

[www.mientayvn.com](http://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 IV.

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 4

Today, we're going to take it quite easy.  
Hôm nay, chúng ta sẽ học rất thoải mái.

I also have to take it a little easy because my voice may be petering out, if I'm not careful.

I cũng không làm việc quá căng thẳng vì tôi bị tắt tiếng rồi, nếu tôi không cẩn thận.

We're going to apply today what we have learned, so there is nothing new but its applications.

Hôm nay chúng ta sẽ áp dụng những gì chúng ta đã học, vì vậy không có gì mới mà chỉ là các ứng dụng.

And that's important—

Và chúng rất quan trọng - -

things that... you can let it sink in.

nhưng các bạn thường bỏ qua nó.

We have here a trajectory of a golf ball or a tennis ball in 26.100.

Ở đây chúng ta có quỹ đạo của một quả bóng gôn hoặc quả bóng tennis trong

26.100.

We shoot it up at an angle alpha.

Chúng ta bắn nó lên với một góc alpha nào đó.

The horizontal component in the x direction is  $v \cos \alpha$  and the vertical component is  $v \sin \alpha$ .

Thành phần ngang theo hướng x là  $v \cos \alpha$  và thành phần thẳng đứng là  $v \sin \alpha$ .

It reaches the highest point at P and it returns to the ground at point S.

Nó đạt đến điểm cao nhất P và nó rơi xuống đất tại S.

This is the increasing y direction and this is the increasing x direction.

Đây là chiều tăng trên trục y và đây là chiều tăng trên trục x.

We're going to use, very heavily, the equations that you see here that are so familiar with us.

Chúng ta sẽ dùng rất nhiều những phương trình này, chúng rất quen thuộc.

These are the one-dimensional equations in x direction where there is no acceleration and the one-dimensional equations in the y direction where there is acceleration.

Đây là những phương trình một chiều theo hướng x không có gia tốc và những phương trình một chiều theo hướng y, hướng này có gia tốc.

In order to use these equations we need all these constants—  
Để dùng những phương trình này chúng ta cần tất cả những hằng số này - -

$x$  zero,  $v_x$  zero and  $v_y$  zero.

$x$  không,  $v_x$  không và  $v_y$  không.

We have seen those last time.

Chúng ta đã thấy những cái này lần trước.

I choose for  $x$  zero...

Tôi chọn  $x$  không ....

I choose zero arbitrarily.

Tôi chọn không tùy ý.

Also for  $y$  zero.

Tương tự đối với  $y$  không.

The velocity in the  $x$  direction will never change.

Vận tốc theo hướng  $x$  sẽ không bao giờ thay đổi.

This  $v_x$  will always remain  $v \cos \alpha$ .  
 $v_x$  này sẽ luôn luôn bằng  $v \cos \alpha$ .

The velocity in the  $y$  direction, however, in the beginning at  $t=0$  is  $v \sin \alpha$ .

Tuy nhiên, vận tốc theo hướng  $y$ , tại thời điểm  $t=0$  là  $v \sin \alpha$ .

And that one will change, because there is here this  $t$  and that's why the velocity is going to change.

Và nó sẽ thay đổi, bởi vì ở đây có  $t$  này và đó là lí do tại sao vận tốc sẽ thay đổi.

This  $t$  will do it.

$t$  này sẽ làm cho nó thay đổi.

And the acceleration in the  $y$  direction—

Và gia tốc theo hướng  $y$  - -

since this is increasing value of  $y$ —

bởi vì đây là chiều tăng của  $y$  - -

is going to be negative  $9.8$ .  
sẽ là  $-9.8$ .

Since I call always  $9.8$  plus...

Bởi vì tôi luôn luôn gọi  $9.8$  cộng ...

since I always call  $g$  "plus  $9.8$ ," this is minus  $g$ .

Bởi vì tôi luôn luôn gọi  $g$  là " $+9.8$ ," nên đây phải là  $-g$ .

I now want to ask first the question that you may never have seen answered: what is the shape of this? Well, we can go to equation number three there and we can write down this equation number three: That  $y$ , as a function of time, equals  $v \sin \alpha t - \frac{1}{2} g t^2$  so it is  $v \sin \alpha t - \frac{1}{2} g t^2$ .

Bây giờ tôi hỏi câu hỏi đầu tiên mà có lẽ bạn chưa bao giờ trả lời: Hình dạng của quỹ đạo này là gì? Ồ, chúng ta có thể xét phương trình số 3 đó và chúng ta có thể viết ra

phương trình số 3 này:  $y$  như hàm theo thời gian, bằng  $v \sin \alpha t - \frac{1}{2} g t^2$  vì vậy nó là  $v$

không  $\sin \alpha$  nhân  $t - \frac{1}{2} g t^2$ .

không  $\sin \alpha$  nhân  $t - \frac{1}{2} g t^2$ .

That's the equation in  $y$ .

Đó là phương trình của  $y$ .

I go to equation number one and I write down  $x$ —

Tôi xét phương trình số 1 và tôi phương trình của  $x$

theo  $t$  - -

at any moment in time—

Tại bất kì thời điểm nào - -

equals  $v \cos \alpha$  times  $t$  so that is  $v \cos \alpha$  times  $t$ .  
bằng  $v \cos \alpha$  nhân  $t$  vì vậy nó là  $v \cos \alpha$  nhân  $t$ .

Now I eliminate  $t$ , and the best way to do that is to do it here—

Bây giờ, tôi khử  $t$ , và cách tốt nhất để làm điều đó là làm nó ở đây - -

to write for  $x$ ,  $x$  divided by  $v \cos \alpha$ .

Viết theo  $t$ ,  $x$  chia  $v \cos \alpha$ .

Now I can drop all subindexes  $t$  because we're now going to see  $x$  versus  $y$ .

Bây giờ tôi có thể bỏ tất cả các chỉ số dưới  $t$  bởi vì bây giờ chúng ta sẽ thấy  $x$  theo  $y$

We're going to eliminate  $t$ .

Chúng ta sẽ khử  $t$ .

So this time here, I'm going to substitute in here and in there and so I'm going to get  $y$  equals...

Vì vậy ở đây lúc này, tôi sẽ thế vào đây và trong đó và vì vậy tôi sẽ có  $y$  bằng ...

There's a  $v$  here and there's a  $v$  there that cancels.  
Có  $v$  không ở đây và có  $v$  không ở đó nên chúng sẽ triệt tiêu nhau.

There's a sine  $\alpha$  here and a cosine  $\alpha$  there that makes it a tangent of  $\alpha$ .

Có sin  $\alpha$  ở đây và cos  $\alpha$  ở đó nên ta sẽ có tang  $\alpha$ .

And then I have here the  $x$  and I get minus one-half  $g$  times this squared—

Và do đó ở đây tôi có  $x$  và tôi có  $-1/2 g$  nhân cái này bình phương - -

$x^2$  divided by  $v^2 \cos^2 \alpha$ .  
 $x^2$  bình chia  $v^2 \cos^2 \alpha$  bình.

And now look very carefully.

Và bây giờ hãy xem xét cẩn thận.

$y$  is a constant times  $x$  minus another constant times  $x$  squared.  
y bằng hằng số nhân  $x$  trừ hằng số khác nhân  $x$  bình.

That is a parabola.  
Đó là một parabol.

It's a second-order equation in  $x$ , and is a parabola and a parabola has this shape.

Nó là phương trình bậc hai theo  $x$ , và là parabol và parabol có hình dạng này.

So you so see now, by eliminating the time that we have here a parabola.

Vì vậy bây giờ bạn sẽ thấy, bằng cách khử  $t$  chúng ta có ở đây một parabol.

Now I want to massage this quite a bit further today.  
Hôm nay tôi muốn tìm hiểu thêm về chuyển động này.

I would like to know at what time the object here comes to a halt to its highest point.  
Tôi muốn biết tại thời điểm nào thì vật thể đến điểm cao nhất trên quỹ đạo chuyển động parabol.

It comes to a halt in the  $y$  direction.  
đến điểm cao nhất theo trục  $y$ .  
It comes to a highest point and I want to know how high that is.  
Nó đến điểm cao nhất và tôi muốn biết cái đó cao bao nhiêu.

Well, the best way to do is to go to equation four and you say, to equation four, "When are you zero?" Because that is the moment that the velocity in the  $y$  direction becomes zero.

Cách tốt nhất để làm là đến phương trình 4 và bạn nói, ê phương trình 4, "mày = 0 ở đâu?" Vì đó là lúc vận tốc theo hướng  $y$  bằng 0.

It must be at its highest point, then.  
Vật thể sẽ ở điểm cao nhất.

So in order to find, for us, the position of the highest point  $P$  we first ask ourselves the question from equation number four: when is the velocity in the  $y$  direction zero? And that then becomes  $v \sin \alpha - gt = 0$  which is  $v \sin \alpha = gt$  and out pops that  $t$  at point  $P$  is going to be  $v \sin \alpha$  divided by  $g$ .

Vì vậy đối với chúng ta, để tìm vị trí điểm cao nhất  $P$  đầu tiên chúng ta phải tự hỏi từ phương trình số 4: Khi nào vận tốc bằng 0 theo hướng  $y$ ? và do đó  $v \sin \alpha = gt$  và  $t$  không  $v \sin \alpha$  trừ  $gt$  bằng 0 tương đương  $t$   $P$  sẽ bằng  $v \sin \alpha$  chia cho  $g$ .

That's the time that it takes for the object to reach the highest point.

Đó là thời gian cần thiết để vật thể đến vị trí cao nhất.

Where is it, then? What is the highest point above the ground? Well, now we have to go to equation number three and you have to substitute this time in there so that highest point  $h$ , which is  $y$  at the time  $t$  of  $P$  equals  $v \sin \alpha t - \frac{1}{2}gt^2$

Vậy lúc đó nó ở đâu? Vị trí cao nhất cách mặt đất là bao nhiêu? Ồ, bây giờ chúng ta phải đến phương trình số 3 và thế thời gian này vào đó vì thế điểm cao nhất đó  $h$  là  $y$  tại thời điểm  $t$   $P$  bằng  $v \sin \alpha t - \frac{1}{2}gt^2$

that is  $v \sin \alpha$  times the sine of  $\alpha$ .  
Đó là  $v \sin \alpha$  nhân  $\sin \alpha$ .

But you have to multiply it by this time and so I get another  $v \sin \alpha$  and I get a  $g$  here minus  $gt$  mi...

Nhưng bạn phải nhân nó với thời gian này và vì vậy tôi có  $v \sin \alpha$  khác và tôi có  $g$  ở đây trừ  $gt$  mi

oh, no, no, this equa...

oh, ko, ko, phương trình này.....

minus half  $gt^2$ , minus one-half  $g$  times this one squared which is  $v \sin \alpha$  squared, divided by  $g$ ...

trừ  $\frac{1}{2} gt^2$  bình, trừ  $\frac{1}{2} g$  nhân cái này bình, bằng  $v \sin \alpha$  bình chia cho  $g$ .

divided by  $g$  squared because there is a  $g$  here, you see? So you square the whole thing if it's  $t^2$ .

Chia cho  $g$  bình bởi vì ở đây có  $g$ , bạn hiểu không? Vì vậy bạn bình phương toàn bộ cái này nếu  $t$  của nó bình phương.

You lose one  $g$  and you will find, then, that the highest point—

Bạn mất một cái  $g$  và rồi bạn sẽ tìm được điểm cao nhất đó - -

let's write it down here so that we don't block that blackboard—

Vì vậy chúng ta viết ra ở đây để cho chúng ta không làm trở ngại bảng đó

the highest point in the sky equals  $v \sin \alpha$  squared divided by  $2g$ .

Điểm cao nhất bằng  $v \sin \alpha$  bình chia cho  $2g$ .

That is the highest point.  
Đó là điểm cao nhất.

Let's give that some color because we may want to keep that.  
Chúng ta hãy cho nó một màu nào đó bởi vì chúng ta sẽ còn dùng nó.

Is it reasonable that the point, the highest point in the sky gets higher when  $v$  zero is higher? Of course.  
Có phải điểm cao nhất trong quỹ đạo chuyển động sẽ càng cao hơn nếu  $v$  không càng lớn hơn? Tất nhiên.

If I shoot it up at a higher speed of course it will get higher.

Nếu tôi bắn nó lên với vận tốc lớn hơn thì tất nhiên nó sẽ đi cao hơn

So that's completely intuitive that  $v$  zero is upstairs.

Vậy điều đó là hoàn toàn trực giác  $v$  không ở tử số.

If I increase the angle from a small angle to larger and larger and larger is it reasonable that it will get higher? Of course.  
Nếu tôi tăng góc từ nhỏ đến lớn hơn, lớn dần thì nó sẽ càng đi lên cao đúng không? Tất nhiên.

You all feel in your stomach that the highest possible value you can get is when you make alpha 90 degrees for a given velocity.

Tất cả các bạn nghĩ trong bụng mình rằng giá trị cao nhất mà bạn có thể có là khi bạn ném vật với góc alpha bằng 90 độ đối với một vận tốc cho trước.  
That's the highest it will go in the sky.

Đó là vị trí cao nhất nó sẽ đến trên trời.

So clearly, this is also very pleasing.

Quá rõ ràng, cái này cũng rất dễ chịu.

If you did the experiment on the moon with the same initial speed, it will go much higher so you are also happy to see that this  $g$  here is downstairs.

Nếu bạn làm thí nghiệm trên mặt trăng với cùng vận tốc ban đầu, nó sẽ đi lên cao hơn vì vậy bạn cũng vui vẻ thấy rằng ở đây  $g$  này là mẫu số.

So that makes sense.

Vậy điều đó đúng.

At what time will the object be at point S? Now, there are two ways that you can do that.  
Vào lúc nào vật thể sẽ ở tại điểm S? Bây giờ có hai cách để tìm nó.

You either go to this equation, number three and you ask equation number three, "When are you zero?" It will give you two answers.  
Hoặc là bạn xét phương trình này, phương trình số 3 và bạn hỏi phương trình số 3, "khi nào mà bằng 0?" Nó sẽ cho bạn hai câu trả lời.



It will say, "I am zero here at this time" and "I am zero at that time." And those are the two times that you want and this is the one you pick.

Nó sẽ nói, "Tôi bằng 0 ở đây vào lúc này" và "tôi bằng 0 tại lúc đó." Và đây là hai lúc mà bạn muốn và đây là cái mà bạn thu được.

That's perfectly fine.

Điều đó quá hoàn hảo.

I think there's a faster way to do it, and that's the following.

Tôi nghĩ có cách nhanh hơn để làm nó, và cách đó như sau.

This is a parabola, so it's completely symmetric about the vertical, about P.

Đây là parabol và nó hoàn toàn đối xứng qua trục thẳng đứng và qua P

So to climb up from O to P must take the same amount of time as to go down from P to S and so I claim that the time to reach point S must be twice the time to reach point P and therefore it's going to be  $2v \sin \alpha$  divided by  $g$ .

Vì vậy để đi từ O đến P phải mất cùng khoảng thời gian khi đi xuống từ P đến S và vì vậy tôi khẳng định rằng thời gian để đến điểm S lớn gấp hai lần thời gian để đến P và do đó nó sẽ là  $2v \sin \alpha$  chia cho  $g$ .

But now we want to look again whether the  $v \sin \alpha$  and the sine alphas have the right place.

Bây giờ chúng ta muốn nhìn lại  $v \sin \alpha$  và  $\sin \alpha$  có đặt đúng chỗ không.

Indeed, if I increase the speed, I would expect it to take longer before it reaches S.

Quả thực, nếu tôi tăng vận tốc, tôi sẽ nghĩ nó mất nhiều thời gian hơn trước khi đến S.

If I give it a larger speed, it will come out farther and obviously, the time will take longer.

Nếu tôi cho nó tốc độ lớn hơn, nó sẽ đi xa hơn và hiển nhiên, thời gian sẽ dài hơn.

If I do it at a higher angle, it will also take longer and if I do it on the moon, it will also take longer.

Nếu tôi ném nó với góc lớn hơn, thời gian bay cũng sẽ lâu hơn và nếu tôi ném nó trên mặt trăng, thời gian sẽ lâu hơn.

So this makes sense—

Vì vậy biểu thức thời gian đó đúng - -

these equations are pleasing in terms of the rate that  $v \cos \alpha$  and  $v \sin \alpha$  appear in the equations.

Những phương trình này biến đổi tỉ lệ với  $v \cos \alpha$  và  $v \sin \alpha$  trong chúng.

But now comes an important point which I am going to use throughout this lecture. Nhưng bây giờ đến một điểm quan trọng mà tôi sẽ dùng trong suốt chương này.

I want to know what OS is.

Tôi muốn biết OS bằng bao nhiêu.

The distance OS... I shoot it up and it hits the floor again What is that distance that it travels? Well, for that, I need equation number one.

Khoảng cách OS... Tôi bắn nó lên và nó chạm sàn nhà trở lại, khoảng cách mà nó đã di chuyển là bao nhiêu? Ồ, để tìm nó, tôi cần phương trình số 1.

It is  $v \cos \alpha$  times the time and  $v \cos \alpha$  is  $v \cos \alpha$ .

Nó là  $v \cos \alpha$  nhân  $t$  và  $v \cos \alpha$  là  $v \cos \alpha$ .

We got  $v \cos \alpha$  times the time to hit it—

Chúng ta có  $v \cos \alpha$  nhân thời gian chạm nó - -

that is two  $v \sin \alpha$ .

Đó là  $2 v \sin \alpha$ .

So I get a two here, I get a  $\sin \alpha$ , and I get a  $g$  here and I have another  $v \cos \alpha$  there, and so the answer is a  $v^2 \sin 2\alpha$ —

Vì vậy tôi có 2 ở đây, tôi có  $\sin \alpha$ , và tôi có  $g$  ở đây và tôi có  $v \cos \alpha$  khác ở đó, và vì vậy kết quả là  $v^2 \sin 2\alpha$  - -

remember,  $2 \cos \alpha \sin \alpha$  is the sine of two alpha--

divided by  $g$ .

Hãy nhớ rằng,  $2 \cos \alpha \sin \alpha$  là  $\sin 2\alpha$  - -

Chia cho  $g$ .

And this is OS, and I'm going to need this a lot.

Và đây là OS, và tôi sẽ cần nó nhiều.

This reminds me not to remove it.

Sự đánh dấu này nhắc tôi không bỏ nó.

Now, I sort of wonder, and you should too why is it that the highest point in the sky has a  $v^2 \sin 2\alpha$  and why is the farthest point also...

Tôi có phần ngạc nhiên, và có thể bạn cũng vậy tại sao điểm cao nhất đó có  $v^2 \sin 2\alpha$  bình và tại sao điểm xa nhất cũng có .....

why does it also have a  $v$  zero squared? There must be a way that you can reason that.

Tại sao nó cũng có  $v$  không bình? Phải có một cách để bạn lí giải nó.

Why is it not just  $v$  zero? Why is it  $v$  zero squared? Well, I'll let you argue about the highest points, and I'll give you a good reason for the distance,  $OS$ .

Tại sao nó không phải là  $v$  không? Tại sao lại là  $v$  không bình? Ồ, tôi sẽ chỉ cho bạn biện luận điểm cao nhất, và tôi sẽ lí giải cho bạn về khoảng cách  $OS$ .

Don't look at the equations.

Đừng nhìn những phương trình.

You simply...

Đơn giản bạn chỉ ....

Think for a change.

Nghĩ về sự thay đổi.

Don't look at the equations.

Đừng nhìn những phương trình.

I double the speed.

Tôi nhân đôi tốc độ.

If I double the speed, then it's quite reasonable that the time that it takes for the object to reach the ground will double, but while the time that it flies has doubled the horizontal velocity has also doubled.

Nếu tôi nhân đôi tốc độ thì thời gian cần để vật thể chạm đất sẽ tăng gấp hai, nhưng trong khi thời gian mà nó bay đã nhân đôi, vận tốc theo phương ngang cũng nhân đôi.

And so the distance that it will travel in horizontal direction is four times that—  
Và khoảng cách mà nó sẽ di chuyển theo hướng nằm ngang tăng 4 lần - -

twice because the time has doubled and another factor of two because the horizontal component has also doubled.

2 lần vì thời gian nhân đôi và 2 lần vì thành phần ngang cũng được nhân đôi.

So that's why you see  $v$  zero squared there—

Vì vậy đó là lí do tại sao bạn thấy  $v$  không bình ở đó

completely pleasing.

Hoàn toàn hài lòng.

This tells you immediately that the...

Ngay lập tức, nó cho bạn biết rằng ....

if you want to throw a ball as far as possible—

Nếu bạn muốn ném quả bóng xa nhất - -

people who play baseball know that—

những người chơi bóng chày biết điều đó - -

you should do it at 45 degrees.

Bạn nên ném nó với góc 45 độ.

Because if you throw it at 45 degrees then this angle, 90 degrees, and that is one.

Bởi vì nếu bạn ném nó với góc 45 độ thì góc này 90 độ, và đó là 1.

Of course, in reality, the baseball player knows better.

Tất nhiên, trong thực tế, những người chơi bóng chày biết điều này rõ hơn.

They give effect to the ball, they deal with air drag they spin the ball, and then these equations are not valid.

Họ tác động đến quả bóng, chúng gặp lực cản không khí họ xoay quả bóng, và do đó những phương trình này không còn giá trị.

This is only in case we deal with... with vacuum.

Đây chỉ là trường hợp mà chúng ta xét trong chân không.

I now would like to test some of the results that we have here...

Bây giờ tôi muốn kiểm tra một vài kết quả mà chúng ta có ở đây ...

we have worked out here.

Chúng ta làm việc ngoài đây.

I am going to shoot a pellet...

Tôi sẽ bắn một viên đạn.....

a metal ball.

Một quả bóng kim loại.

I'm going to shoot it at various angles: 30 degrees, 60 degrees, 45 degrees and I'm going to make a prediction if I shoot it up from there, where it will hit the table.

Tôi sẽ thay đổi góc bắn: 30 độ, 60 độ, 45 độ và tôi sẽ tiên đoán ứng với các góc đó nó sẽ chạm bàn ở đâu ứng với các góc đó.

A measurement is meaningless without knowing the uncertainties.

Một phép đo là vô nghĩa nếu không có kiến thức về sai số.

So that's the first thing we have to deal with.

Vì vậy chúng ta phải xét nó đầu tiên.

The first thing I want to know is what is the velocity of this bullet when it comes out of the spring and does it vary if I do it three, five, six times in a row? It's not a \$20,000 spring gun, so it is likely to vary.

Điều đầu tiên tôi muốn biết là vận tốc của viên đạn này là gì khi nó ra khỏi lò xo và nó có biến đổi không nếu tôi bắn một chuỗi 3, 5, 6 lần? Nó không phải là cây súng bẫy 20 nghìn đô, vì vậy nó có thể thay đổi.

And the way I am going to do that is as follows.

Và cách tôi làm điều đó là như sau

If I shoot an object vertically up--

Nếu tôi bắn một vật lên cao theo phương thẳng

đứng - -

that is, the maximum value that it can go—  
nghĩa là, giá trị cực đại mà nó có thể đến - -

and with an alpha equals 90 degrees then the sine of alpha is one and the height is  $v$  zero squared divided by two  $g$ .

Và với alpha bằng 90 độ thì sin alpha bằng 1 và độ cao là  $v$  không bình chia cho  $2g$ .

In other words, if I measure the height if I shoot it up vertically and you can measure that for me—

Hay nói cách khác, nếu tôi đo độ cao, nếu tôi bắn nó thẳng đứng lên và bạn có thể đo nó cho tôi - -

you will see how I am asking you to do that—

Bạn sẽ thấy tôi bảo bạn làm điều đó như thế nào - -

then we can calculate  $v$  zero squared.

Sau đó chúng ta có thể tính  $v$  không bình

So the first thing I want to do is to shoot it up vertically and how are you going to help me to calculate...

Vì vậy điều đầu tiên tôi muốn làm là bắn nó lên theo phương thẳng đứng và bạn sẽ giúp tôi tính toán như thế nào.....

to tell me how high it is? That comes easier than you think.

The top part...

Để tôi bảo bạn nó cao như thế nào? Điều đó dễ hơn bạn nghĩ.

Phần đỉnh.....

oh, we'll remove this.

**Chúng ta sẽ di chuyển cái này đi.**

The top part of this stick is three meters, the top mark.

Phần đỉnh của thanh này là 3m, điểm cao nhất.

That very top mark is three meters and all I want you to tell me whether it is yay much above or yay much below and then we'll estimate that yay much and then we'll make a guess.

Điểm rất cao đó là 3 m và tất cả những gì tôi muốn bạn cho tôi biết là ở trên bao nhiêu hoặc ở dưới bao nhiêu và sau đó chúng ta sẽ ước tính cái đó là bao nhiêu và rồi chúng ta sẽ đoán.

And I'll do it twice.

Và tôi sẽ làm hai lần.

So if you are ready? Make sure that you can distinguish between above and below—

Vậy nếu bạn sẵn sàng? Hãy chắc chắn rằng bạn có thể phân biệt giữa trên và dưới - -

it makes a big difference, yeah?

Nó tạo ra sự khác biệt lớn, phải không?

không?

Okay? Three, two, one, zero.

Rồi phải không? Ba, hai, một,

không.

[ball whooshes]

Okay, was it higher or lower? CLASS: Higher.  
Vâng, nó là cao hơn hay thấp hơn? Lớp: cao hơn.

LEWIN: How much? This much? Do we agree? Let's say five centimeters, right?  
Lewin: bao nhiêu? Cái này bao nhiêu? Chúng ta đồng ý không? Khoảng 5 centimet,  
đúng không?

We're going to allow for an uncertainty.  
Chúng ta sẽ có một sai số.

I'll do it again.  
Tôi sẽ làm lại lần nữa.

I want to see how well it reproduces.

Tôi muốn thấy nó lặp lại tốt như thế nào.

Three, two, one, zero.

Ba, hai, một, không.

[ball whooshes]

[students shout out answers]

Lower? STUDENT: Higher.

Thấp hơn hả? SV: cao hơn.

LEWIN: Higher! So it was 10 centimeters, five centimeters higher so we'll take seven.

Lewin: cao hơn! Vì vậy nó là 10 centimet, cao hơn 5 centimet vậy chúng ta sẽ lấy 7

So we'll make seven and we'll have to allow for an uncertainty.  
Vì vậy chúng ta lấy 7 và chúng ta sẽ có một sai số

So  $h_{\max}$ ... is about 3.07.  
Vậy  $h_{\max}$ .....khoảng 3.07.

I've done this this morning 20 times and there were times that the heights differed by more than 10 centimeters, sometimes even 15 centimeters.  
Hồi sáng này tôi đã làm thí nghiệm này 20 lần và có nhiều lần độ cao chênh nhau hơn 10 centimet, thỉnh thoảng đến 15 centimet.

I therefore would feel most comfortable if you allow me an uncertainty of 15 centimeters in that height.  
Do đó tôi sẽ cảm thấy rất thoải mái nếu bạn cho tôi sai số là 15 centimet trong độ cao đó.

Remember, once we start shooting at 30 degrees, there is no way that we can evaluate the velocity anymore.  
Hãy nhớ rằng, một khi chúng ta bắt đầu bắn với một góc 30 độ, không có cách nào để chúng ta đánh giá vận tốc nữa.

We have to just take this value at face value.  
Chúng ta phải lấy giá trị này ngay tại góc 90 độ.

This is the way we've measured  $v$  zero, and that's it.

Đây là cách mà chúng ta đo  $v$  không, và đó là nó.

This is a five percent error, five percent.

Đây là sai số 5 phần trăm, 5 %.

So what now is  $v$  zero squared? Well, that's easy to calculate now.  
Vì vậy bây giờ  $v$  không bình là bao nhiêu? Ồ, rất dễ tính.  
 $v$  zero squared equals 3.07 times 2 times 9.8...

$v$  không bình bằng 3.07 nhân 2 nhân 9.8.....

Oh, my calculator was off; that's a detail.

Oh, máy tính của tôi tắt; chuyện nhỏ

Um, 3.07 times 2 times 9.8—

Uh 3.07 nhân 2 nhân 9.8

that is 60.17.

bằng 60.17.

I'd like you to check that.  
Tôi muốn các bạn kiểm tra nó.  
60.17 plus an error of five percent.  
60.17 với sai số 5 %



That is an error of three so you might as well make this 60.2.  
Đó là sai số tuyệt đối 3 vì vậy bạn cũng có thể cho cái này bằng 60.2.

Would you please confirm that, that I didn't make a mistake? 3.07 is  $h_{\max}$ —  
Bạn có vui lòng xác nhận điều đó, xem tôi có sai chỗ nào không? 3.07 là  $h_{\max}$  - -

I multiplied by two, by 9.9, and 60.2 There's a five percent error and a five percent error is indeed three.

Tôi nhân 2, bằng 9.9, và 60.2. Có sai số tương đối 5% và sai số tương đối 5% ứng với sai số tuyệt đối là 3

This is meters squared per second squared.  
Đây là mét bình trên giây bình.

I don't care what  $v_{\text{zero}}$  is because if we are going to measure OS all I need is  $v_{\text{zero}}$  squared.

Tôi không quan tâm  $v$  không bằng bao nhiêu vì nếu tôi đo OS tất cả những gì tôi cần là  $v$  không bình.

And if you at home are going to calculate what the height will be at the various angles all you need is  $v_{\text{zero}}$  squared.

Và nếu về nhà bạn tính độ cao bằng bao nhiêu ứng với các góc khác nhau, tất cả những gì bạn cần cũng chỉ là  $v$  không bình.

So I am not even interested in  $v_{\text{zero}}$ .

Vì vậy tôi không quan tâm đến  $v$  không.

I'll just stick to  $v$  zero squared and  $v$  zero squared will have exactly the same uncertainty.

Tôi sẽ chỉ gắn bó với  $v$  không bình và  $v$  không bình sẽ có cùng sai số.

It will have an uncertainty of five percent because it comes immediately from  $h$ .

Sẽ có sai số khoảng 5 % do  $h$

We are not going to change that.

Chúng ta sẽ không thay đổi điều đó.

Okay, so, so much for the uncertainty in  $v$  zero squared.

Vâng, quá, quá nhiều sai số trong  $v$  không bình.

Now I'm going to set the angle at 45 degrees but how accurately can I do that? I don't think I can do that any better than one degree.

Bây giờ tôi sẽ thiết lập góc bằng 45 độ nhưng tôi có thể làm điều đó chính xác như thế nào? Tôi nghĩ tôi không thể điều chỉnh chính xác hơn 1 độ.

I'll try to do the best I can.

Tôi sẽ cố làm hết khả năng.

I can't really guarantee you that I'm accurate to one degree.

Tôi thật sự không thể đảm bảo với các bạn tôi có thể chỉnh chính xác hơn 1 độ

So now comes the question what happens with the sine of two alpha because we're going to measure OS? What happens with the sine of two alpha? The sine of 90 degrees is 1.0000.

Vậy bây giờ đến câu hỏi điều gì xảy ra với  $\sin 2\alpha$  vì chúng ta sẽ đo OS? Điều gì xảy ra với  $\sin 2\alpha$ ?  $\sin 90$  độ là 1.0000.

But what would be the sine of 88 degrees? That is the value that I cannot exclude if I'm off by one degree.

Nhưng  $\sin 88$  độ sẽ là bao nhiêu? Đó là giá trị mà tôi không thể loại trừ vì sai số trong phép điều chỉnh  $\alpha$  là 1 độ.

And that value is 0.9994.

Và giá trị đó là 0.9994.

That is so close to one that it is only off by 0.6%... 0.06 percent.

Giá trị đó cũng gần bằng 1, chỉ chênh lệch khoảng 0.6%.....0.06%

And that is so low, compared to five percent, forget it.

Và nó quá nhỏ so với 5%, vậy hãy bỏ qua nó.

Forget the error in alpha.

Bỏ qua sai số trong phép điều chỉnh  $\alpha$ .

We can completely forget it.

Chúng ta có thể hoàn toàn bỏ qua nó.

There's a reason for that.  
Có một lí do cho điều đó.

When alpha is 45 degrees, then 2 alpha is 90 degrees and the sine curve goes like this at 90 degrees.

Khi alpha bằng 45 độ, thì 2 alpha bằng 90 độ và đường cong hình sin giống như thế này tại 90 độ.

It's almost flat here.  
Nó gần như phẳng ở đây.

So even if you're off an angle by a little bit you're still very close to one--  
that's the reason.

Vì vậy cho dù bạn lệch một góc nhỏ, nhưng bạn vẫn còn rất gần 1 –

Đó là lí do

So all we have to worry about is the uncertainty in  $v$  zero squared.

Vì vậy tất cả chúng ta chỉ cần quan tâm đến sai số của  $v$  không bình.

And so now comes my big prediction.

Và bây giờ đến tiên đoán quan trọng của tôi.

I'm going to make a prediction now: for 45 degrees, OS equals  $v$  zero squared.

Bây giờ, tôi sẽ tiên đoán: đối với góc 45 độ, OS bằng  $v$  không bình.

We have that.

Chúng ta có điều đó

That is 60.2.

Đó là 60.2.

And we have the sine of two alpha is one and we divide by 9.8.  
Và chúng ta có  $\sin 2\alpha$  bằng 1 và chúng ta chia cho 9.8.

That is 6.14 meters with an uncertainty of five percent, right? Because that is the uncertainty in  $v$  zero squared and so there is an uncertainty of 30 centimeters, actually 31 centimeters.

Kết quả là 6.14 mét với sai số 5 %, đúng không? Vì đó là sai số của  $v$  không bình và vì vậy nó ứng với 30 centimet, thực sự là 31 centimet.

This is my prediction for an angle of 45 degrees.  
Đây là tiên đoán của tôi về một góc 45 độ.

This will only hold if there is no air drag or if the air drag is negligible, and of course, equally important, that that spring gun—  
Điều này chỉ đúng nếu không có lực cản của không khí hoặc lực cản không khí bị bỏ qua, và tất nhiên, cũng quan trọng không kém, là cây súng bẫy đó - -

when the ball comes out—  
khi quả bóng đi ra

that the velocity squared is indeed within the range that we have assumed and that it doesn't have bad days and good days.

Vận tốc bình phương nằm trong khoảng mà chúng ta giả sử chứ không phải lúc này lúc khác

There's no way I can check that anymore.

Không còn cách nào để tôi kiểm tra điều đó nữa.

All right, so we're going to mark the .614.

Được rồi, vậy chúng ta sẽ đánh dấu .614.

This is one meter, two meters, three meters, four meters five meters, six meters, 6.14.

Đây là 1 m, 2 m, 3 m, 4 m, 5 m 6m, 6.14

One four... 14 centimeters.

Một bốn.....14 centimet

Boy, God, it's all the way here.  
Trời, các bạn ơi, nó là tất cả đường ở đây.

And then I allow for an error of about 30 centimeters.  
Và do đó tôi cho phép sai số khoảng 30 centimet.

Did I do that right? That is correct, 45 degrees with 30 centimeter uncertainty.

Tôi làm điều đó phải không? Chính xác, 45 độ với sai số 30 centimet.

That is all the way up to here.

Đó là tất cả đường lên đến đây.

And then the next one, roughly 30 centimeters.  
Và sau đó cái tiếp theo, khoảng 30 centimet.

So that's where, if our calculations make sense that's where the ball should hit.

Vì vậy đó là nơi, nếu tính toán của chúng ta đúng đó là nơi mà quả bóng sẽ chạm.

Now I would like you to come here, if you don't mind.

Bây giờ tôi muốn một bạn lên đây, nếu bạn không phiền.

Stand here, and the moment that that ball hits...  
Đứng đây, và lúc mà quả bóng chạm.....

[whooshes]

point your finger at it.  
Chỉ ngón tay của bạn vào nó.

Don't do it before I shoot, but just after I shoot.

Đừng làm nó trước khi tôi bắn, mà chỉ sau khi tôi bắn

And then we'll hope for the best, yeah? Okay.

Và sau đó chúng ta hi vọng điều tốt đẹp, phải không? Vâng

You're not nervous, right? Where... what happened with that ball that I had? Did I  
put it in my pocket?  
Oh, it's here.

Bạn không căng thẳng, đúng không? Ở đâu.....Điều gì xảy ra với quả bóng mà tôi có? Tôi  
đặt nó trong túi của tôi phải không?  
Oh, nó đây.

Thank you.

Cám ơn.

So I'm going to set it now, to the best I can, at 45 degrees.

Vì vậy tôi sẽ điều chỉnh ngay bây giờ đến mức tốt nhất mà tôi

có thể, góc 45 độ.

And so I can never shoot it any further, this is the angle...

Và vì vậy tôi có thể bắn nó xa hơn nữa, đây là góc.....

this is the maximum possible distance.

Đây là khoảng cách cực đại khả dĩ.

You ready? You are? Don't look at me, look there.

Bạn sẵn sàng chưa? Bạn sẵn sàng phải không? Đừng nhìn tôi, nhìn vào đó

It goes fast.

Nó đi nhanh đấy.

Three, two, one, zero.

Ba, hai , một, không.

[gun clicks]

LEWIN: Put your finger there!

Lewin: đặt ngón tay bạn ở đó!

[class laughs]

Isn't that fantastic? Isn't that amazing? Do you see now how important it is that you have uncertainties in your measurements? In high school, you would have said it has to hit there.

Nó không lạ phải không? Nó không vui phải không? Bây giờ, bạn có thấy đ ược sai số trong phép đo là quan trọng như thế nào chưa ? Ở phổ thông, bạn sẽ nói rằng nó chạm điểm đó.

Boom, man, it has an error.

Bùm, các bạn, nó có sai số.

[class laughs]

And the error has to be taken into account.

Và sai số phải được tính đến

Where's my ball, by the way?

Tiện đây tôi hỏi các bạn, quả bóng của tôi ở

đâu?

Boy...

Các bạn.....

Oh, I have it, ooh, here.

Oh, tôi có rồi, oh ,đây

[grunts]

Okay, you can sit down now.

Vâng, bây giờ, bạn có thể về chỗ

You did great.

Bạn làm tốt lắm.

It worked just because you were there.  
Nó đúng chỉ vì bạn ở đó.

[class applauds]

Now I wonder what happens if I fire the ball at 30 degrees? If I do it at 30 degrees, then my  $v$  zero squared is the same.

Bây giờ tôi muốn biết điều gì sẽ xảy ra nếu tôi bắn quả bóng với góc 30 độ? Nếu tôi bắn nó với góc 30 độ thì  $v$  không bình của tôi tương tự

I don't have to worry about that, I hope.  
Tôi ko phải lo lắng về điều đó, tôi hi vọng vậy

However, I cannot be certain about the angle to better than one degree.  
Tuy nhiên, tôi không thể chắc chắn về sai số của góc tốt hơn 1 độ.

So you will say, "Well, come on now, don't be decadent.  
VÌ vậy bạn sẽ nói, " Thôi nào, đừng có sa sút"

"I mean, here we had an error of only 0.06 percent "because of this one degree...

" tôi muốn nói là, ở đây chúng ta chỉ có sai số 0.06%" vì một góc này.....

possible one degree offset.

Có thể có một độ dịch góc

Let's just ignore this error, too." Ooh... that is risky.  
Hãy bỏ qua sai số này. Ô, .....mạo hiểm.

That is risky, now because the sine of 60 degrees—

Điều đó là mạo hiểm bởi vì bây giờ sin của 60 độ - -

that's what you deal with—

Đó là những gì bạn đang xét - -

the sine of 60 degrees, I think, is 0.866.

sin của 60 độ là 0.866.

That's right.

Đúng rồi.

But the sine of 58 degrees which is possible if I'm one degree under ~is 0.848, and that is substantially lower.

Nhưng sin của 58 độ cũng có thể có vì có sai số 1 độ, bằng 0.848, và về căn bản đó là thấp hơn.

And therefore I must allow for an uncertainty in the sine of the angle by roughly, oh, maybe something like 17 or 18 units—

Và do đó tôi phải cho phép sai số trong sin của góc khoảng , oh, cỡ lẽ khoảng 17 hoặc 18 đơn vị - -

0.0... what is this difference? 0.018.

0.0.....Sự khác nhau này là gì? 0.018.

If you want to check what the sine of 62 degrees is you will see that that is about this much higher than this so we must allow for this error

Nếu bạn muốn kiểm tra sin của góc 62 độ là gì bạn sẽ thấy rằng nó lớn hơn nhiều so với cái này vì vậy chúng ta phải cho phép sai số này.

And that is an error which is by no means negligible anymore.

Và đó là sai số tuyệt nhiên không thể bỏ qua.

There's no point here.

Không có chấm ở đây.



That is an error which is 18 divided by 866.  
Đó là sai số = 18 chia cho 866

That is a two percent error.  
ĐÓ là sai số 2%

So now we're dealing, all of a sudden with a two percent error in the sine of two alpha even though there is only one degree of uncertainty in the angle.  
VÌ vậy bây giờ chúng ta có sai số 2% trong sin 2 alpha cho dù chỉ có sai số 1 độ của góc.

And the reason is that a sine curve is like so.  
Và đó là lí do mà đồ thị hàm sin giống như vậy.  
So a small angle change here makes no difference but a small angle change here makes a lot of difference.  
VÌ vậy một sự thay đổi góc nhỏ ở đây không tạo ra sự khác biệt nhưng một sự thay đổi góc nhỏ ở đây tạo ra nhiều sự khác biệt.

And that's the reason and you can see that it is the slope of the sine curve that gives you a much larger error if you are off by a teeny-weeny, little bit.  
Và đó là lí do và bạn có thể thấy rằng hệ số góc của đường hình sin làm cho bạn sai số nhiều hơn nếu bạn lệch nhỏ.

So now we are ready to make a prediction.

Vì vậy bây giờ chúng ta sẵn sàng tiên đoán.

So here comes the prediction.

Vì vậy bây giờ đến một sự tiên đoán.

OS now for 30 degrees...  
Bây giờ, đối với góc 30 độ, OS là.....

So I have to go through  $v$  zero squared--

Vì vậy tôi phải hoàn thành  $v$  không bình - -

I have that, 60.2 and then I have to multiply by the sine of two alpha that is, the sine of 60...

Tôi có 60.2 và sau đó tôi phải nhân với sin góc 2 alpha nghĩa là, sin 60 độ .....

multiply...

nhân.....

and then I think I have to divide by g.  
và sau đó tôi chia cho g.

That is right, 9.8, and I find 5.31, plus or minus.  
Đúng rồi, 9.8, và tôi tìm ra được 5.31, cộng trừ.

Now, two percent error in the sine of two alpha five percent error in v zero squared  
that gives me—

Bây giờ, sai số hai phần trăm trong sin 2 alpha 5 % trong v không bình cho tôi

I can't help it—

Tôi không thể tránh nó - -

a seven percent error.

Sai số 7%

So I have a seven percent uncertainty, multiply by .07 so I cannot trust this any  
better than 37 centimeters.

Vì vậy tôi có sai số 7%, nhân .07 vì vậy sai số tuyệt đối là 37 cm.

And so now I'm going to put the markers out at five meters and 31 centimeters.

Và vì vậy bây giờ tôi sẽ đặt vật ghi bên ngoài tại 5m và 31 cm.

This is the five-meter mark, 31 centimeters and I allow for 37 centimeters on either  
side.

Đây là đánh dấu 5m, 31 cm và tôi cho phép 37 cm ở cả hai phía.

It's here... and 37 centimeters on this side, that is here.

Nó ở đây.....và 37 cm ở phía này, ở đây.

I'm going to set the angle to 30 degrees.

Tôi sẽ quay góc này tới 30 độ.

Yeah, yeah, come here.

Vâng, vâng, đến đây.

We need woman power here.

Chúng ta cần một người phụ nữ mạnh mẽ ở đây.

[class laughs]

Stay here.

Đứng tại đây.

Stay out of the fire line, and when that ball hits you jump on it, yeah, you jump on

it.

Ở ngoài đường bắn, và khi quả bóng đó chạm bạn chỉnh nó, vâng, bạn chỉnh nó.

Okay, everything under control Five... make sure I marked it right, five meters, three one, that looks about okay.

Rồi, mọi thứ đã sẵn sàng 5.....phải bảo đảm rằng tôi đã đánh dấu nó đúng, 5 m, 3 1 , có vẻ gần được.

And now I have to change the angle to 30 degrees.

Và bây giờ tôi phải thay đổi góc đến 30 độ.

[grunts]

Okay, this is as close as I can do it.

Okay, you ready? You are? Three, two, one...

Rồi, các bạn sẵn sàng chưa? Bạn sẵn sàng rồi phải không? Ba, hai, một.....

[ball whooshes]

[Lewin shouts]

Lewin: Hit the jackpot!

Lewin: Thành công lớn!

[class cheers and applauds]

Incredible.

Không thể tin được.

What you can argue now, and successfully—

NHững gì bạn có thể tranh luận bây giờ, và thành công - -

you could say perhaps you have been a little too conservative on your errors, and I admit that.

Có lẽ bạn có thể nói bạn không quá thận trọng với sai số của bạn, và tôi chấp nhận điều đó.

But believe me when I did this morning this five, six times that the error in  $v$  zero was quite substantial.

nhưng hãy tin tôi vì khi tôi làm cái này vào sáng nay 5, 6 lần mà sai số của  $v$  không hoàn toàn đáng kể

The high differences were sometimes 15 centimeters and so I had no choice.

Thỉnh thoảng sự chênh lệch nhiều cỡ 15 cm và vì vậy tôi không có chọn lựa.

But it looked like we were a bit on the conservative side.

Nhưng có vẻ chúng ta cần thận trọng.

Suppose, now, I repeated this experiment at 60 degrees.

Giả sử bây giờ tôi lặp lại thí nghiệm này tại góc 60 độ.

What will change?

Cái gì sẽ thay đổi?

What will change? Will OS change? No, because the sine of 120 degrees is the same as the sine of 60 degrees.

Cái gì sẽ thay đổi? OS sẽ thay đổi phải không? Không, vì sin 120 độ giống như sin 60 độ.

You have two alpha here.

Bạn có 2 alpha ở đây.

The sine of 60 is the same as the sine of 120.

Sin 60 độ giống như sin 120 độ.

If you allow for an uncertainty of one degree on either side you will find exactly these same numbers because of the symmetry of the sine curve.

Nếu bạn cho phép sai số một độ ở cả hai phía bạn sẽ tìm được chính xác những số giống như thế này vì sự đối xứng của đồ thị hàm sin.

So again, you are off by two percent—

Vì vậy một lần nữa, bạn lệch 2 % - -

no difference.

Không có gì khác biệt.

And so this prediction is unchanged.  
Và vì vậy tiên đoán này không thay đổi.

However, I want to ask you one question to see whether you are half-alert or half-asleep.  
Tuy nhiên, tôi muốn hỏi bạn một câu hỏi để xem bạn có nửa tỉnh nửa mê hay không.

At 30 degrees, you saw this.  
Tại góc 30 độ, bạn thấy như thế này.

At 60 degrees, giving it the same initial speed you will see this.  
Tại góc 60 độ, cho nó vận tốc ban đầu bạn sẽ thấy như thế này.

It will have to hit here within the uncertainty of our measurements at the same location.  
NÓ sẽ phải chạm vào đây trong sai số của phép đo của chúng ta tại cùng vị trí.

It will, of course, go much higher.

Tất nhiên, nó sẽ đi cao hơn nhiều.

You can calculate that because you will have to use this for the equation for the height and that goes with the sine of alpha.

Bạn có thể tính toán cái đó vì bạn sẽ phải dùng cái này cho phương trình độ cao và cái đó đi với sin alpha.

The sine of alpha for 60 degrees is way higher than 30 degrees.

Sin alpha góc 60 độ là đường cao hơn 30 độ.

But now comes a question—

Nhưng bây giờ đến một câu hỏi - -

will this trajectory take longer than this one or will they take the same amount of time? Who is for the same amount of time?

Quỹ đạo này có thời gian chuyển động dài hơn quỹ đạo này hay chúng sẽ chuyển động cùng một lượng thời gian? Ai trả lời là cùng một khoảng thời gian?

Who is for longer? Who is for shorter?

Ai trả lời dài hơn? Ai trả lời ngắn hơn?

Okay.

Vâng

I am happy with one set of figures and unhappy with another set of figures.

Tôi vui với một số người và không vui với một số người.

What is the horizontal velocity of the golf ball when it takes off? If the velocity is the same in both cases can't you see that this horizontal component is way larger than this horizontal component? And if they travel the same distance then this trip must take longer because it's the horizontal component in the x direction that determines how long it will take to go from here to there.

Vận tốc theo phương ngang của quả bóng gôn là bao nhiêu khi nó bắt đầu chuyển động? Nếu vận tốc giống nhau ở cả hai trường hợp, bạn sẽ thấy rằng thành phần nằm ngang này lớn hơn thành phần nằm ngang này, đúng không? Và nếu chúng di chuyển với cùng khoảng cách thì chuyển đi này sẽ mất thời gian lâu hơn vì thành phần ngang của chúng theo hướng x xác định nó đi từ đây đến đó mất bao lâu.

Suppose I shot it straight up.

Giả sử tôi bắn nó theo phương thẳng đứng.

How long do you think it will take to hit here?

Bạn nghĩ nó sẽ mất bao lâu để chạm vào đây?

It has no horizontal component, all right? So think about this—

Nó không có thành phần nằm ngang đúng không? Vì vậy hãy xét cái này - -

this trajectory will take longer but it ends up at the same point.

Quỹ đạo này sẽ mất nhiều thời gian hơn nhưng chúng kết thúc tại cùng một điểm.

All right, number three.

Đúng, số 3.

Can you come here? So I don't have to change these markers.

Bạn có thể đến đây không? Vì vậy tôi không thay đổi những vật đánh dấu này.

They're all perfect provided that nature is willing to reproduce itself.

Tất cả chúng hoàn hảo miễn là thiên nhiên tự tạo lại.

60 degrees...

60 độ

So he'll go way higher, but if all goes well, it should hit within the same marks.

Vậy nó sẽ đi theo đường cao hơn, nhưng nếu tất cả đi tốt, nó sẽ chạm cùng chỗ đánh dấu.

Ready? Three, two, one, zero.

Sẵn sàng chưa? Ba, hai, một, không.

[ball whooshes]

[ball whacks table]

LEWIN: Here, man.

Lewin: đây, các

bạn.

Yeah, here, right? Thank you very much.

Vâng, ở đây, đúng không? Cảm ơn.

Wonderful! Look! Maybe my uncertainties were not so dumb.

Tuyệt vời! Nhìn này! Có lẽ sai số của tôi sẽ không quá ngớ ngẩn.

We were just lucky here with the jackpot.

Chúng ta vừa may mắn ở đây với thành công.

It's comfortably within the error, but close to this one so I am quite happy that I took the uncertainties the way I did.

Rất thoải mái trong sai số, nhưng gần với cái này vì vậy tôi hoàn toàn hài lòng với sai số theo cách mà tôi chọn.

Can we recover the ball? Did someone see it take off? Oh, yeah.  
Chúng ta có thể lấy lại quả bóng không? Có ai đó thấy nó xuất phát không? Oh, vâng.

All right, now we will enter a different part of this lecture.

Rồi, bây giờ chúng ta sẽ đi vào phần khác của chương này.

which is actually a very... a very sad part.

Nó thật sự là một phần rất rất tồi.

You know that people in Africa shoot monkeys.

Bạn biết rằng người châu Mỹ hay bắn khỉ.

There is a monkey here in a tree—

Ở đây có một con khỉ trên cây - -

very happy.  
Rất hạnh phúc.

[class laughs]

LEWIN: And here is a hunter...  
Lewin: và đây là một thợ săn.....

who never took 801 and he has a gun, which is a golf ball gun and he aims that gun right at the monkey.

Anh ta không bao giờ lấy 801 và anh ta có súng, nó là cây súng có quả bóng gôn và anh ấy nhắm súng vào ngay con khỉ.

He shoots it with a certain velocity, the golf ball.  
Anh ấy bắn quả bóng gôn với một vận tốc nào đó.

Let this be speed  $v$  zero, so the horizontal component—

Đặt cái này là  $v$  không, vì vậy thành phần ngang - -

you're going to see that again and again—

Bạn sẽ thấy điều đó một lần nữa và một lần nữa - -

$v$  zero cosine alpha and the vertical component equals  $v$  zero sine alpha.

$v$  không cos alpha và thành phần thẳng đứng bằng  $v$  không sin alpha.

Let this be my increasing value of  $y$  and this be my increasing value of  $x$ .

Chọn cái này là chiều tăng của  $y$  và cái này là chiều tăng của  $x$ .

This golf ball...

Quả bóng gôn này.....

this... this golf gun, is really not first-class, thank goodness.



Cái này.....cây súng gôn này, thực sự không phải là loại tốt nhất, ơn chúa

And so when the hunter shoots this golf ball, this happens.

Và vì vậy khi thợ săn bắn quả bóng gôn này, điều này xảy ra.

And it ends up here at point p.

Và nó kết thúc ở đây tại điểm p.

Lucky monkey, so far.

Lúc này, con khi may mắn.

Now, it is very tragic but true that when the monkey sees the flash of the gun, it lets go.

Bây giờ nó rất bi thảm nhưng sự thật là khi con khi thấy đèn nháy của cây súng, nó sẽ đi.

[class laughs]

And now comes the question--

Và bây giờ tôi có câu hỏi - -

is the monkey safe or is this the last day of the monkey?

Con khi an toàn hay đây là ngày cuối cùng của nó?

[class laughs]

I ask the following question.

Tôi trả lời câu hỏi như sau.

This would be trajectory with no gravity and this is the trajectory with gravity.

Đây sẽ là quỹ đạo khi không có trọng lực và đây là quỹ đạo khi có trọng lực.

We can both agree on that.

Tất cả chúng ta đều đồng ý về điều đó.

At a certain moment,  $t_1$ , let us assume that the golf ball would have been here without gravity.

Tại thời điểm  $t_1$  nào đó, hãy giả sử rằng quả bóng gôn sẽ ở đây mà không có trọng lực.

Then I know exactly where it is with gravity.

Thì tôi biết chính xác nó ở đâu khi có trọng lực.

It must be exactly here because the x position,  $x_{t1}$ , is the same because the horizontal velocity is the same.

Nó phải chính xác ở đây vì vị trí x,  $x_{t1}$  là giống nhau vì vận tốc theo phương ngang giống nhau.

That's independent of whether there is gravity or not.

Điều đó không phụ thuộc vào việc có hay không có

trọng lực.

There is no acceleration in the x direction.

Không có gia tốc theo hướng x.

And so they are both exactly at the same x position.

Và vì vậy chúng đồng thời ở cùng vị trí x.

What is this difference? Well, that is the difference between the equation with gravity and without gravity.

Sự khác nhau là gì? Ồ, đó là sự khác nhau giữa phương trình có trọng lực và phương trình không có trọng lực.

And y as a function of time—

Và y là hàm theo thời gian - -

you can look at equation number three there if you can still see it—

bạn có thể nhìn phương trình số 3 nếu bạn vẫn còn thấy nó --

equals v zero y, which is v zero sine alpha time t minus one-half gt squared.

Bằng v không y, bằng v không sin alpha nhân t trừ ½ gt bình.

Well, if there is no gravity, this term doesn't exist because that's this straight line.

Ồ, nếu không có trọng lực, số hạng này không tồn tại vì đó là đường thẳng này.

[whooshes]

With gravity, it's the same thing but you have to subtract this.

Khi có trọng lực, nó giống như vậy nhưng bạn phải trừ cái này.

Therefore, this distance is one-half g  $t_1$  squared.

Do đó , khoảng cách này là  $\frac{1}{2}gt^2$  bình.

That is this distance so this curve is lower by this amount.  
Đó là khoảng cách này vì vậy đường cong này thấp hơn một lượng này.

Now comes the time that the golf ball hits point p.  
Bây giờ đến thời gian mà quả bóng gôn chạm điểm p.

When its position is  $x$  at  $t_2$  and the time here is  $t_2$  that means if there had been no gravity the golf ball would have been there.

Khi vị trí của nó là  $x$  tại  $t_2$  và thời gian ở đây là  $t_2$  điều đó có nghĩa là nếu không có trọng lực quả bóng gôn sẽ ở đó.

They must have the same position in  $x$  at this catastrophic moment.

Chúng phải có cùng vị trí theo  $x$  tại thời điểm thảm khốc này.

So what now is the distance between the monkey and the golf ball—

Vậy bây giờ khoảng cách giữa con khỉ và quả bóng gôn là bao nhiêu - -

the distance between the two trajectories—

Khoảng cách giữa hai quỹ đạo - -

one trajectory, no gravity; the other with gravity? This distance equals one-half  $g t^2$  squared for that same reason.

Một quỹ đạo không có trọng lực; cái còn lại có trọng lực? Khoảng cách này bằng  $\frac{1}{2}gt^2$  bình vì cùng lí do đó.

And we all know that if the monkey at time  $t$  equals zero let go that in  $t^2$  seconds it will have fallen exactly over a distance one-half  $g t^2$  squared—

Và tất cả chúng ta biết rằng tại thời điểm  $t = 0$ , nếu con khỉ bắt đầu đi trong  $t$  2 giây nó sẽ rơi chính xác trên khoảng cách  $\frac{1}{2} g t^2$  bình

exactly.  
Chính xác.

This couldn't be more tragic.

Nó không thể tránh được bi kịch.

And he will be killed.

Và nó sẽ bị giết.

You may say, "Well, yeah, but you have manipulated the speed of that gun just so nicely." Oh, no. Oh, no.

Bạn có thể nói, "Ồ, vâng, nhưng bạn đã điều khiển vận tốc của khẩu súng quá tốt." Oh, không. Oh, không.

I can shoot that with a higher speed at the same angle alpha and the trajectory would be this and the monkey would be killed there.

Tôi có thể bắn cái đó với vận tốc cao hơn tại cùng góc alpha và quỹ đạo là cái này và con khỉ sẽ bị giết ở đó.

I can do it with a lower speed and the monkey would be killed here.

Tôi cũng có thể bắn với vận tốc nhỏ hơn và con khỉ sẽ bị giết ở đây.

It's independent of the speed of the bullet because always this part here—

Điều đó không phụ thuộc vào vận tốc của viên đạn vì phần này luôn luôn ở

đây - -

it's always exactly the distance that the monkey falls in that time.

Nó luôn chính xác bằng khoảng cách mà con khỉ rơi trong thời gian đó.

However, if the speed is very low—

Tuy nhiên, nếu vận tốc rất thấp - -

that it hits the ground before the monkey hits the ground—

nghĩa là nó chạm đất trước khi con khỉ chạm đất - -

well, okay, then the monkey is safe.

Ồ, vâng, con khỉ sẽ an toàn.

So the only thing that is very, very critical is alpha.

Vì vậy thứ duy nhất rất, rất then chốt là góc alpha.

It must be precisely aimed at the monkey.

Nó phải được nhắm chính xác đến con khỉ.

If that's not the case, then the monkey will be safe.  
Nếu không nhằm đúng alpha thì con khỉ sẽ an toàn.

Now before we will witness this classic and rather tragic drama, I want to look at this from a somewhat different point of view namely from the point of view of the monkey.

Bây giờ trước khi chúng ta chứng kiến vở kịch cổ điển và hơi bi kịch này, tôi muốn nhìn lại điều này từ quan điểm hơi khác có tên là nhìn từ quan điểm của con khỉ.

The monkey sits there, looks at the gun and the golf ball comes to the monkey.  
Con khỉ ngồi đó, nhìn súng và quả bóng gôn đến nó.

And I will put them both in a room which is an elevator and the elevator is in free fall and they don't even know that.  
Và tôi sẽ đặt tất cả chúng vào buồng thang máy và thang máy rơi tự do và chúng không hề biết điều đó.

They both fall with the acceleration  $g$ .  
Tất cả chúng có gia tốc  $g$ .

Here is the monkey, free and here is the gun.

Đây là con khỉ, tự do và đây là cây súng.

The velocity of that bullet is  $v$  zero.

Vận tốc của viên đạn là  $v$  không.

And so the monkey will see that bullet come straight at him.

Và vì vậy con khỉ sẽ nhìn viên đạn đó đi thẳng tới nó.

There's no such thing as an arc.

Không phải là một quỹ đạo vòng.

They both fall in this falling grav...

Tất cả chúng rơi trong trường trọng lực.....

in this falling elevator.  
Trong thang máy này.  
And so the bullet comes...  
Và vì vậy viên đạn đến.....

[kisses]

The monkey happens to be a very intelligent monkey and the monkey says to himself, "How long do I have to live?" And the monkey makes the following calculation.

Con khỉ rất thông minh và con khỉ tự nói "Ta còn sống bao lâu nữa đây?" Và con khỉ làm phép tính như sau.

[class laughs]

LEWIN: If this distance is  $d$ , and this is  $h$ , then the monkey says "Aha, this is the square root of  $d$  squared plus  $h$  squared." So from the monkey point of view, the time for the kill will be the square root of  $d$  squared plus  $h$  squared divided by  $v$  zero.

Lewin: Nếu khoảng cách này là  $d$ , và đây là  $h$ , thì con khỉ nói "Aha, đây là căn bậc hai của  $d$  bình cộng  $h$  bình." Vì vậy từ quan điểm của con khỉ, thời gian mà cái chết sẽ đến với nó là căn bậc hai của  $d$  bình +  $h$  bình chia cho  $v$  không.

That's how many seconds he has to live.

Đó là thời gian mà nó còn sống.

Well, you people are also quite smart and you look at this diagram and you said, "No, no way." If this distance is  $D$  then the speed to reach this point is  $v$  zero cosine alpha.

Ồ, bạn con người cũng luôn luôn thông minh và bạn nhìn sơ đồ này và bạn nói, "không, không hẳn." Nếu khoảng cách này là  $D$  thì tốc độ đến điểm này là  $v$  không cos alpha. In other words, the time that it takes for this object to reach this value of  $x$ ...

Hay nói cách khác, thời gian để vật thể này đến giá trị  $x$  này.....

So, for 26.100 MIT students  $t$  kill equals  $D$  divided by  $v$  zero cosine alpha.

Vì vậy, đối với 26.100 những Sinh viên của MIT viết  $t$  kill bằng  $D$  chia cho  $v$  không cos alpha.

But what is the cosine of alpha? That is  $D$  divided by the square root of  $D$  squared plus  $h$  squared.

Nhưng cos alpha là bao nhiêu? Nó là  $D$  chia căn bậc hai của  $D$  bình cộng  $h$  bình.

So I can replace this cosine alpha by  $D$  divided by the square root.

VÌ vậy tôi có thể thay cos alpha này bằng  $D$  chia cho căn bậc hai.

So I can replace this cosine alpha by  $D$  divided by the square root.

And you and the monkey agree exactly on the amount of time that the monkey has

to live.

Và bạn và con khỉ thỏa thuận chính xác về khoảng thời gian mà con khỉ còn sống.

It better be that way, because this could not depend on which reference frame you work in—

Tốt hơn là cách đó, vì cái này không phụ thuộc vào hệ quy chiếu mà bạn làm việc.

the falling reference frame or, for that matter the reference frame of 26.100.

hệ quy chiếu rơi hoặc hay hệ quy chiếu của 26.100.

The monkey will be placed at about three meters above the table.

Con khỉ nằm cách bàn khoảng 3 m ở phía trên.

We all know that it takes about 0.8 seconds.

Tất cả chúng ta đều biết rằng mất khoảng 0.8 giây.

We have done many experiments at three meters.

Chúng ta đã thực hiện nhiều thí nghiệm tại 3 m.

It takes about 0.8 seconds.

Mất khoảng 0.8 giây.

So the whole thing will go very fast.

Vì vậy toàn bộ sự việc sẽ diễn ra rất nhanh.

We are going to put a monkey up there.

Chúng ta sẽ đặt con khỉ lên đó.

I want you to first see the trajectory of that golf ball before we bring the monkey in.  
Đầu tiên tôi muốn thấy quỹ đạo của quả bóng gôn đó trước khi chúng ta mang con khỉ tới.

It is already so painful for this monkey.  
Nó sẽ làm con khỉ đau đớn.

You don't want him to pre-experience what's going to happen.  
Bạn không muốn nó thấy những gì xảy ra trước khi thực nghiệm.

So we will do this in the absence of the monkey and we will let you...  
Vì vậy chúng tôi sẽ làm điều này khi không có con khỉ và chúng tôi sẽ chỉ cho bạn.

I will let you see what roughly the trajectory of that bullet will be.

Tôi sẽ cho bạn biết quỹ đạo của viên đạn có dạng như thế nào.

Three, two, one, zero.

Ba, hai, một, không.

[gun claps]

[ball bouncing]

So it will hit somewhere here.

Vì vậy nó sẽ chạm đâu đó  
quanh đây.

That's that point p.

Đó là điểm p đó.

So when you're going to see the drama in action this is where the monkey will reach  
when the two hit each other.

Vì vậy khi bạn thấy vở kịch diễn ra đây là nơi con khỉ sẽ đến khi nó và viên đạn chạm  
nhau.

Now you can imagine that this is a very painful day for the monkey.

Bây giờ, bạn có thể tưởng tượng đây là ngày rất đau đớn của con khỉ.

And I'm going to get the monkey.

Và tôi sẽ lấy một con khỉ.

It's behind here and I hope that you would pay some respect to Robert.  
Nó ở phía sau đây và tôi hi vọng rằng bạn sẽ thanh toán một số tiền cho Robert.

His name is Robert, and it may take me a minute.  
Tên nó là Robert, và các bạn chờ tôi một phút.

[class murmurs]

[class cheers and laughs]



LEWIN: Here is Robert.

Lewin: đây là Robert.

[laughter continues]

I thought...

Tôi nghĩ

[class applauds]

LEWIN: I thought it was appropriate to change for the occasion.

Lewin: Tôi nghĩ đây là lúc thích hợp để thay đổi sự kiện

I don't go on monkey hunts too often but when I do it, I'd like to do it in style.

Tôi không đi săn khỉ thường xuyên nhưng khi tôi làm việc đó , tôi muốn làm theo một phong cách

[class laughs]

Here is Robert, and we're going to put Robert up here.

Đây là Robert, và tôi sẽ đặt Robert lên đây.

Robert has in his head a metal plate...  
Robert có một miếng kim loại trên đầu

so that when we activate the electromagnet that we can stick him on there and when we take the current off, then Robert will fall.

Sao cho khi chúng tôi kích hoạt nam châm điện thì có thể làm dính nó trên đó và khi chúng tôi ngắt điện, thì Robert sẽ rơi.

So this is the activation of the electromagnet.

Đây là sự kích hoạt nam châm điện.

So here we go.

Đây rồi các bạn.

I can see Robert is nervous.  
Tôi có thể thấy Robert căng thẳng.

[class laughs]

And you can't blame him.  
Và bạn không thể trách anh ấy.

This is not the greatest day of his life.  
Đây không phải là ngày tuyệt vời trong cuộc đời anh ấy.

[class laughs]

Oh, by the way, I want you to know we are not cruel here.

Oh, dù sao đi nữa, tôi muốn bạn biết rằng ở đây chúng ta không độc ác.

He's wearing a bulletproof vest.

Anh ấy đang mặc bộ vec chống đạn

[class laughs]

Oh, boy, I can... I can feel him shaking all over his body.

Oh, các bạn, tôi có thể.....tôi có thể cảm thấy anh ấy rung toàn thân

He's very nervous.

Anh ấy rất căng thẳng.

Robert, don't let go yet! Oh, let me show you.  
Robert, đừng chừa đi! Oh, hãy để tôi chỉ cho bạn.

It's important that you know that we have done everything we can to aim this gun as accurately as we can at Robert.

Bạn cần biết rằng chúng ta đã làm mọi thứ chúng ta có thể nhằm cây súng này chính xác

hết mức đến Robert

Robert, don't let go yet.  
Robert, đừng vội đi

We've got to first cock the gun.

Đầu tiên, chúng ta phải lên cò  
súng.

Hold it, now, hold it, Robert!

Bây giờ giữ nó, giữ nó, Robert

[class laughs]

This happens always with Robert.  
Điều này luôn luôn xảy ra với Robert

[laughter]

[Lewin admonishes Robert in whispers]

[class laughs]

Okay, he just promised me that he will not let go again.

Vâng, anh ấy vừa hứa với tôi anh ấy sẽ không vội đi nữa.

When I cock the gun—

Khi tôi lên cò súng

if I can find the golf ball, it's here--

Nếu tôi có thể tìm quả bóng gôn, nó đây - -

then the electric circuit takes over and now the current will be disconnected when the gun is fired.

Thì mạch điện ngừng hoạt động và bây giờ dòng điện bị ngắt khi súng nổ.

Even I... even I'm nervous.

Thậm chí tôi cũng rất căng thẳng

I admit it, you know, this is a terrible thing to do.

Tôi thừa nhận điều đó, đây là thứ khủng khiếp để

làm.

Terrible thing to do.

Thứ khủng khiếp để làm.

[sighs]

You ready? Three, two, one, zero.

Bạn sẵn sàng chứ? Ba, hai, một, không.

[gun clicks]

[class exclaims]

[loud echo reverberates]

LEWIN: Poor monkey.

Con khi tội nghiệp

See you Friday.

Hẹn gặp vào thứ sáu.