tôi bao nhiêu tuổi?" Bây giờ, có lẽ bạn không nhận được câu trả lời đúng nhưng bạn có thể hỏi bất kì câu hỏi nào.

And I typed in, "Hero's engine." And out popped a very nice high- tech version of Hero's engine.

Và tôi gõ, "Động cơ Hero." Và xuất hiện ra một phiên bản công nghệ cao của động cơ Hero.

A soda can—

Một lon soda

you pop four holes in the soda can at the bottom.

Bạn khoét bốn lỗ dưới đáy.

So here's your soda can.

Đây là lon soda.

You pop four holes in here, but when you put a nail in there you bend every time the nail to the same side so the holes are slanted.

Bạn khoét 4 lỗ ở đây, nhưng khi bạn đặt cây đinh vào đó thì bạn bẻ cong cây đinh về cùng một phía vì vậy các lỗ bị nghiêng.

You put it in water you lift it out of water and you have a Hero's engine.

Bạn đặt nó trong nước , bạn nâng nó lên mặt nước và bạn có động cơ Hero.

And I made it for you—

Và tôi làm nó cho bạn - -

it took me only five minutes.

Chỉ mất 5 phút.

I went to one of MIT's machines, got myself a soda put the holes in it, and here it is.

Tôi đi đến một trong các xưởng máy của MIT, tự lấy một lon Soda, khoét lỗ trong nó, và đây rồi.

It's in the water there.

Nó được đặt trong nước ở đó.

When I lift it out, you will see the water squirts.

Khi tôi nâng nó ra ngoài, bạn sẽ thấy nước phun ra.

There it goes.
Đây.

High-tech version of Hero's engine.

Phiên bản công nghệ cao của động cơ Hero.

Also makes a bit of a mess, but okay.

Cũng tạo ra một mớ hỗn độn, nhưng không sao

All right.

Được rồi.

Try to make one—
Hãy thử tạo ra một cái - -

it's fun and it's very quick.
Rất vui và rất nhanh.

It doesn't take much time at all.
Nó không mất thời gian gì cả.

There are some bizarre consequences of these laws.

Có vài hệ quả kì lạ của ba định luật này.

Imagine that an object is falling towards the earth.

Hãy tưởng tượng rằng vật thể đang rơi về phía Trái Đất.

An apple is falling towards the earth from a height, say, of, hmm, I'd say 100 meters.

Một quả táo rơi về phía Trái đất từ một độ cao chẳng hạn như khoảng 100 m.

And let's calculate how long it takes for this apple to hit the earth which should for you be trivial, of course.

Và hãy tính toán mất bao lâu để quả táo chạm đất, tất nhiên điều này quá dễ đối với các bạn.

So here's the earth...
Vậy đây là Trái Đất

and the mass of the earth is about 6 times 10 to the 24 kilograms.

Và khối lượng Trái Đất khoảng 6 nhân 10 mũ 24 kg.

And here at a distance, h—

Và ở đây tại khoảng cách, h - -

for which we will take 100 meters—
Giả sử nó bằng 100 m - -

is this apple, m, which, say, has a mass of half a kilogram.

Thì quả táo này, m , giả sử có khối lượng nửa kg.

There's a force from the earth onto the apple and this is that force.

Có một lực từ Trái đất tác dụng lên quả táo và đây là lực đó.

And the magnitude of that force is mg and that is 5 newton.

Và độ lớn của lực đó là mg và bằng 5 N.

I make g ten and just round it off a little.

Tôi lấy g bằng 10 và chỉ làm tròn nó một ít.

Now, how long does it take this object to hit the earth? So, we know that $\frac{1}{2}gt^2$ equals h .

Bây giờ, mất bao lâu để vật thể này chạm mặt đất? chúng ta biết rằng $\frac{1}{2}gt^2$ bình bằng h .

It doesn't start with any initial speed, so that is 100.

Nó không có vận tốc ban đầu, vì thế cái đó bằng 100.

G is 10, this is 5, so t^2 is 20.

g bằng 10, đây là 5, vậy t^2 bình bằng 20.

So t is about 4.5 seconds.

Vậy t khoảng 4.5 giây.

So after 4.5 seconds, it hits the earth—

Vậy sau 4.5 giây, nó chạm đất - -

so far, so good.

Đến bây giờ, mọi việc vẫn tốt.

But now, according to the Third Law the earth must experience exactly the same force as the apple does but in opposite direction.

Nhưng bây giờ, theo định luật III trái đất phải chịu một lực tương tự như quả táo đã chịu nhưng ngược hướng.

So therefore the earth will experience this same force, f —
Do đó trái đất sẽ chịu cùng lực này, f - -

5 newton, in this direction.
5 N theo hướng này.

What is the earth going to do? Well, the earth is going to fall towards the apple—
Trái đất sẽ làm gì? Ồ, Trái đất sẽ đi về phía quả táo - -

f equals ma .
 f bằng ma .

So the force on the earth is the mass of the earth times the acceleration of the earth.

Vì vậy lực tác dụng trên trái đất bằng khối lượng của trái đất nhân gia tốc trái đất.

The force, we know, is 5.

Lực này như chúng ta đã biết, bằng 5.

We know the mass, 6 times 10 to the 24 so the acceleration will be 5 divided by 6 times 10 to the 24 which is about 8 times 10 to the minus 25 meters per second squared.

Chúng ta biết khối lượng là 6 nhân 10 mũ 24 vì vậy gia tốc sẽ là 5 chia cho 6 nhân 10 mũ 24 khoảng 8 nhân 10 mũ -25 mét trên giây bình phương.

How long will the earth fall? Well, the earth will fall roughly 4Ω seconds before they collide.

Trái đất sẽ rơi bao lâu? Ồ, Trái đất sẽ rơi khoảng 4.5 giây trước khi chúng chạm nhau.

How far does the earth move in the 4Ω seconds? Well, it moves one-half a earth t squared.

Trái đất sẽ di chuyển bao xa trong 4.5 giây? Ồ, nó di chuyển $\frac{1}{2} a t$ bình.

That's the distance that it moves.

Đó là khoảng cách mà nó di chuyển.

We know a and we know t squared, which is 20.

Chúng ta biết a và chúng ta biết t bình bằng 20.

One-half times 20 is 10 so that means this distance becomes that number times 10.

$\frac{1}{2}$ nhân 20 bằng 10 vì thế điều đó có nghĩa là khoảng cách này bằng số đó nhân 10.

It's about 8 times 10 to the minus 24 meters.

Nó cỡ 8 nhân 10 mũ -24 m.

The earth moves 8 times 10 to the minus 24 meters.

Trái đất di chuyển 8 nhân 10 trừ 24 m.

That, of course, is impossible to measure.

Tất nhiên, ta không thể đo được giá trị này.

But just imagine what a wonderful concept this is! When this ball falls back to me the earth and you and I and MIT are falling towards the ball.

Nhưng hãy tưởng tượng đây là khái niệm tuyệt vời làm sao! Khi quả bóng này rơi về phía tôi Trái đất và bạn và tôi và MIT đang rơi về phía quả bóng.

Every time that the ball comes down we're falling towards the ball.

Mỗi lần quả bóng rơi xuống, chúng ta sẽ rơi về phía quả bóng.

Imagine the power I have over you and over the earth!

Hãy tưởng tượng sức mạnh của bạn và Trái đất

But you may want to think about this—
Nhưng có lẽ bạn muốn nghĩ về điều này - -

if I throw the ball up, going to be away from the earth I'll bet you anything that the earth will also go away from the ball.

Nếu tôi ném quả bóng lên, đi xa Trái đất tôi cá với bạn rằng Trái đất cũng sẽ đi xa quả bóng.

So as I do this, casually playing—
VẬY khi tôi làm điều này, trò chơi mai rủi - -

believe me, man, what a glorious feeling it is--

hãy tin tôi, các bạn, đó là cảm giác tự hào làm sao - -

earth is going down, earth is coming towards the ball.
Trái đất sẽ đi xuống, trái đất đang đi về phía quả bóng.

The earth is going down and I'm part of the earth and I'm shaking this earth up and down by simply playing with this ball.

Trái đất đang đi xuống và tôi ở phần nào đó trên trái đất và tôi đang lắc trái đất lên xuống bằng cách đơn giản là chơi với quả bóng này.

That is the consequence of Newton's Third Law even though the amount by which the earth moves is, of course, too small to be measured.

Đó là hệ quả của định luật III Newton cho dù sự di chuyển của Trái đất quá nhỏ để được phát hiện.

I now want to work out with you a rather detailed example of something in which we combine what we have learned today—

Bây giờ tôi muốn cùng bạn xét một ví dụ chi tiết hơn trong đó chúng ta kết hợp những gì mà chúng ta đã học hôm nay.

a down-to-earth problem—
bài toán thiết thực - -

the kind of a problem that you might see on an exam or on an assignment.
Một loại bài toán mà bạn có thể gặp trong bài thi hoặc bài tập về nhà.

We hang an object on two strings and one string makes an angle of 60 degrees with the vertical and the other makes an angle of 45 degrees with the vertical.

Chúng ta treo một vật trên 2 lò xo và một lò xo tạo một góc 60 độ với phương thẳng đứng và cái kia tạo một góc 45 độ với phương thẳng đứng.

So this is the one that makes an angle...

Vì vậy đây là cái tạo ra góc

oh, 60 degrees with the horizon, 30 degrees with the vertical and this one, 45 degrees.

Oh, 60 độ với phương ngang, 30 độ với phương thẳng đứng và cái này, 45 độ.

Let's assume that the strings have negligible mass.

Hãy giả sử rằng lò xo có khối lượng không đáng kể.

So they are attached here to the ceiling and I hang here an object, m .

Vì vậy chúng được gắn lên trần nhà và tôi treo một vật khối lượng m ở đây.

Well, if there's an object m for sure there will be a force mg , gravitational force.

Ồ, nếu có một vật m chắc chắn sẽ có lực mg , lực trọng trường.

This object is hanging there, it's not being accelerated so the net acceleration must be zero.

Vật thể này đang treo ở đó, nó không được gia tốc vì vậy gia tốc toàn phần phải bằng 0.

And so one string must be pulling in this direction and the other string must be pulling in this direction so that the net force on the system is zero.

Và vì vậy một lò xo phải kéo theo hướng này và lò xo còn lại phải kéo theo hướng này sao cho lực tổng hợp trên hệ bằng 0.

Let's call this pull, for now, " T_1 ." We'll call that the tension in the string and we call the tension in this string " T_2 ."

Bây giờ hãy gọi lực kéo này là "T1". Chúng ta sẽ gọi đó là lực căng trên lò xo và chúng ta gọi lực căng trên lò xo này là "T2."

And the question now is how large is T1 and how large is T2? There are various ways you can do this.

Và bây giờ câu hỏi là T1 và T2 bằng bao nhiêu? Bạn có thể tính nó theo nhiều cách khác nhau.

One way that always works—

Một cách mà luôn luôn đúng - -

pretty safe—

Rất an toàn - -

you call this the x direction.

Bạn gọi đây là hướng x.

You may choose which direction you call "plus." I call this plus, I call this negative.

Chúng ta có thể chọn hướng nào mà bạn gọi là "cộng." tôi gọi cái này là cộng, tôi gọi cái này là trừ.

And you could call this the y direction and you may call this plus and this negative.

I know, from Newton's Second Law--

Và bạn có thể gọi cái này là hướng y và bạn có thể gọi cái này là cộng và cái này là trừ.

Từ định luật II Newton, tôi biết - -

F equals ma—
F bằng ma - -

that there is no acceleration, so this must be zero so the sum of all forces on that mass must be zero.

không có gia tốc, vì vậy cái này phải bằng 0 vì vậy tổng của tất cả các lực tác dụng trên vật phải bằng 0.

These three forces must eat each other up, so to speak.
Ba lực này phải triệt tiêu lẫn nhau, ấy là nói như vậy.

Well, if that's the case, then the sum of all forces in the x direction must also be zero because there's no acceleration in the x direction and the sum of all forces in the y direction must be zero.

Ồ, nếu điều đó đúng thì tổng của tất cả các lực theo hướng x cũng phải bằng 0 vì không có gia tốc theo hướng x và tổng của tất cả các lực theo hướng y cũng phải bằng 0.

And so I am going to decompose them—

Và vì vậy tôi sẽ phân tích chúng - -

something we have done before.

Điều này bạn đã làm từ trước.

I am going to decompose the forces into an x and into a y direction.
Tôi sẽ phân tích lực theo hướng x và theo hướng y.

So here comes the x component of T1 and its magnitude is T1 times the cosine of 60 degrees.

Vì vậy ở đây là thành phần x của T1 và độ lớn của nó là T1 nhân cos 60 độ.

Now I want to know what this one is.
Bây giờ tôi muốn biết cái này bằng bao nhiêu.

This one is T1 times the sine of 60 degrees.
Cái này bằng T1 nhân sin 60 độ.

This projection, T2, cosign 45 degrees and the y component, T2 times the sine of 45 degrees.

Hình chiếu này, T2, cos 45 độ và thành phần y, T2 nhân sin 45 độ.

So we go into the x direction.
Vì vậy chúng ta xét hướng x.

In the x direction I have T1 cosign 60 degrees minus T2 cosign 45 degrees equals zero--

Trong hướng x tôi có T1 cos 60 độ - T2 cos 45 độ bằng 0 - -
that's one equation.

Đó là một phương trình.

The cosine of 60 degrees is one-half and the cosine of 45 degrees is one-half square root two.

Cos 60 độ là $\frac{1}{2}$ và cos 45 độ là căn hai trên 2.

Now I go to the y direction.
Bây giờ tôi xét hướng y.

This is plus, this is minus, so we get one component here which is T_1 times the sine of 60 degrees plus T_2 times the sine of 45 degrees minus mg .

đây là cộng, đây là trừ, vì vậy chúng ta nhận được một thành phần ở đây là T_1 nhân sin 60 độ cộng T_2 nhân sin 45 độ trừ mg .

It's in the opposite direction--

must be zero.

Nó ngược hướng - - phải bằng 0.

That's my second equation.

Đó là phương trình thứ hai của tôi.

The sine of 60 degrees equals one-half the square root three and the sine of 45 degrees is the same as the cosine one-half square root two.

Sin 60 độ bằng căn ba trên hai và sin 45 độ giống như cos bằng căn hai trên 2.

Notice I have two equations with two unknowns.

Chú ý tôi có hai phương trình với hai biến.

If you tell me what m is I should be able to solve for T_1 and for T_2 .
Nếu biết m tôi có thể tìm được T_1 và T_2 .

In fact, if we add them up it's going to be very easy because we lose this because we have both one-half square root two.

Quả thực, nếu chúng ta cộng chúng sẽ rất dễ vì chúng ta mất cái này vì chúng ta có hai cái căn hai trên hai.

And so you see immediately here that one-half times T_1 plus one-half square root three times T_1 equals mg and so you find that the tension 1 equals two mg divided by one plus the square root of three.

Và vì vậy ngay lập tức bạn thấy ở đây rằng $\frac{1}{2}$ nhân T_1 cộng căn ba trên hai nhân T_1 bằng mg và vì vậy bạn tìm được lực căng 1 bằng $2 mg$ chia cho 1 cộng căn hai của 3.

I can go back now to this equation—
Bây giờ tôi có thể quay lại phương trình này - -

T_1 times one-half equals T_2 times one-half square root of two.
 T_1 nhân $\frac{1}{2}$ bằng T_2 nhân căn hai trên hai.

I lose my half and so T_2 equals T_1 divided by the square root of two.
Đơn giản $\frac{1}{2}$ và vì vậy T_2 bằng T_1 chia cho căn bậc hai của hai.

So the bottom line is, you tell me what m is I'll tell you what T_1 is and I'll tell you what T_2 is.

Vậy dòng dưới là, bạn cho tôi m là bao nhiêu tôi sẽ cho bạn biết T_1 là bao nhiêu và tôi sẽ cho bạn biết T_2 là bao nhiêu.

Suppose we take a mass of four kilograms—
Giả sử chúng ta chọn khối lượng là 4 kg - -

m equals four kilograms, so mg is about 40 if we make g ten for simplicity.

m bằng 4 kg, vậy mg khoảng 40 nếu chúng ta lấy g bằng 10 cho đơn giản.

Then T_1 , if you put in the numbers, is about 29.3 and T_2 ...

Do đó T_1 , nếu bạn viết ra số khoảng 29.3 và T_2

29.3 newtons and T_2 is about 20.7 newtons, I believe.

29.3 N và T_2 khoảng 20.7 N, tôi tin như vậy.

It's very difficult to rig this up as an experiment but I've tried that.

Rất khó để lắp ráp một thực nghiệm giống như thế này nhưng tôi đã thử làm.

I'll show you in a minute.

Tôi sẽ chỉ cho bạn trong một phút.

I want you to know that there is another method which is perhaps even more elegant and which you may consider in which there is no decomposition in the two directions.

Tôi muốn bạn biết rằng có một phương pháp khác hay hơn và trong phương pháp đó

bạn có thể xem là không cần phân tích thành hai thành phần.

Here is mg —

Đây là mg - -

that's a given.

Cái đó đã biết.

And we know that the other directions are also given--

Và chúng ta biết những hướng còn lại cũng đã cho - -
this angle of 30 degrees here and this angle of 45 degrees.
Góc 30 độ này ở đây và góc này 45 độ.

If these two forces must cancel out this one why don't I flip this one over? Here it comes.

Nếu hai lực này triệt tiêu cái này thì tại sao tôi không đảo cái này lên trên? Đây

I flip it over.

Tôi đảo nó lên.

There it is.

Vậy đó.

T_1 and T_2 now, together, must add up to this one.
Bây giờ T_1 và T_2 cộng với nhau phải bằng cái này.

Then the problem is solved, then the net force is zero.
Thì bài toán được giải, lúc đó lực toàn phần bằng 0.

Well, that's easy--
Ồ, điều đó dễ - -
I do this.
Tôi làm cái này.

And now I have constructed a complete fair construction of T1 and of T2.

Và bây giờ tôi đã xây dựng một cấu trúc hoàn toàn hợp lí của T1 và T2.

No physics anymore now, it's all over.

Bây giờ không cần phân tích hiện tượng vật lí nữa, thế là xong.

You know this angle here, 45 degrees, so this is 45 degrees.

Bạn biết góc này ở đây, 45 độ, vì vậy đây là 45 độ.

This is 30, this is 30.

Đây là 30, đây là 30.

You know all the angles and you know this magnitude is mg so it's a high school problem.

Bạn biết tất cả các góc và bạn biết độ lớn này là mg vì vậy nó là bài toán phổ thông.

You have a triangle with all the angles and one side;
Bạn có một hình tam giác với tất cả các góc và một cạnh đã biết;

you can calculate the other sides and you should find exactly the same answer, of course.

Bạn có thể tính ở vế còn lại và tất nhiên bạn sẽ tìm kết quả chính xác.

We made an attempt to rig it up.
Chúng ta sẽ cố gắng thiết kế một hệ thống mô tả bài toán này.

How do we measure tension? Well, we put in these lines, scales, tension meters and that is problematic, believe me.

Chúng ta đo lực căng như thế nào? Chúng ta đưa vào thước, cân, đồng hồ đo lực căng và điều đó mơ hồ, hãy tin tôi.

We put in here a tension meter, we put in here a tension meter and the bottom one, we hang on a string with a tension meter and then here we put four kilograms.
Chúng ta đưa vào đồng hồ đo lực căng, chúng ta đưa vào đây đồng hồ đo lực căng và cái phía dưới chúng ta treo trên lò xo đồng hồ đo lực căng và sau đó ở đây chúng ta đặt 4 kg.
These scales are not masses.

Những thiết bị đo này không có khối lượng.

That's already problematic.

Điều đó không cần phải bàn rồi.

The scales are not very accurate so we may not even come close to these numbers.

Những thiết bị đo này không rất chính xác vì vậy có lẽ chúng ta thậm chí không thể đạt được những số này.

For sure, if I put four kilograms here then I would like this one to read 40 newtons or somewhere in that neighborhood depending on how accurate my meters are.

Chắc chắn, nếu tôi đặt 4 kg ở đây thì tôi muốn cái này chỉ 40 N hoặc trong khoảng lân cận đó phụ thuộc vào đồng hồ của tôi chính xác như thế nào.

These are springs, and the springs extend and when the springs extend, you see a handle...

Những cái này là lò xo, và các lò xo căng ra và khi lò xo căng ra, bạn sẽ thấy một cái cần.....

a hand go.

Một cái tay đi.

You can clearly see how that works because if there is a force on that bottom scale in this direction, which is mg , and it's not being accelerated then the string must pull upwards and so...

Rõ ràng bạn có thể hiểu cái đó làm việc như thế nào bởi vì nếu có lực ở các đồng hồ bên dưới theo hướng này, bằng mg , và nó không được tăng tốc thì lò xo phải kéo lên và vì vậy.....

in order to make the net force zero.

Để làm cho lực tổng hợp bằng 0.

And if you have a pull down here and you have a pull up here and you have in here a spring then you see you have a way of measuring that force.

Và nếu bạn có một sự kéo xuống ở đây và có sự kéo lên ở đây và ở đây bạn có một lò xo thì bạn sẽ thấy bạn có cách đo lực đó.

We often do that--

Chúng ta thường làm điều đó - -

we measure with springs the tension in strings.
Chúng ta đo với lò xo lực căng trong lò xo.

For whatever it's worth, I will show you what we rigged up.

Cho dù nó khó, nhưng tôi sẽ chỉ cho bạn những gì chúng tôi lắp ráp.

Now a measurement without knowledge of uncertainties is meaningless—
Bây giờ một phép đo mà không hiểu về phạm vi sai số là vô nghĩa.

I told you that.
Tôi đã bảo bạn điều đó.
So maybe this is meaningless, what I am going to do now.

Vì vậy có lẽ những việc tôi sắp làm bây giờ là vô nghĩa.

Let me do something meaningless for once.

Hãy để tôi làm việc vô nghĩa một lần.

And remember, when I show it, you can always close your eyes so that you haven't seen it.
Và hãy nhớ, khi tôi biểu diễn nó, bạn luôn luôn có thể nhắm mắt lại để không thấy nó.

So we have here something that approaches this 60 degrees and this approaches the 45 degrees and we're going to hang four kilograms at the bottom.

Vì vậy ở đây chúng ta có một cái tiến đến góc 60 độ này và cái này tiến đến 45 độ và chúng ta sẽ treo 4 kg ở dưới.

There it is, and here it is.

Vậy đó.

All right, this one--
Được rồi, cái này - -
it's not too far from 40.
Nó quá lệch so với 40.

It's not an embarrassment.
Nó không phải là điều làm lúng túng.

This one is not too far from 20.7.

Cái này quá lệch so với 20.7.

This one is a bit on the low side.

Cái này hơi thấp một ít.

Maybe I can push it up a little.

Có lẽ tôi sẽ đẩy nó lên một ít.

I think that's close to 30;
Tôi nghĩ đó là gần 30;

it's not bad.
Không tệ.

So you see, it's very difficult to get these angles right but it's not too far off.

Vì vậy bạn thấy, rất khó để có những góc này đúng nhưng nó không lệch nhiều.

So let's remove this again because this will block your view.

Vậy hãy di chuyển cái này một lần nữa vì chúng sẽ hạn chế tầm nhìn của bạn.

These scales were calibrated in newtons, as you could see.

Những đồng hồ này được định cỡ theo N, như bạn đã thấy.

Now we come to something very delicate.

Bây giờ chúng ta đến một thứ dễ vỡ.

Now I need your alertness and I need your help.
Bây giờ tôi cần độ nhạy của bạn và tôi cần sự giúp đỡ của bạn.

I have a block—

Tôi có một khối - -

you see it there—

bạn thấy nó ở đó - -

and that block weighs two kilograms.
Và khối đó nặng 2 kg.

A red block.

Khối màu đỏ.

So here it is.
Đây.

It's red.
Nó màu đỏ

And I have two strings.
Và tôi có hai sợi dây.

It's hanging from a black string here and a black string there.

Treo dây đen ở đây và một dây đen ở đó.

Ignore that red string, that is just a safety.

Bỏ qua dây đỏ này, đó chỉ là an toàn.

But it's a very thin thread here and here.
Dây có thể bị đứt ở đây và ở đây.

And they are as close as we can make them the same.

Và khả năng đó gần như nhau khi chúng ta có thể làm cho chúng giống nhau

They come from the same batch.

Chúng đến từ cùng một mẻ.

This one has a mass of two kilograms and this string has no mass.
Cái này có khối lượng 2 kg và dây này không có khối lượng.

This is two kilograms.
Đây là 2 kg.

So what will be the tension in the upper string which is string number one? This is string number two.

Lực căng của dây phía trên là bao nhiêu dây số 1? Đây là dây số 2.

Well, this string must be able to carry this two kilograms so the tension has to be 20 newtons.

Ồ, dây này phải có khả năng mang 2 kg này vì vậy sức căng phải là 20N

So you will find here the tension—

Vì vậy bạn sẽ tìm được lực căng ở

đây - -

call it T1—

gọi nó là T1 - -

which is about 20 newtons.
Nó khoảng 20 N.

So it's pulling up on this object.
Vì vậy nó đang kéo vật thể này.

It's also pulling down from the ceiling, by the way.

Vật cũng đang kéo trần nhà xuống.

Think about it, it's pulling from the ceiling.

Nghĩ về điều đó, nó kéo trần nhà xuống.

The tension is here, 20 newtons.

Lực căng ở đây là 20 N.

We could put in here one of these scales and you would see approximately 20 newtons.

Chúng ta có thể đặt tại đây một trong những đồng hồ đo này và bạn sẽ thấy nó chỉ khoảng 20 N.

What is the tension here? Well, the tension here is very close to zero.

Lực căng ở đây là bao nhiêu? Ồ, lực căng ở đây gần bằng 0.

There's nothing hanging on it and the string has no weight so there's no tension there—

Không có gì treo trên nó và dây không có khối lượng vì vậy không có lực căng ở đó.

you can see that.

Bạn có thể thấy điều đó.

Now I am going to pull on here and I'm going to increase the tension on the bottom one until one of the two breaks.

Bây giờ tôi sẽ kéo lên đây và tôi sẽ tăng lực kéo phía dưới cho đến khi một trong hai dây đứt.

So this tension goes up and up and therefore, since this object is not being accelerated—

vậy lực căng này tăng dần và do đó, vì vật này không có gia tốc

we're going to get a force down now on this object—

bây giờ chúng ta sẽ nhận được một lực hướng xuống trên vật này - -

this tension must increase, right? You see that? If I have a force on this one...

lực căng này phải tăng, đúng không? Bạn thấy điều đó không? Nếu tôi có một lực trên cái này

so there's a force here, and there is mg then, of course, this string must now be mg plus this force.

Vậy có một lực ở đây, và có mg , tất nhiên bây giờ dây này phải là mg cộng lực này.

So the tension will go up here and the tension will go up here.

Vì vậy ở đây lực căng sẽ tăng và lực căng ở đây cũng sẽ tăng.

The strings are as identical as they can be.

Hai dây làm bằng vật liệu giống nhau.

Which of the strings will break first? What do you think?

Dây nào sẽ đứt đầu tiên? Bạn nghĩ sao?

LEWIN: Excuse me?

Sao?

[student answers unintelligibly]

I can't hear you.

Tôi chưa nghe.

STUDENT: The one on top.

SV: cái ở trên

LEWIN: The one on top.

Lewin: cái ở trên.

Who is in favor of the one on top? Who says no, the bottom one?

Ai thích cái ở trên? Ai nói không, cái ở dưới?

[Student answers unintelligibly]

LEWIN: Who says they won't break at all? Okay, let's take a look at it.

Lewin: Ai nói chúng không đứt? Vâng, hãy xét nó.

The one on top—

Cái ở trên - -

that's the most likely, right? Three, two, one, zero.

Điều đó có vẻ đúng? Phải không? Ba, hai, một,

không.

The bottom one broke.

Dây ở dưới đứt.

My goodness.
Trời.

Newton's Second Law is at stake.

Định luật II Newton đang lâm nguy

Newton's Third Law is at stake.

Định luật III Newton đang lâm nguy.

The whole world is at stake! Something is not working.
Toàn bộ thế giới đang lâm nguy! Có gì đó sai.

I increased tension here, this one didn't break.

Tôi tăng lực căng ở đây, dây này không đứt.

This one's stronger, perhaps.

Có lẽ cái này mạnh hơn.

No, I don't cheat on you;
Không, tôi không lừa bạn
I'm not a magician.

Tôi không phải là nhà ảo thuật.

I want to teach you physics.
Tôi muốn dạy bạn vật lí.

Did we overlook something? You know, I'll give you a second chance.

Chúng ta đã thấy được điều gì đó phải không? Bạn biết đó, tôi sẽ cho bạn cơ hội thứ hai.

We'll do it again.

Chúng ta sẽ làm lại lần nữa.

Let's have another vote.
Chúng ta hãy đưa ra biểu quyết khác.

So I'll give you a chance to change your minds.

Vậy tôi sẽ cho bạn cơ hội để thay đổi suy nghĩ của bạn

It's nothing wrong in life, changing your mind.

Không có gì sai trong cuộc sống, hãy thay đổi cách suy nghĩ của bạn.

It's one of the greatest things that you can do.

Đó là một trong những điều tuyệt vời nhất mà

bạn có thể làm.

What do you think will happen now? Who is in favor still of the top one? Seeing is believing.

Bây giờ bạn nghĩ điều gì sẽ xảy ra? Ai vẫn còn thích cái trên? Nhìn thấy sẽ tin.

You still insist on the top one? Who is now in favor of the bottom one? Ah, many of you got converted, right? Okay, there we go.

Bạn vẫn còn khẳng khẳng là cái trên? Bây giờ ai thích cái dưới? Ah, nhiều bạn đã thay đổi ý kiến, đúng không? Vâng, đây rồi.

Three, two, one, zero.

Ba, hai, một, không

The top one broke.

Cái trên đứt.

So some of you were right.

Vậy một số bạn đã đúng.

Now I'm getting so confused.

Bây giờ tôi cảm thấy lúng

túng.

I can't believe it anymore.
Tôi không tin vào cái gì nữa.

First we argued that the top one should break but it didn't—
Đầu tiên chúng ta biện luận rằng cái trên đứt nhưng nó không
đứt

the bottom one broke.

Cái dưới đứt

Then we had another vote and then the top one broke.
Và rồi chúng ta lại nói cách khác và sau đó cái trên đứt.

Is someone pulling our leg? I suggest we do it one more time.
Ai đó đang kéo chân tôi? Tôi đề nghị chúng ta làm nó lần nữa.

I suggest we do it one more time and whatever's going to happen, that's the winner.
Tôi đề nghị chúng ta làm nó lần nữa và cho dù điều gì xảy ra, đó cũng là người chiến
thắng.

If the top one breaks, that's the winner.
Nếu cái trên đứt, đó là người chiến thắng.

If the bottom one breaks, well, then, we have to accept that.

Nếu cái dưới gãy, ồ, chúng ta phải chấp nhận điều đó.

But I want you to vote again.

Nhưng tôi muốn các bạn biểu quyết một lần nữa.

I want you to vote again on this decisive measurement whether the top one will
break first or the bottom one? Who is in favor of the top one?
Tôi muốn các bạn biểu quyết lần nữa trong phép đo quyết định này cho dù cái trên
sẽ đứt trước hay cái dưới? Ai nói cái trên?

Many of you are scared, right? You're not voting anymore!
Nhiều người sợ, đúng không? Các bạn không chọn cái nào cả!

[class laughs]

