

[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 về công nghệ Massachusetts > vật lý > cơ học cổ điển > chương II.

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 2

We will discuss velocities and acceleration.

Chúng ta sẽ thảo luận vận tốc và gia tốc.

I'll start with something simple.

Tôi sẽ bắt đầu với những điều đơn giản.

I have a motion of an object along a straight line--

we'll call that one-dimensional motion.

Tôi có một vật chuyển động dọc theo một đường thẳng – chúng ta sẽ gọi đó là chuyển động một chiều.

And I'll tell you that the object is here at time  $t_1$ .

Và giả sử rằng tại thời điểm  $t_1$  vật thể ở đây.

At time  $t_2$ , it's here.

Và tại thời điểm  $t_2$ , nó ở đây.

At time  $t_3$ , it's there.

Và tại thời điểm  $t_3$ , nó ở đó.

At time  $t_4$ , it's here and at time  $t_5$ , it's back where it was at  $t_1$ .

Và tại thời điểm  $t_4$ , nó ở đây và tại thời điểm  $t_5$ , nó trở về vị trí ở thời điểm  $t_1$ .

And here you see the positions in  $x$  where it is located at that moment in time.

Và ở đây bạn sẽ thấy vị trí  $x$  của nó ở các thời

điểm  $t$  tương ứng.

I will define this to be the increasing value of  $x$ .

Tôi sẽ định nghĩa đây là chiều tăng của  $x$ .

It's my free choice, but I've chosen this now.

Tôi có thể chọn tùy ý, nhưng bây giờ tôi chọn như

vậy.

Now we will introduce what we call the average velocity.

Bây giờ chúng ta sẽ làm quen với khái niệm vận tốc trung bình.

I put a bar over it.

Tôi đặt một gạch trên nó.

That stands for average between time  $t_1$  and time  $t_2$ .

Đó là kí hiệu quy ước giá trị trung bình trong khoảng thời gian giữa  $t_1$  và  $t_2$

That we define in physics as  $x$  at time  $t_2$  minus  $x$  at time  $t_1$  divided by  $t_2$  minus  $t_1$ .

Trong vật lí chúng ta định nghĩa nó là  $x$  tại thời điểm  $t_2$  trừ cho  $x$  tại thời điểm  $t_1$  chia cho  $t_2$  trừ  $t_1$ .

That is our definition.

Đó là định nghĩa của chúng ta.

In our case, because of the way that I define the increasing value of  $x$ , this is larger than 0.

Trong trường hợp của chúng ta, bởi vì do cách mà chúng ta định nghĩa chiều tăng của  $x$ , nó sẽ lớn hơn 0.

However, if I take the average velocity between  $t_1$  and  $t_5$  that would be 0, because they are at the same position so the upstairs is 0.

Tuy nhiên, nếu tôi lấy vận tốc trung bình giữa  $t_1$  và  $t_5$  thì nó sẽ bằng 0, bởi vì chúng cùng vị trí vì vậy tử số bằng 0.

If I had chosen  $t_4$  and  $t_2$ --

average velocity between time  $t_2$  and  $t_4$ —

Nếu tôi chọn  $t_4$  và  $t_2$  - -

thì sẽ có vận tốc trung bình giữa  $t_2$  và  $t_4$  - -

you would have seen that that is negative because the upstairs is negative.

Bạn sẽ nhận thấy rằng nó âm vì tử số âm.

Notice that I haven't told you where I choose my zero on my  $x$  axis.

Chú ý rằng tôi chưa nói tôi chọn gốc tọa độ ở đâu trên trục  $x$ .

It's completely unimportant for the average velocity.

Điều đó hoàn toàn không quan trọng đối với vận tốc trung bình.

It makes no difference.

Nó không tạo ra sự khác biệt.

However, if I had chosen this to be the direction of increasing  $x$  then, of course, the signs would flip.

Tuy nhiên, nếu tôi chọn đây là hướng tăng của  $x$  thì tất nhiên dấu sẽ đảo lại.

Then this would have been negative and this would have been positive.

Do đó cái này sẽ âm và cái này sẽ dương.

So the direction, that you are free to choose determines the signs.

Tùy theo hướng mà bạn tự do chọn cách xác định dấu.

The location where you put your zero is not important but signs in physics do matter.

Signs are important.

Vị trí mà bạn đặt gốc tọa độ không quan trọng nhưng dấu trong vật lí rất quan trọng. Dấu quan trọng.

Whether you owe me money or I owe you money the difference is only a minus sign but I think it's important for you.

Bạn nợ tôi tiền hay tôi nợ bạn tiền thì sự khác nhau chỉ là dấu trừ nhưng tôi nghĩ điều đó quan trọng đối với bạn.

Now I will give you not only the positions—

as I did here on the  $x$  axis at discrete moments in time--

but I'm going to tell you exactly where the object is at any moment in time.

Bây giờ tôi sẽ không những chỉ ra cho bạn vị trí ứng với các thời điểm rời rạc như tôi đã định trước  $t_1, t_2, t_3, t_4, t_5$  mà tôi sẽ cho bạn biết vị trí của vật tại một thời điểm bất kì nào đó.

Here you see an  $xt$  diagram so you see that at  $t_1$ , the object is at position  $xt_1$ .

Ở đây bạn thấy đồ thị  $xt$  vì vậy bạn sẽ thấy rằng tại  $t_1$ , vật ở vị trí  $xt_1$ .

This is the road of the object.

Đây là đường đi của vật thể.

This is the straight line, where it's moving.

Nó chuyển động theo đường thẳng này.

It starts here and it goes to this position.

Nó bắt đầu ở đây và nó đến vị trí này.

It goes to this one, it comes back to  $t_4$  and it comes back here.

Nó đi đến điểm này, nó trở lại  $t_4$  và nó trở lại đây.

I will tell you now every moment in time in between.

Bây giờ tôi sẽ nói cho bạn biết mọi thời điểm ở giữa.

And there it goes.

Và nó đến đó.

Voilà.

This is now information that is way more.

You have the information at any moment in time.

Bạn sẽ có thông tin về bất cứ thời điểm nào.

Notice that I now did choose  $x = 0$ .

Chú ý rằng bây giờ tôi chọn  $x=0$

I chose it somewhere here but I could have chosen it at any other point—

Tôi chọn nó ở đây nhưng bạn có thể chọn nó ở bất cứ điểm nào khác--

for whatever follows you will see that it makes no difference—

Bất cứ thứ gì theo bạn nó cũng không tạo ra sự khác biệt--

so I have chosen a zero point so that I can make a graph.

Vì vậy tôi đã chọn gốc tọa độ để vẽ đồ thị.

And now we will look at the average velocity in a somewhat different way.

Và bây giờ chúng ta sẽ xét vận tốc trung bình theo cách hơi khác.

Say I choose my time  $t_2$  and  $t_3$ .  
Ví dụ tôi chọn thời gian của tôi  $t_2$  và  $t_3$

I draw here now this line.  
Ở đây tôi vẽ đường thẳng này.

And this angle I call alpha and this part here I call delta x and this here is delta t.

Và góc này tôi gọi là alpha và ở đây phần này tôi gọi là delta x và đây là delta t

And so you could right now—

Và vì vậy ngay bây giờ bạn có thể - -

if you're careful about your sign convention--

you could write down now that the average velocity equals delta x divided by delta t.

Nếu bạn cẩn thận về quy ước dấu của bạn - -

Bây giờ bạn có thể viết ra vận tốc trung bình bằng delta x chia cho delta t.

But be careful.

Nhưng hãy cẩn thận.

If the angle is positive—  
Nếu góc là dương

I call this a positive angle--  
Tôi gọi đây là góc dương- -

then the average velocity is positive but if I have a negative angle then the average velocity would be negative.

Thì vận tốc trung bình là dương nhưng nếu tôi có góc âm thì vận tốc trung bình sẽ âm.

For instance, between  $t_4$  and  $t_5$ , if I draw this line then this angle here is negative and so the average velocity between  $t_4$  and  $t_5$  is now negative.

Chẳng hạn, giữa  $t_4$  và  $t_5$ , nếu tôi vẽ đường thẳng này thì ở đây góc này là âm và vì vậy vận tốc trung bình giữa  $t_4$  và  $t_5$  bây giờ là âm.

Again, if I had changed the zero points you would have found the same values for the average velocity.

Một lần nữa, nếu tôi thay đổi gốc tọa độ bạn sẽ tìm thấy vận tốc trung bình với giá trị giống như trên.

The only difference would have been the position of the curve in that plot.

Sự khác nhau chỉ là vị trí của đường cong trên đồ thị đó.

There is a very big difference in physics between speed and velocity.

Trong vật lí, có sự khác biệt lớn giữa tốc độ và vận tốc.

The average velocity between time  $t_1$  and  $t_5$  is zero but the average speed is not. Vận tốc trung bình trong khoảng thời gian từ  $t_1$  đến  $t_5$  bằng 0 nhưng tốc độ trung bình khác 0.

The average speed is defined as the distance traveled divided by the time that it takes to travel that distance.

Tốc độ trung bình được định nghĩa là quãng đường đi được chia cho thời gian để đi hết quãng đường đó.

Now, what is the distance that the object traveled between time  $t_1$  and time  $t_5$ ?

Bây giờ, quãng đường mà vật thể đi được trong khoảng thời gian từ  $t_1$  đến  $t_5$  là bao nhiêu?

Well, the object started at a position here on this  $x$  axis and then it went up, reached the highest point here so I'll make a drawing for you here.

Ồ, vật thể bắt đầu tại vị trí này trên trục  $x$  và sau đó nó đi lên, đạt đến vị trí cao nhất ở đây vì vậy tôi sẽ vẽ ra cho bạn ở đây.

It reached the highest point here, then it went down.

Nó đạt đến vị trí cao nhất ở đây, sau đó nó đi xuống.

And then when it went here it went up again and comes down again and it's back.

Và sau đó khi nó đến đây nó lại đi lên và lại đi xuống và nó quay lại.

And in order to find the average speed you would now have to know exactly what this distance is add up this distance add up this distance and this distance.

Và để tìm tốc độ trung bình bây giờ bạn sẽ phải biết chính xác quãng đường này cộng với quãng đường này cộng với quãng đường này bằng bao nhiêu.

And if that distance altogether were, for instance, 300 meters and if the time between  $t_1$  and  $t_5$  were three seconds then the average speed would be 300 meters divided by three seconds.

Chẳng hạn nếu quãng đường tổng cộng đó là 300 mét và nếu thời gian giữa  $t_1$  và  $t_5$  là 3 giây thì tốc độ trung bình sẽ là 300 mét chia cho ba giây.

That would be 100 meters per second so the average speed would be 100 meters per second yet the average velocity would be zero.

Kết quả sẽ là 100 m trên giây vì vận tốc độ trung bình sẽ là 100 m/s trong khi đó vận tốc trung bình bằng 0.

If you look at the location t3 and t2 and I bring t3 closer and closer to t2 then this angle of alpha will increase and I can go to the extreme that I bring t3 almost right at t2.

Nếu bạn xét vị trí t3 và t2 và tôi mang t3 ngày càng gần đến t2 thì góc alpha này sẽ tăng và tôi có thể mang t3 đến gần như ngay tại t2.

The angle of alpha will then be tangential to this point.

Do đó góc alpha sẽ là hệ số góc của tiếp tuyến tại điểm này

This will then be my angle of alpha.

Do đó, đây sẽ là góc alpha của tôi.

And now you will understand how we define the instantaneous velocity at time t which is different from an average velocity between two time intervals.

Và bây giờ bạn sẽ thấy vận tốc tức thời tại thời điểm t khác với vận tốc

trung bình trong khoảng thời gian nào đó như thế nào.

The instantaneous velocity,  $v_{--}$

and I pick a random time,  $t_{--}$

equals the limiting case for  $x$  measured at time  $t$  plus  $\Delta t$  minus  $x$  measured at time  $t$  divided by  $\Delta t$  and I do that for  $\Delta t_{--}$

goes to zero.

Vận tốc tức thời,  $v_{--}$

Và tôi chọn thời gian ngẫu nhiên,  $t_{--}$

Là giới hạn của  $x$  được đo tại thời điểm  $t$  cộng  $\Delta t$  trừ  $x$  được đo tại thời điểm  $t$  chia cho  $\Delta t$  khi  $\Delta t$  tiến tới 0 - -

So think of this as being t3 and this as t2.

Vì vậy hãy xem đây như là t3 và đây như là t2.

I bring t3 closer and closer and closer to t2 and the time between them then goes to zero.

Tôi mang t3 đến càng gần t2 và do đó thời gian giữa chúng tiến đến 0.

And this is something that you undoubtedly recognize.

Và đây là điều bạn dễ nhận thấy.

That's the first derivative of the position versus time.

Đó là đạo hàm bậc nhất của vị trí theo thời gian.

And now comes an equation which is one of the very few

that I want you to remember in x...

in 801:  $v$  equals  $dx/dt$ .



Và bây giờ chúng ta đi đến một phương trình là một trong số rất ít phương trình mà tôi muốn các bạn nhớ đối với  $x$ .....

Trong 801:  $v$  bằng  $dx/dt$ .

This is one that you must remember, not only in 801 but for the rest of your time at MIT.

Đây là điều bạn phải nhớ, không chỉ trong 801 mà ngay cả trong thời gian nghỉ ngơi tại MIT.

And this could be larger than 0, this could be 0 and this could be smaller than 0.

Và nó có thể lớn hơn 0, có thể bằng 0 và có thể nhỏ hơn 0.

If the angle of alpha, the tangential, is positive then it is a positive value.

Nếu góc alpha, hệ số góc của tiếp tuyến là dương thì nó là dương.

If it is negative, however, when you're here then it is a negative velocity.

Tuy nhiên, nếu nó âm khi bạn ở đây thì nó là vận tốc âm.

And if the angle of alpha is zero then the velocity is zero.

**Và nếu góc alpha bằng không thì vận tốc bằng 0.**

So if we now look at this plot we can search for the times that the velocity is zero so you have to look for the derivative being zero.

Vì vậy bây giờ chúng ta hãy xét đồ thị này chúng ta có thể xác định lúc nào vận tốc bằng 0 bằng cách nhìn đạo hàm ở đâu bằng 0.

That means the angle alpha being zero.

Điều đó có nghĩa là góc alpha bằng 0.

Clearly, here the velocity is zero.  
Rõ ràng, ở đây vận tốc bằng 0.

Right here, at this turning point—  
Ngay đây, tại điểm lồi này - -

that means when the object is here--

it is zero.

Điều đó có nghĩa là khi vật ở đây - -

nó bằng 0.

When the object is here it is again zero at this moment in time.

Khi vật ở đây nó lại bằng 0 tại thời điểm này.

Again, the angle is zero, and it is again zero here.

Một lần nữa, góc bằng 0, và nó lại bằng 0 ở đây.

So those are the times that the velocity is zero.  
Vì vậy những lúc này là thời điểm vận tốc bằng 0.

What are the times that the velocity is positive? Well, it's positive here.  
Thời điểm nào vận tốc dương? Ồ, nó dương ở đây.

The velocity's positive here still positive, positive, becomes negative negative,  
positive, zero, negative.

Ở đây vận tốc dương, vẫn còn dương, dương, trở thành âm âm, dương, bằng 0,  
âm.

So that's the definition of  $v$ , instantaneous velocity.  
Vì vậy đó là định nghĩa vận tốc tức thời  $v$

What is the instantaneous speed? Well, speed is not sign-sensitive.

Tốc độ tức thời là gì ? Ồ, tốc độ không có dấu

Suppose that the velocity here—

Giả sử rằng vận tốc ở đây

just...

vừa rồi

I call that  $v_1$ --

suppose that was plus 30 meters per second.

Tôi gọi là  $v_1$  - -

Giả sử rằng là cộng 30 mét trên giây.

I just grabbed this number out of the blue.

Tôi chọn nó hoàn toàn ngẫu nhiên.

And suppose here, somewhere, it was...

Và giả sử ở đây, hay đâu đó, nó là...

I call that  $v_2$ --

suppose that was minus 100 meters per second.

Tôi gọi là  $v_2$  – giả sử rằng là trừ 100 mét trên  
giây.

This is negative and this is positive.

Cái này âm và cái này dương.

Then we would have to say, in physics--

whether you like it or not, it's not very pleasing—

Trong vật lí, chúng ta sẽ phải nói - -

Cho dù bạn thích nó hay không thích, nó không dễ chịu

but you would have to say that this velocity is lower than that one because minus  
100 is lower than plus 30.

Nhưng bạn sẽ phải nói rằng vận tốc này là chậm hơn vận tốc đó vì trừ 100 nhỏ hơn cộng  
30.

But the speed, of course, is higher here because the speed is the magnitude of the  
velocity and is not sign-sensitive.

Nhưng tất nhiên là ở đây tốc độ lớn hơn bởi vì tốc độ là độ lớn của vận tốc và không có  
dấu

So this has the highest speed, of 100 meters per second and this has a lower speed but this has the lowest velocity.

Vì vậy ở đây có tốc độ lớn nhất, 100 m/s và ở đây có tốc độ thấp hơn nhưng đây lại là vận tốc thấp nhất.

It's just an algebraic game but very important when you make your calculations. Nó chỉ là trò chơi đại số nhưng rất quan trọng khi bạn thực hiện tính toán.

I have always wondered what the average speed or the average velocity is of a bullet.

Tôi luôn luôn tự hỏi tốc độ trung bình và vận tốc trung bình của đạn khác nhau như thế nào.

Now I want you to realize I am not a fan of guns at all but it always intrigued me.

Bây giờ tôi muốn bạn nhận thấy tôi không phải là người thích dùng súng nhưng nó khơi gợi trí tò mò của tôi.

How can I measure the average speed of a bullet--

and I have discussed it with some people here--

and we came up with an easy way to do that.

Tôi có thể đo tốc độ trung bình của viên đạn như

thế nào –và tôi đã thảo luận nó với vài người ở

đây—và chúng tôi đã đi đến một cách dễ dàng để

làm điều đó.

We have a wire, which goes into the blackboards, wire I and we have another wire that goes into the blackboards, wire II, and the separation is  $D$  meters.

Tôi có một sợi dây đi vào trong bảng, dây I và chúng ta có một sợi dây khác đi vào trong bảng, dây II, và cách nhau  $D$  mét.

We have to measure that.

Chúng ta phải đo cái đó.

The set-up is here so this is wire number I and this is wire number II.

Vì vậy hệ thống được thiết lập ở đây, đây là dây số I và đây là dây số II.

So you will see  $D$  coming in like this, so I'll make this a I and I'll make this a II.

Và bạn sẽ thấy  $D$  sẽ vẫn như thế này, nhưng tôi sẽ đổi lại đây là dây I và đây là dây II

That's the way it's set up.

Giống như cách thiết kế hệ thống ở đây.

And we fire the bullet, which breaks this wire.

Và chúng ta bắn một viên đạn, nó sẽ làm đứt sợi dây này.

At that moment, the timer starts and then it breaks this wire and that's when the timer stops.

Vào lúc đó, đồng hồ bắt đầu đếm và sau đó nó làm đứt dây này và đó là khi đồng hồ dừng.

Now, I told you a measurement is meaningless without knowledge of the uncertainty in your measurement.

À, tôi đã bảo với bạn rằng một phép đo là vô nghĩa nếu không biết sai số trong phép đo.

So there are two uncertainties involved--

the distance and the timing uncertainty.

Vì vậy có hai sai số liên quan - - sai số khoảng cách và sai số trong cách định thời gian.

This distance I will measure for you, D.

Khoảng cách tôi sẽ đo cho bạn D

I have here a large ruler.

Ở đây tôi có một cây thước lớn.

Here's one wire, here's the other wire.

Đây là một dây, và đây là dây còn lại.

I cannot do that any better, really than maybe even half a centimeter because the situation is not all that stable—

Tôi không thể làm tốt hơn, thậm chí không thể tốt hơn nửa centimet vì tình huống không ổn định gì cả.

I don't know what happens when the bullet will hit the wire—

Tôi không biết điều gì xảy ra khi viên đạn bắn trúng sợi dây - -

so I would say it is 148 centimeters but I cannot guarantee it to better than half a centimeter--

Vì vậy tôi có thể nói là 148.5 centimet nhưng tôi không thể đảm bảo nó tốt hơn nửa centimet

148Ω plus or minus 0.5 centimeters.

148.5 cộng hoặc trừ 0.5 centimet

I want you to appreciate that this is a very small percentage error.

Tôi muốn bạn nhìn nhận rằng đây là một sai số rất nhỏ.

This is only five parts out of 1,500.

Đây chỉ là 5 trên 1, 500

That is one out of 300, so that is only a one-third percent error.  
Hay là 1 trên 300, vì thế nó chỉ là sai số một phần 30.

That's very small—

Đó là sai số rất nhỏ - -

that's what we call the relative error.

Chúng ta gọi đó là sai số tương đối.

Then I ask myself the question—

Do đó tôi tự đặt câu hỏi

I want to measure the accuracy of the speed of the bullet to about two percent.

Tôi muốn đo chính xác tốc độ của viên đạn khoảng hai phần trăm.

That was my goal.

Đó là mục tiêu của tôi.

How accurate should I do the timing? Well, I had to make an estimate very roughly how fast the speed of the bullet is and I would think it is probably lower than the speed of sound.

Tôi sẽ định thời gian chính xác như thế nào? Ờ, tôi phải ước tính rất thô sơ tốc độ của viên đạn nhanh như thế nào và tôi nghĩ có lẽ nó chậm hơn tốc độ âm thanh.

The speed of sound is 340 meters per second.

Tốc độ âm thanh là 340 m/s

I don't know whether it's 200 or 300 but it's got to be somewhere in that ballpark of the kind of bullets that we have--

200 or 300 meters per second.

Tôi không biết nó là 200 hay 300 nhưng nó phải thuộc loại nào đó mà chúng tôi có trong sân chơi bóng chày. 200 hay 300 m/s

Let us assume that the speed is 300 meters per second—

just a wild guess.

Giả sử rằng tốc độ là 300 m/s, chỉ là sự suy đoán chưa

chính chắn

Then it would take 5 milliseconds for this bullet to cross from here to here.  
Do đó phải mất 5 mili giây để viên đạn đi từ đây qua đây

And if I want to make a measurement to two percent accuracy I have to know this timing to about one-tenth of a millisecond because one-tenth of a millisecond is about two percent of five.

Và nếu tôi muốn thực hiện phép đo chính xác đến 2 phần trăm tôi phải biết định thời chính xác đến 1/10 mili giây bởi vì 1/10 giây khoảng 2/100 của 5

So that sets the accuracy that I need to make the time measurements.

Vì thế thiết lập độ chính xác mà tôi cần để thực hiện đo thời gian.

And so we do have a timer.

Và vì vậy chúng ta phải có một đồng hồ

It is about accurate to about a tenth of a millisecond and so now I can measure that time.

Nó chính xác khoảng 1/10 mili giây và vì vậy bây giờ tôi có thể đo thời gian đó.

So I am going to have here some time that we measure plus or minus 0.1 and we'll do the whole thing in milliseconds.

Vì vậy ở đây tôi sẽ có một thời điểm nào đó mà chúng ta đo cộng hoặc trừ 0.1 và chúng ta sẽ làm mọi việc trong vài mili giây.

But our final answer will be in meters per second.

Nhưng kết quả cuối cùng của chúng ta sẽ là mét trên giây.

All right, I always have to think hard when I do this because when we deal with bullets, that is no kid stuff and I...

Được rồi, tôi luôn luôn phải nghĩ rằng khó khi tôi làm điều này bởi vì khi chúng ta phải làm với những viên đạn, đó không phải là trò chơi trẻ con và tôi.....

as I said I have really no experience firing guns.  
Như tôi đã nói tôi thực sự không có kinh nghiệm trong việc bắn súng.

This is the bolt.

Đây là cái nắp đây

There we go.

Hãy bắt đầu nào

Here's the bolt.

Đây là cái bu lông.

There we go.

Nào, bắt đầu.

It's in place.

Đặt nó ở đó.

Before I do that, I want to check...

check the circuits.  
Trước khi làm điều đó, tôi muốn kiểm tra.....  
Kiểm tra mạch.

I want to make sure that the electronic circuit is properly working.  
Tôi muốn đảm bảo rằng mạch điện tử hoạt động tốt.

You see the timing here, right? So I do a small test just to see whether the circuit is working.

Bạn sẽ thấy thời gian ở đây, đúng không? Vì vậy tôi muốn làm một kiểm tra nho nhỏ chỉ để kiểm tra xem mạch có hoạt động hay không.

Yep, should be working.

Vâng, hoạt động

Here comes the bullet.

Tới viên đạn

You ready? I'm ready.

Bạn sẵn sàng chưa? Tôi

sẵn sàng

Three, two, one, zero.

Ba, hai, một, không

[bullet whacks metal]



Viên đạn va vào kim loại

What do we see?

Bạn thấy gì?

5.8 milliseconds.

5.8.

5.8 mili giây

5.8

Is that what you see? Yeah? 5.8 milliseconds.

Đó là những gì bạn thấy phải không? Vâng? 5.8 mili giây.

5.8 plus or minus 0.1.

5.8 cộng trừ 0.1.

So out comes the average.

Vậy chúng ta sẽ tính được trung bình

Call it speed or call it velocity it's the same thing in this case.

Trong trường hợp này gọi nó là vận tốc hay tốc độ đều giống nhau cả.

148.5, 5.8, and I have to convert it to meters per second.

148.5, 5.8, và tôi phải chuyển nó sang mét trên giây.

That brings it at 256, plus or minus.

Kết quả là 256, cộng hoặc trừ

Now you come in here, with your plus or minuses.

This is a one point...

Bây giờ bạn đến đây, với cộng hoặc trừ.

Đây là một chấm.....

one-third percent error.  
Sai số 1/3%.

It's negligible to this one.  
Nó không đáng kể đối với cái này.

One out of 58 is about 1.7% so this is the only one we have to worry about so the uncertainty in there is about 1.7%.  
Cái này lệch so với 58 khoảng 1.7% vì vậy đây chỉ là một cái mà chúng ta phải bận khoăn về nó vì vậy sai số ở đó khoảng 1.7%

It's less than two--

that's what I wanted and it gives me an error of about four meters per second.

Nó nhỏ hơn 2 - - đó là những gì tôi muốn và nó cho tôi sai số khoảng 4 m/s.

And so this is the result.

Và vì vậy đây là kết quả.

And you see, it's only meaningful because we have a good idea about the uncertainties in the measurement.  
Và bạn thấy rằng nó có nghĩa bởi vì chúng ta có ý tưởng tốt về sai số trong phép đo.

Just as we introduced average velocity now I am going to introduce average acceleration.  
Vừa rồi, chúng ta đã nói về vận tốc trung bình bây giờ chúng ta sẽ nói về gia tốc trung bình.

Notice that the velocity changes here throughout time.  
Chú ý rằng ở đây vận tốc thay đổi theo thời gian.

And that brings me to the next part the logical part, namely, that we are going to introduce an average acceleration and with a little bit of imagination you can probably guess what that looks like.  
Và điều đó mang tôi đến phần tiếp theo một cách logic có tên là, gia tốc trung bình và với một ít trí tưởng tượng có lẽ bạn sẽ đoán ra nó sẽ như thế nào.

The average acceleration between time  $t_1$  and time  $t_2$  would then be the velocity at time  $t_2$  minus the velocity at time  $t_1$ , divided by  $t_2$  minus  $t_1$ .  
Gia tốc trung bình trong khoảng thời gian  $t_1$  và  $t_2$  sẽ bằng vận tốc tại thời điểm  $t_2$  trừ vận tốc tại thời điểm  $t_1$ , chia cho  $t_2$  trừ  $t_1$ .

And the dimension is lengths per seconds per time squared so it's meters per second squared.  
Và thứ nguyên là độ dài trên giây trên thời gian bình phương vì vậy nó là mét trên giây bình phương.

This is done for a one-dimensional situation.  
Điều này được thực hiện với trường hợp một chiều.

This number can be larger than zero, it can be equal to zero and it can be smaller than zero.  
Số này có thể lớn hơn 0, nó có thể bằng 0 và nó có thể nhỏ hơn 0.  
In our case,  $t_1$  to  $t_2$  here notice the velocity is zero as a start.

Trong trường hợp đang xét,  $t_1$  đến  $t_2$  ở đây chú ý rằng vận tốc

bằng 0 tại thời điểm ban đầu.

And it begins to increase because this angle of alpha increases.

Và nó bắt đầu tăng bởi vì góc alpha tăng.

It's the angle that matters.

Đó là góc có ý nghĩa quan trọng.

The angle increases, so in our case from  $t_1$  to  $t_2$  the average acceleration is larger than zero.

Góc tăng, vì vậy trong trường hợp đang xét từ  $t_1$  đến  $t_2$  gia tốc trung bình lớn hơn 0.

Look at the angle.

Hãy nhìn góc.

However, if you take the average acceleration between  $t_1$  and  $t_5$  that is smaller than zero because here the velocity is zero but here the velocity is negative.

Tuy nhiên, nếu bạn tính gia tốc trung bình trong khoảng  $t_1$  và  $t_5$  sẽ nhỏ hơn 0 bởi vì ở đây vận tốc bằng 0 nhưng ở đây vận tốc âm.

So if you substitute that in there you get an average acceleration which is smaller than zero.

Vì vậy nếu bạn thế nó vào đó bạn sẽ nhận được gia tốc trung bình nhỏ hơn 0.

So the signs in the velocity and the signs in average acceleration depend crucially on how I have defined my increasing value of  $x$  not where I choose my zero points.

Vì thế dấu của vận tốc và dấu của gia tốc trung bình phụ thuộc chủ yếu vào cách mà tôi định nghĩa chiều tăng của  $x$  chứ không phụ thuộc vào nơi chọn gốc tọa độ.

If I reverse the direction of increasing  $x$  then all my signs will change.  
Nếu tôi đảo hướng của chiều tăng  $x$  thì tất cả dấu sẽ thay đổi.

So you can also write down then that average acceleration, if you like that is  $\Delta v$  divided by  $\Delta t$  but you must be careful because the  $\Delta v$  is sign-sensitive.

Vì vậy bạn có thể viết ra gia tốc trung bình, nếu bạn thích  $\Delta v$  chia cho  $\Delta t$  nhưng bạn phải cẩn thận vì  $\Delta v$  có dấu.

You must obey your sign convention.

Bạn phải tuân theo quy ước dấu của bạn.

I have here a tennis ball and I can bounce this tennis ball, I can throw it down.

Ở đây tôi có quả bóng tennis và tôi có thể nảy bật quả bóng tennis này, tôi có thể ném nó.

And let us assume, just for simplicity that it hits the floor at about five meters per second and that it's a very, very good tennis ball and that it also bounces back with a velocity of about five meters per second.

Và để cho đơn giản, chúng ta hãy giả sử rằng nó chạm sàn nhà khoảng 5m/s và rằng nó là một quả bóng tennis rất rất tốt và nó nảy trở lại với vận tốc cũng khoảng 5m/s.

I will choose this to be my increasing value of  $x$  and so it hits the floor like this.

Tôi sẽ chọn cái này là chiều tăng của  $x$  và vì vậy nó chạm sàn nhà như thế này.

That means the velocity at which it hits the floor is minus five meters per second.

Điều đó có nghĩa là vận tốc mà nó chạm sàn nhà là trừ 5 m/s.

It bounces off, there it comes and it goes up with plus five meters per second.

Nó đi xuống đó, và nó đi lên với vận tốc cộng 5m/s.

I call this  $v_1$  and I call this  $v_2$ .

Tôi gọi cái này là  $v_1$  và cái này là  $v_2$ .

So what, now, is the average acceleration? Well, I would have to know the time that it takes for this change in direction.

Vậy bây giờ gia tốc trung bình là bao nhiêu? Ồ, tôi cần phải biết thời gian mà quả bóng đổi hướng.

In other words, we call that the impact time.

Nói cách khác, chúng ta gọi đó là thời gian va chạm.

I would say, in this case, the impact time  $\Delta t$  is probably about a hundredth of a second and so my average acceleration would be  $v_2$  minus  $v_1$ --

that is plus five minus minus five--

Trong trường hợp này, tôi sẽ nói, thời gian va chạm  $\Delta t$  có lẽ khoảng 1 phần trăm giây và vì vậy gia tốc trung bình sẽ là  $v_2$  trừ  $v_1$  -

Nghĩa là cộng 5 trừ trừ 5

that is ten divided by ten to the minus two and that is plus 1,000 meters per second squared.

Nghĩa là 10 chia cho 10 mũ trừ 2 và là cộng 1000 mét trên giây bình phương.

I have observed carefully the signs.  
Tôi phải quan sát dấu kĩ càng.

If now I say, "Aha, I don't like this I want to go this--

the value of increasing  $x$ ." No big deal.

Nếu tôi nói, "à, tôi không thích chọn chiều tăng của  $x$  như thế này mà tôi thích chọn như thế này." Không có gì to tát.

This will become a plus, this will become a minus and then this would become a minus.

Đây sẽ trở thành cộng, đây sẽ trở thành trừ và do đó đây sẽ trở thành trừ.

So then the acceleration is minus 1,000 meters per second squared.

Do đó gia tốc sẽ là trừ 1000 mét trên giây bình phương.

I have also here a tomato and I have here some eggs.

Ở đây tôi có một quả cà chua và ở đây tôi có vài quả trứng.

Now, imagine now that I throw the tomato down or, for that matter, the egg and that they hit the floor at five meters per second.

Bây giờ hãy tưởng tượng rằng tôi ném quả cà chua xuống hoặc trứng xuống, chẳng sao cả và chúng chạm sàn nhà với vận tốc 5m/s.

I could do that.  
Tôi có thể làm điều đó

They would not come back up.

Chúng sẽ không quay trở lại

They would go...

Chúng sẽ đi xuống luôn.

[blows raspberry]

So therefore the change in velocity would not be ten--

apart from the sign that you have to think about—

Do đó sự thay đổi vận tốc sẽ không là 10 - -

Ngoại trừ dấu mà bạn phải suy nghĩ - -

but it would only be five meters per second.  
Nhưng nó sẽ chỉ là 5 m/s

The impact time would probably be much longer maybe a quarter of a second.  
Thời gian va chạm có lẽ lâu hơn nhiều có lẽ là  $\frac{1}{4}$  giây

So therefore the average acceleration during the impact would then be only five divided by one quarter...

Do đó gia tốc trung bình trong quá trình va chạm sẽ chỉ là 5 chia cho  $\frac{1}{4}$

would be something like 20 meters per second squared.  
Kết quả là 20 mét trên giây bình phương.

Now, whether you call it plus or whether you call it minus 20 meters per second squared depends on your convention of what you call increasing x.

Bây giờ, bạn gọi nó là cộng hay trừ 20 mét trên giây bình phương phụ thuộc vào quy ước về chiều tăng x.

But the eggs and the tomatoes don't care what you call minus and what you call plus.

Nhưng trứng và cà chua không quan tâm đến những gì bạn gọi là trừ và những gì bạn gọi là cộng.

Whether the acceleration is minus 20 meters per second squared or plus 20 meters per second squared you'd better believe it, the egg will break.

Gia tốc là trừ 20 mét trên giây bình phương hoặc cộng 20 mét trên giây bình phương, tốt hơn bạn nên tin rằng, trứng sẽ bể.

So it's only in your convention that it matters but, of course, the physics will not change.

Vì vậy tùy theo quy ước của bạn mà dấu thay đổi nhưng tất nhiên, vật lý sẽ không thay đổi.

The eggs couldn't care less what you have chosen for your sign convention.

Trứng không thể quan tâm đến cách quy ước dấu của bạn.

Something breaks because the magnitude of acceleration becomes too high.

Một vài thứ vỡ vì độ lớn của gia tốc quá cao.

That's why something breaks.

Đó là lí do tại sao một vật bể.

A few days ago, I saw a Sherlock Holmes movie and there was a guy who fell on the floor--

marble floor--

hit his head, was lying there motionless.

Vài ngày trước, tôi xem phim Sherlock Holmes và tôi thấy một tên rơi xuống sàn nhà - -  
Sàn nhà đá hoa cương -  
Đập đầu vào sàn nhà, và nằm bất động.

And here was Watson, and Watson said to Sherlock Holmes "What happened?"  
Sherlock Holmes walks over to the guy touches him and he says, "He crushed his skull." He looked very intelligent, I must say, when he said that.

Và ở đó có Watson, và Watson hỏi Sherlock Holmes " chuyện gì vậy?" Sherlock Holmes đi tới gã ấy chạm gã và nói, " Hấn vỡ sọ rồi." Tôi phải nói là anh ấy rất thông minh khi anh ấy nói điều đó.

"He crushed his skull." And I said, "Gee, that's really physics in action--

"Anh ấy vỡ sọ rồi." Và tôi nói, " A, đó chính là vật lí trong thực tiễn - -

It's 801 all the way."

[class laughs]

A modest...

a really modest velocity when he hits the floor but he hit the floor like a billiard ball.

Vận tốc khi anh ấy va chạm sàn nhà nhỏ nhưng anh ta va chạm giống như quả bóng bida

The guy was bald, for one thing and so the impact time was very short.

Anh ta hói đầu và thời gian va chạm rất ngắn

And when the impact time is short even if you hit the floor with a modest speed the acceleration is high...

Và khi thời gian va chạm ngắn thì cho dù bạn chạm sàn nhà với vận tốc nhỏ nhưng gia tốc cũng rất lớn.....

[blows raspberry]

And that was too much and so that's why his skull was crushed.

Và nó quá lớn và vì vậy đó là lí do tại sao anh ta vỡ sọ.

So what matters is this changing velocity and the impact time.

Vậy vấn đề ở đây là sự thay đổi vận tốc và thời gian va chạm.

We now want to make one last step from average acceleration.

Bây giờ chúng ta muốn làm một bước cuối cùng cho gia tốc trung bình.

We want to go to the acceleration at any moment in time just the way we did that with velocity.

Chúng ta muốn đi đến khái niệm gia tốc tại bất kì thời điểm nào giống như cách mà chúng ta đã làm với vận tốc.

And that now is a natural step.

Và bây giờ đó là một bước tự nhiên.

The acceleration at any moment in time will be the limit for delta t goes to zero for v measured at t plus delta t minus vt divided by delta t.

Gia tốc tại bất kì thời điểm nào sẽ là giới hạn của v được đo tại t cộng delta t trừ cho vt chia cho delta t khi delta t tiến tới 0.

That is the instantaneous acceleration.

Đó là gia tốc tức thời.

And this, you will recognize is the first derivative of velocity versus time which is also the second derivative of position versus time.

Và ở đây, bạn sẽ nhận ra rằng đạo hàm bậc nhất của vận tốc theo thời gian cũng là đạo hàm bậc hai của vị trí theo thời gian.

And so here comes the second equation that I really want you to remember forever and ever and ever that the acceleration is  $dv/dt$  which is also  $d^2x/dt^2$ .

Và vì vậy ở đây chúng ta đi đến một phương trình bậc hai mà tôi thực sự muốn bạn nhớ mãi mãi đó là gia tốc bằng  $dv/dt$  hoặc bằng  $d^2x/dt^2$ .

We can go to our plot and we can ask ourselves the question now: where is the acceleration zero, where is it larger than zero and where is it smaller than zero?



Chúng ta có thể nhìn lên đồ thị của chúng ta và bây giờ chúng ta có thể tự hỏi: gia tốc bằng 0 ở đâu, và ở đâu gia tốc lớn hơn 0 và ở đâu gia tốc nhỏ hơn 0 ?  
Because this value can be larger than zero, equal to zero and smaller than zero.  
Vì giá trị này có thể lớn hơn 0, bằng 0 hoặc nhỏ hơn 0.

And now you have to be very careful when you try to derive that from this plot.

Và bây giờ bạn phải rất cẩn thận khi bạn suy ra nó từ đồ thị này.

You have to be very careful because you and I have no good feeling for second derivatives.

Bạn phải rất cẩn thận bởi vì bạn và tôi không có cảm giác tốt về giây rút ra

Velocity is easy--

all you have to do is looking at alpha.

Vận tốc thì dễ rồi - - tất cả những gì bạn phải làm là nhìn alpha.

But when it comes to the second derivative you have to see how alpha is changing.  
Nhưng khi đến giây cần xét thì bạn phải biết alpha thay đổi như thế nào.

Well, right here, the velocity is not changing so the acceleration everywhere here must be zero.

Ồ, ở ngay đây, vận tốc không thay đổi vì vận gia tốc ở mọi nơi quanh đây phải bằng 0.

Here the velocity is increasing so the acceleration must be larger than zero here.

Ở đây vận tốc tăng vì vận gia tốc phải lớn hơn 0 ngay tại đây.

Here, the velocity is almost constant--

it's almost a straight line.

Ở đây vận tốc hầu như không đổi - - nó gần như là đường thẳng.

What does that mean for the acceleration? Zero, exactly.

Điều đó có ý nghĩa như thế nào đối với gia tốc ? 0, chính xác.

Here, when it makes this rounding curve the velocity is positive here, but on this side it's negative so what does that mean for the acceleration? Negative, you got it.

Ở đây, khi nó đi theo đường cong này vận tốc dương ở đây, nhưng ở phía này nó âm vận gia tốc có ý nghĩa như thế nào đối với gia tốc? Âm, được rồi.

And so you can now roughly find where the acceleration is positive where it's negative and where it is zero.

Và vì vậy bây giờ bạn có thể tìm được ở đâu gia tốc dương ở đâu nó âm và ở đâu nó bằng 0.

Let's do a straightforward example the way that you could expect it on an assignment or, if you were extraordinarily lucky you might even get something like that on an exam.

Bây giờ hãy làm một ví dụ đơn giản giống như một bài tập hoặc nếu bạn may mắn lạ thường bạn có thể gặp nó trong bài kiểm tra.

Very straightforward.

Rất đơn giản.

I'm going to give you the position  $x$  as a function of time and then ask you lots of questions about it.

Tôi sẽ cho bạn vị trí của  $x$  như một hàm theo thời gian và sau đó đặt ra một số câu hỏi

So this example is a working example--

$x$  equals eight minus 60 plus  $t$ -squared.

Ví dụ này như sau - -

$x$  bằng 8 trừ 6t cộng  $t$  bình phương

So this tells you where the object is at any moment in time and let this be in meters.

Nó cho bạn biết vật thể ở đâu tại bất kì thời điểm nào và đơn vị sẽ là mét

What now is the velocity at any moment in time? Well, that's the derivative  $dx/dt$  and I use the following—

Vận tốc của vật tại một thời điểm  $t$  bất kì có dạng như thế nào?Ồ, đó là đạo hàm  $dx/dt$  và tôi tính như sau

$x$  equals  $t$  to the power  $n$ .

$x$  bằng  $t$  mũ  $n$

Then, as most of you should know  $dx/dt$  is then  $n$  times  $t$  to the power  $n$  minus one.

Thì theo như các bạn đã biết  $dx/dt$  là  $n$  nhân với  $t$  mũ  $n$  trừ 1

That's all I'm using.

Tôi sẽ dùng biểu thức này.

So the derivative of eight is zero.

Vì vậy đạo hàm của 8 là 0.

I get here minus six, I get here plus  $2t$ —

this would be in meters per second---

Tôi có ở đây là trừ 6, ở đây là cộng  $2t$  - -

Đây sẽ là mét trên giây - -

and the acceleration...

I have to take the derivative of the velocity, I get plus two.

Và gia tốc ...

Tôi sẽ lấy đạo hàm của vận tốc, kết quả bằng +2.

So notice that the acceleration is constant in time, is not changing but the velocity is changing.

Vì vậy chú ý rằng gia tốc không thay đổi theo thời gian, không thay đổi nhưng vận tốc thay đổi

Well, at time  $t$  equals zero...

just, I will start to probe a little bit.

Ồ, tại thời điểm  $t=0$

Ngay lúc ấy, tôi sẽ bắt thăm dò một tí.

I want to get a feeling for what this object is doing.

Tôi muốn nhận được cảm giác lúc vật này đang rơi.

At time  $t$  equals zero,  $x$  is plus eight The velocity is minus six meters per second and the acceleration equals plus two.

Tại thời điểm  $t$  bằng 0,  $x$  là +8. Vận tốc là trừ 6m/s và gia tốc bằng trừ 2.

I can also ask myself at what time does  $x = 0$ ? What are the times that  $x$  is zero?

Well, I have to solve this second-order equation which is something that you've all done in high school and you will find that that's the case when the time is plus two and when the time is plus four.

Tôi cũng có thể tự hỏi, lúc nào thì  $x=0$ ? Thời gian nào  $x=0$ ?

Ồ, tôi phải giải phương trình bậc hai này. Cách giải phương trình này các bạn đã được học ở trường trung học và bạn sẽ tìm ra thời gian bằng +2 và +4

Take the plus two...

that makes this four.

Cộng 2.....

Làm cho cái này thành 4

$4 + 8 = 12$ , minus  $6 \times 2$ , that's 0.

$4 + 8 = 12$ , trừ 6 nhân 2, kết quả bằng 0.

So you see the 2 works and you check that the 4 also works.

Vì vậy bạn thấy 2 nghiệm đúng và bạn kiểm tra xem 4 có đúng không.

Just for my curiosity, when is the velocity zero? Oh, that's easy—

that's when this equation is zero so that's when  $t$  equals three.

Tôi cũng tò mò muốn biết khi nào vận tốc bằng 0? Oh, điều đó quá dễ - -

What is, at that moment, the position? Well, I substitute  $t$  equals three in here and that gives me minus one.

$x = -1$ .

Tại lúc đó, nó ở tọa độ bằng bao nhiêu? Ồ, tôi thế  $t = 3$  vào đây và nó sẽ cho tôi kết quả là -1.

$x=-1$ .

So now I'm ready to plot  $x$  as a function of  $t$ .

Vì vậy bây giờ tôi đã sẵn sàng vẽ đồ thị  $x$  theo  $t$

It's, of course, a parabola and I use this information that we have just derived.

So here comes my plot.

Tất nhiên, nó là parabol và tôi dùng thông tin mà chúng ta vừa rút ra.

Vì vậy đây là đồ thị của tôi

Let this be increasing value of  $x$  let this be eight and let this be minus one.

This is the time axis.

I have a zero here and so I want to cover, let's say, about six seconds so I have 1, 2, 3, 4, 5, 6.

Hãy cho cái này là chiều tăng của  $x$ , hãy lấy cái này là 8 và hãy đặt cái này là -1.

Đây là trục thời gian.

Ở đây tôi có 0 và vì vậy tôi muốn bao phủ, chúng ta xét, khoảng 6 giây vì vậy tôi có 1, 2, 3, 4, 5, 6.

Now I am going to use this information in order to give you a curve which is similar to that one except this is a simple one--

this is just a parabola.

Bây giờ tôi sẽ dùng thông tin này để cho bạn một đường cong tương tự với cái mà người ta hi vọng cái này là cái đơn giản. Đây chỉ là parabol.

So I know that at time  $t$  equals zero the object is at position eight.

I know that  $x$  is zero...

Vì vậy tôi biết rằng ở thời điểm  $t=0$  vật thể ở vị trí 8

Tôi biết rằng  $x$  bằng 0....

that  $x$  is zero at the time 2 and at the time 4 so the object is here at this time and at this time.

$x$  bằng 0 tại thời gian 2 và thời gian 4 vì vậy vật thể ở đây vào lúc này và vào lúc này.

And I know that at time  $t$  equals three it is at position minus one, so the object is here.

Và tôi biết rằng tại thời điểm  $t=3$  nó ở vị trí  $-1$ , vì vậy vật thể ở đây.

And I also know that the velocity is zero so we can check that.

Và tôi cũng biết rằng vận tốc bằng 0 vì vậy chúng ta có thể kiểm tra điều đó.

And so if I make this plot now then we would get a curve that's sort of like this and yes, indeed, notice, the velocity here is zero.

Và vì vậy nếu bây giờ tôi vẽ đường cong thì chúng ta sẽ nhận được đường cong loại giống như thế này và vâng, quả thực, chú ý, vận tốc ở đây bằng 0.

The angle  $\alpha$  equals zero.

Góc  $\alpha$  bằng 0

The object starts out at  $t$  equals zero with a negative velocity.

Vật thể khởi hành tại  $t=0$  với vận tốc âm.

You can see that--

the object at  $t$  equals zero is here.

Bạn có thể thấy rằng - -

Tại thời điểm  $t=0$ , vật thể ở đây.

This is where the object is, I hope you realize that.

Đây là nơi vật thể đến, tôi hi vọng bạn nhận ra điều đó

The object is never here.

Vật thể không bao giờ ở đây.

This is the road, this is the one-dimensional track on which the object is sitting.

Đây là quỹ đạo chuyển động, đây là quỹ đạo một chiều mà vật thể nằm trên đó.

The object is here and it starts going in this direction.

Vật thể ở đây và nó bắt đầu đi theo hướng này.

If it starts going in this direction the velocity must be less than zero and indeed it is, it's minus six.

Nếu nó bắt đầu đi theo hướng này thì vận tốc phải nhỏ hơn 0 và quả thực nó là, nó là  $-6$ .

But there is the acceleration which is plus two in this direction.

Nhưng có gia tốc bằng  $+2$  theo hướng này.

The acceleration says, "I don't want you to go down.

I want you to go up!" Well, the velocity says "Sorry, all I can do

is slowly, slowly change" and that's what it's doing.

Gia tốc nói rằng, "tôi không muốn bạn đi xuống. Tôi muốn bạn đi lên"Ồ, vận tốc nói "Xin lỗi, tất cả những gì tôi có thể làm là chậm, thay đổi chậm" và đó là những gì nó đang làm.

It's slowly changing the velocity and there comes a time that the velocity is zero so the object goes down, the velocity changes and when it is at position minus one it has come to a grinding halt and now it is returning.

Vận tốc thay đổi chậm và ở đó đến lúc vận tốc bằng 0 vì vậy vật thể đi xuống, vận tốc thay đổi và khi nó ở vị trí -1 nó đã ngừng hẳn lại và bây giờ nó trở lại.

This positive value of  $a$  is now increasing the velocity and that's what you see. Bây giờ giá trị dương này ứng với vận tốc đang tăng và đó là những gì bạn thấy.

I therefore bet you a nickel that if you substitute, in that equation,  $t$  equals four that the velocity better be positive.

Do đó tôi cá với bạn rằng nếu bạn thế vào trong phương trình đó,  $t$  bằng 4 thì vận tốc sẽ là dương.

It has changed from a minus sign to a plus sign because of this positive acceleration. Nó đã thay đổi từ dấu trừ đến dấu cộng bởi vì gia tốc dương này.

I bet you a nickel  $t$  equals four.

What is  $x$ ...

Tôi cá với bạn  $t=4$ .

$x$  là bao nhiêu ....

uh, what is  $v$ ? We want to know  $v$ .

$8 - 6 + 2$  meters per second.

Uh,  $v$  là bao nhiêu? Chúng ta muốn biết  $v$

$8-6+2$  m/s

You see? Physics works—

Bạn thấy không? Bài tập vật lí

$v$  is now plus two meters per second.

Bây giờ  $v$  là  $-2$ m/s

So all that information is in there but I want you to be able to also digest it.

Vì vậy tất cả các thông tin này ở trong đó nhưng tôi muốn bạn có thể suy nghĩ kĩ càng về nó.

Don't look at that curve as just some dumb parabola, some dumb curve.

Đừng nhìn đường cong đó như là một là parabol câm lặng, một đường cong câm lặng nào đó.

Try to imagine what is happening and only then do you get some insight.

Hãy cố tưởng tượng những gì đang xảy ra và chỉ khi đó bạn mới hiểu thấu đáo.

Then you really begin to get it in your brains.

Sau đó bạn thực sự bắt đầu nhận nó vào trong não bạn.

I now would like to write down, in most general form the equation for the position and the velocity as a function of time for a one-dimensional motion whereby the acceleration is constant.

Bây giờ tôi muốn viết ra, ở dạng tổng quát nhất phương trình tọa độ và vận tốc là hàm theo thời gian đối với chuyển động một chiều bởi vì gia tốc là hằng số.

So it's going to be one-dimensional again and we have  $a$  is going to be a constant.

Vì vậy nó là một chiều và chúng ta sẽ có  $a$  sẽ là hằng số

And so the equation that I write down is the most general way that I can write it down.

Và vì vậy phương trình mà tôi viết ra là cách tổng quát nhất mà tôi có thể viết nó

So we're going to get  $x$  equals some number  $C_1$  plus some  $C_2$  times  $t$ , plus some  $C_3$  times  $t$  squared.

Vì vậy chúng ta sẽ nhận được  $x$  bằng số  $C_1$  nào đó cộng với  $C_2$  nhân  $t$ , cộng với số  $C_3$  nào đó nhân với  $t$  bình phương.



And notice...

oh, I already erased my example.

Và chú ý...

Oh, tôi đã xóa ví dụ của tôi rồi.

My example is gone but you would have seen this was an eight before and here we had...

uh, what did we have? Minus...

we had minus  $6t$  and we had plus  $1t$  squared.

Ví dụ của tôi đã xóa rồi nhưng bạn đã thấy rằng đây là 8 từ trước và ở đây chúng ta có...

Uh, chúng ta đã có cái gì? Trừ

Chúng ta có trừ  $6t$  và chúng ta có cộng  $1t$  bình phương

So you recognize these three...

Vì vậy bạn nhận ra ba cái này....

I can now take the derivative and so I get  $C_2$  plus  $2C_3$  times  $t$  and then I get the acceleration equals  $2C_3$ .

Bây giờ tôi có thể lấy đạo hàm và vì vậy tôi có được  $C_2$  cộng với  $2C_3$  nhân  $t$  và tôi nhận được gia tốc bằng  $2C_3$ .

And now we get some insight into these quantities.

Và bây giờ chúng ta hãy xét kĩ những đại lượng này

Clearly,  $x_1$ ...

$C_1$  is the position of  $x$  at time  $t$  equals zero for which we often write an  $x$  zero.

Rõ ràng,  $x_1$ .....

$C_1$  là vị trí của  $x$  tại thời điểm  $t = 0$  và chúng ta thường kí hiệu là  $x$  không. Bởi vì đó là vị trí  $x$  khi  $t=0$ .

Because when  $t$  is zero, that is where  $x$  is.

C2 is really the velocity at time t equals zero because when t is zero, that's when C2 is v.

C2 thực sự là vận tốc tại thời điểm  $t=0$  bởi vì khi  $t=0$  thì C2 bằng v.

And the acceleration is now changing with time.

Và bây giờ gia tốc thay đổi theo thời gian

It's  $2C3$ , therefore C3 is half the acceleration.

Nó bằng  $2C3$ , do đó C3 bằng  $\frac{1}{2}$  gia tốc.

So this gives you some insight in the meaning of these quantities and you can see...

you can read now, some physics in there.

Vì vậy điều này giúp bạn hiểu sâu hơn về ý nghĩa những đại lượng này và bạn có thể thấy.....bây giờ bạn có thể rút ra một vài ý nghĩa vật lí ở đó.

C1, C2, and C3 can independently be either zero, or larger than zero, or negative.

It makes no difference—

C1, C2 và C3 có thể bằng 0, hoặc lớn hơn 0 hoặc bé hơn 0 một cách độc lập nhau. Nó không tạo ra sự khác biệt - -

each one of these combinations is a valid possibility in physics.

Mỗi cái trong số những sự kết hợp giữa chúng là một khả năng hợp lệ trong vật lí.

When we have gravity an object is influenced by the gravitational acceleration and the gravitational acceleration is a constant.

Khi chúng ta có trọng lực một vật thể bị ảnh hưởng bởi gia tốc trọng trường và gia tốc trọng trường là hằng số.

And we write, often for that gravitational acceleration, the letter "g".

Và chúng ta thường kí hiệu gia tốc trọng trường bằng chữ "g"

Whether I drop an object or throw it vertically up or I throw it vertically down, it's all one-dimensional.

Cho dù tôi thả nó xuống hoặc ném nó thẳng đứng lên trên hoặc ném nó xuống dưới theo phương thẳng đứng thì tất cả đều là chuyển động một chiều.

It becomes two-dimensional when I throw it at an angle.

Nó trở thành hai chiều khi tôi ném nó với một góc nào đó.

I keep it one-dimensional the acceleration is always the same and that g--

gravitational acceleration--

in Boston is 9.80 meters per second squared and it varies a little bit for different places on Earth.

Tôi giữ nó một chiều gia tốc luôn luôn giống nhau và gia tốc trọng trường g ở Boston là 9.80 m/giây bình phương và nó thay đổi một ít tại các nơi khác trên trái đất.

This gravitational acceleration is independent of the mass of the object that I drop of the speed of the object of the chemical composition of the object of the size of the object and of the shape of the object assuming that we have no air drag assuming that these experiments are done in...

in vacuum.

Gia tốc trọng trường này không phụ thuộc vào khối lượng của vật thể mà tôi thả, không phụ thuộc vào vận tốc của vật thể, vào thành phần cấu tạo, cũng như kích thước và hình dạng của vật thể giả sử rằng chúng ta không có lực cản không khí và giả sử rằng thí nghiệm này được thực hiện trong chân không.

Is it obvious that the gravitational acceleration is independent of all these quantities? By no means.

Có phải là hiển nhiên gia tốc trọng trường không phụ thuộc vào tất cả những đại lượng này? Không khi nào

Is it true? We think so, but I want you to appreciate that it is not obvious and it can not be proven from first principles.

Nó đúng không? Chúng tôi nghĩ vậy, nhưng chúng tôi muốn bạn nhìn nhận đúng rằng điều đó không hiển nhiên và nó không thể được chứng minh bằng nguyên lý thứ nhất.

Remember, last time we dropped an apple from three meters and we dropped another one from one and a half meters.

Hãy nhớ rằng, mới đây chúng ta đã thả một quả táo rơi từ 3 m và quả khác rơi từ độ cao  $\frac{1}{2}$  m.

And in your second assignment, which you haven't seen yet I'm asking you to calculate the gravitational acceleration for me using these both experiments.

Và trong nhiệm vụ thứ hai, nhiệm vụ mà bạn chưa làm tôi sẽ bảo bạn tính gia tốc trọng trường cho tôi dùng cả hai thí nghiệm này.

And, of course, I want you to also tell me what the uncertainty is in your final answer.

Và tất nhiên, tôi cũng muốn bạn cho tôi biết sai số trong kết quả cuối cùng của bạn là bao nhiêu

And I'd like to help you a little bit to set it up and also to get these equations in terms of gravity.

Và tôi muốn giúp bạn một tí để thiết lập nó và tìm được những phương trình này theo trọng lực.

Whenever we deal with gravity, we get the  $g$  in there.

Bất cứ khi nào bạn gặp trọng lực, bạn sẽ nhận  $g$  ở đó

So suppose here is the object at time  $t$  equals zero.

Vì vậy giả sử đây là vật thể tại thời điểm  $t=0$ .

It was the apple, and I call that position  $x$  zero.

Nó là một quả táo, và tôi gọi vị trí đó là  $x$  không.

I call that zero, I'm free to choose my zero position and I drop it zero speed.

Tôi gọi đó là vị trí ban đầu, tôi có quyền tự do chọn vị trí ban đầu và tôi thả nó với tốc độ đầu.

I just let it go, because that's the way we did it in class.

Tôi chỉ cho nó đi, bởi vì đó là cách mà chúng ta làm nó trong lớp.

The object goes down and it hits the floor.

Vật đi xuống và nó chạm sàn nhà.

Well, the general equations, now, which deal in gravity...

Ồ, bây giờ, phương trình tổng quát mà chúng ta xét trọng lực

If I call this the increasing value of  $x$ ...

You can choose it differently.

This is my choice today...

is the following.

Nếu tôi gọi cái này là chiều tăng của  $x$ ... bạn có thể chọn theo cách khác. Đây là cách

chọn của tôi hôm nay.....là như sau.

$x$  equals  $x$  zero plus  $v$  zero  $t$  plus one-half  $g$   $t$  squared and  $g$  now is 9.80 meters per second squared.

$x$  bằng  $x$  không cộng  $v$  không  $t$  cộng  $\frac{1}{2} g t$  bình và bây giờ  $g$  bằng 9.8 m/s bình phương.

The velocity, at any moment in time equals  $v$  zero plus  $gt$  and the acceleration is constant--

it's simply  $g$ .

Vận tốc, tại bất kì thời điểm nào bằng  $v$  không cộng  $gt$  và gia tốc là hằng số - - nó đơn giản

là g.

Now, in my case, I have chosen t equals zero, x zero, zero and I have chosen this zero, so these go.

Bây giờ, trong trường hợp của tôi, tôi đã chọn t bằng 0, x không, không và tôi đã chọn cái này bằng 0, vì vậy đến những cái này.

And so you see that when the object is here--

which is three meters below this point—

Và vì vậy bạn thấy rằng khi vật thể ở đây – nó

ở dưới điểm này 3 m

and you know the time, how long it took to get there that you can now calculate "g" because x would be then three meters.

That's when it's here.

Và bạn biết thời gian, bạn biết nó mất bao lâu để đến đó nơi mà bây giờ bạn có thể tính

"g" bởi vì sau đó x sẽ là 3 m.

Đó là khi nó ở đây.

We made a measurement in class how long it took, so you know the time and so you can come up with a value for g.

Chúng ta thực hiện phép đo trong lớp mất bao lâu, vì vậy bạn biết thời gian và vì vậy bạn có thể tìm ra giá trị g.

And you can do that for both measurements and, of course, I want you to tell me, also what the uncertainty is in those measurements.

Và tất nhiên, bạn có thể làm điều đó đối với cả hai phép đo, tôi muốn bạn cho tôi biết sai số trong những phép đo đó là bao nhiêu.

Remember that we derived, last time, that  $C \dots$

that the time that it takes for the apple to fall was  $C$  times the square root of  $h$  over  $g$  and we never knew what that  $C$  was.

Nhớ rằng mới đây, chúng tôi đã rút ra rằng  $C \dots$

Rằng thời gian mà một quả táo rơi là  $C$  nhân với căn bậc hai của  $h$  trên  $g$  và chúng ta chưa biết  $C$  là bao nhiêu.

I did a demonstration to show you that the time is proportional to the square root of  $h$ .

We never knew what that  $C$  was.

Tôi đã chứng tỏ cho bạn biết rằng thời gian tỉ lệ với căn bậc hai của  $h$ . Chúng ta chưa biết  $C$  là bao nhiêu.

Now you know, because now you have the equations here and you see that that  $C$  simply was the square root of two.

Bây giờ bạn biết rằng, bởi vì bây giờ bạn có những phương trình ở đây và bạn sẽ thấy rằng  $C$  đơn giản chỉ là căn bậc hai của 2.

But I could not derive that from my dimensional analysis.

Nhưng tôi không thể rút ra điều này từ phép phân tích thứ nguyên lần trước.

Now I want you to relax and, at the same time get a little bit alert for a change.

Bây giờ tôi muốn bạn thư giãn và , cùng lúc đó chú ý một ít đến sự thay đổi.

Look at this situation,  $v$  equals  $gt$ .

Hãy xét trường hợp này,  $v$  bằng  $gt$ .

That means when I drop an apple--

and I'm going to drop another one today--

that the velocity increases with time.

Điều đó có nghĩa là khi tôi thả quả táo - -

và tôi sẽ thả quả khác hôm nay - -

vận tốc tăng theo thời gian.

So if I strobe this apple while it was falling I would see the separation, when it strobos to increase with time, because the velocity goes up with time.

I have here an apple, or I am going to put an apple up about three meters from the floor--

three meters.

Vì vậy nếu tôi chiếu ánh sáng nhấp nháy vào quả táo này trong khi nó đang rơi thì tôi sẽ thấy khoảng cách, khi sự nhấp nháy tăng theo thời gian, vì vận tốc tăng theo thời gian.

Ở đây tôi có một quả táo, hoặc tôi sẽ đặt quả táo khoảng 3m trên sàn nhà --

So the height is three meters, approximately.

Vì vậy độ cao khoảng 3m

We know from last time, remember, we did it it was about 780 milliseconds to hit the floor.

Nhớ rằng, từ lần trước, thời gian rơi từ đó xuống sàn nhà khoảng 780 mili giây.

I will just round it off and I think about it...

about eight-tenths of a second, just to get an idea.

Tôi sẽ đi quanh nó và nghĩ về nó...

Khoảng 8/10 giây, chỉ nhận một ý tưởng.

If I flash it, if I strobe it twice per second--

we call that two hertz--

so my strobe is two times per second.

Nếu tôi nhấp nháy nó, nếu tôi nhấp nháy nó 2 lần trên giây - -

Chúng ta gọi đó là hai hertz - -

Then I should hit that ball, when it's falling twice with my strobe light.

Sau đó tôi sẽ chạm quả bóng đó, khi nó đang rơi gấp 2 lần ánh sáng nhấp nháy của tôi.

I don't know where it is, though because when we strobe it and when I let the apple go the two are not synchronized, so maybe the first time that the light blinks, it may be here and the second time, it may be here.

Tôi không biết nó ở đâu, tuy thế bởi vì khi chúng ta nhấp nháy ánh sáng và khi tôi cho quả táo đi 2 cái đó không đồng bộ, vì vậy có lẽ lần đầu ánh sáng nhấp nháy, có thể nó ở đây và vào giây thứ hai, có lẽ nó ở đây.

But it's also possible that the first time it's here and the second time, it's there.

Nhưng cũng có thể là lần đầu tiên nó ở đây và vào giây thứ hai, nó ở đó.

And so the first thing I want to do is to test your alertness.

Và vì vậy điều đầu tiên tôi sẽ làm là kiểm tra độ nhạy của bạn.

We will blink.

You will tell me where you see them.

Chúng tôi sẽ nhấp nháy.

Bạn phải cho tôi biết bạn thấy chúng ở đâu.

But we will take a picture.

Nhưng chúng ta sẽ chụp một bức ảnh.

We will take a picture which will show us exactly where those two balls were.

So that's the first alertness test.

Chúng ta sẽ chụp hình cái mà sẽ cho chúng ta biết chính xác hai quả bóng này ở đâu. Vì vậy đó là bài kiểm tra độ nhạy đầu tiên của tôi.

So get ready for this, and then we will do a second one which is even more intriguing.

Vì vậy tôi đã sẵn sàng cho việc này, và sau đó chúng ta sẽ làm trong một giây một điều rất hấp dẫn.

So now I have to first lower this velvet so that we get a nice dark background.

There we go.

Vì vậy bây giờ tôi phải kéo thấp lớp nhung này sao cho chúng ta nhận được một nền tối.

[whooshes]

Wow, with my fingerprints on it, it's not so black any more.

There it is...

that's the background.

Khi tôi đặt ngón tay của tôi lên nó, nó không quá đen nữa. ở đó nó là.

Đó là nền.

Oh, what am I doing? I need the ladder again—



Ồ, tôi sẽ làm gì? Tôi cần một cây thang nữa - -

I have to bring the apple up!

Tôi phải mang quả táo lên !

Friday's always a bad day for me.

Okay...

Đối với tôi, thứ 6 luôn luôn là ngày xấu.

Vâng

so now I am going to bring the apple up.

Bây giờ tôi sẽ mang quả táo lên.

There's some metal here, there are electromagnets and so I throw a switch here so that the electromagnet is activated.

Có một vài miếng kim loại ở đây, có những cái nam châm điện và vì vậy tôi đưa vào một công tắc ở đây để cho nam châm điện được kích hoạt.

Very similar to what we did last time.

Rất giống những gì chúng ta đã làm lần trước.

We have to put the apple up and the apple is hanging there.

Chúng ta phải đặt quả táo lên và quả táo đang treo ở đó.

There we go.

Xong

So now I have to start the, uh...

Vì vậy bây giờ tôi phải bắt đầu, uh...

The strobe.

That's about two hertz, that's about two flashes per second and I'm going to make it pitch black.

Ánh sáng nhấp nháy. Đó là khoảng 2 HZ, nghĩa là khoảng 2 lần nhấp nháy trên giây và tôi sẽ làm nó tối như mực.

Pitch black.

All the lights go off.

Tối như mực.

Tất cả ánh sáng đều tắt.

I will count down 3, 2, 1, 0 and Bob, there, who is behind the camera will open the shutter when I say "one." And when I say "zero", the ball will fall.

Tôi sẽ đếm 3, 2, 1, 0 và ở kia Bob ở phía sau camera sẽ mở cửa chớp khi tôi nói "một". Và khi tôi nói "không", quả bóng sẽ rơi.

So you may only see the ball in its highest position.

Vì thế có lẽ bạn sẽ chỉ thấy quả bóng ở vị trí cao nhất của nó.

That may not count there, of course because it makes two flashes in the time that the shutter is open and that I drop it.

Có lẽ không cần đếm ở đó, tất nhiên bởi vì nó chớp hai lần lúc cửa sập mở và khi tôi thả nó.

Okay, if you're ready, I'm ready.

Vâng, nếu bạn sẵn sàng, tôi sẵn sàng.

Make it as dark as we can.

Làm cho nó đen như chúng ta có thể.

Bob, are you ready? Class ready? CLASS: Yes.

Bob, bạn sẵn sàng chưa? Cả lớp sẵn sàng chưa? Lớp: Dạ rồi.

LEWIN: Everyone ready? You don't look ready.

LEWIN: Okay...

three, two, one.

That was zero.

Lewin: Mọi người đã sẵn sàng? Có vẻ các bạn chưa sẵn sàng.

Lewin: vâng...

Ba, hai, một

Đó là 0.

So let's look at this again in slow motion.

Hãy nhìn cái này một lần nữa trong chuyển động chậm.

Where's the ball? Oh, boy, you try that trick ten times.

You'll never do that again.

Quả bóng đâu? Ồ, cậu, cậu đã thử trò đó 10 lần.

Bạn sẽ không bao giờ làm điều đó một lần nữa.

So now we are developing the picture and I would like you to tell me where you saw the balls.

Vì vậy bây giờ chúng ta đang rửa phim và tôi muốn các bạn cho tôi biết bạn thấy những quả bóng ở đâu.

Where were they, roughly? Where was the first one? How much...

Chúng ở đâu, gần đúng? Quả đầu tiên ở đâu? Bao nhiêu.....

how much below the highest point? Only this much? The first one.

Thấp hơn điểm cao nhất bao nhiêu? Quả đầu tiên ấy.

And then the second one was pretty low, then.

Và sau đó quả thứ hai rất chậm

[class murmurs]

Lớp xì xào.

Okay, sounds interesting.

Vâng, có vẻ rất thích thú

We'll take a look.

Chúng ta hãy nhìn

While the picture is developing I'm now going to test your real alertness.

Trong khi ảnh đang được tạo tôi sẽ kiểm tra độ nhạy thực sự của các bạn.

I'm going to strobe it with an unknown frequency...

unknown to you.

Tôi sẽ nhấp nháy nó với một tần số chưa biết...

Chưa biết đối với bạn.

I will tell you a secret--

it's a higher frequency.

Tôi sẽ bật mí cho bạn - -nó là một tần số lớn hơn.

You're going to see more balls on the way down.

Bạn sẽ nhìn thấy thêm vài quả bóng trên đường rơi xuống

I'm not going to ask you where they are, exactly.

Tôi sẽ không cho bạn biết chính xác chúng ở đâu.

All I want you to tell me, afterwards, how many you saw.

Tôi muốn bạn cho tôi biết, sau đấy, bạn thấy bao nhiêu quả bóng.

That's all.

Đó là tất cả.

So count them as it falls.

Vì vậy hãy đếm chúng khi nó rơi.

You know we have only 0.8 seconds to count.

Bạn biết chúng ta chỉ có 0.8 giây để đếm.

Bob, how did the picture come out?

Bob, bức ảnh đã hiện ra như thế nào rồi?

Wow, you're good! Whoa, you're good.

Wow, tốt, tốt

It was very high, actually...

the first...

Thật sự chất lượng rất cao...

Đầu tiên.....

the first flash, very high.

You see, it's...

you did very well.

Chớp đầu tiên, rất cao.

Bạn thấy, nó là.....

Bạn làm rất tốt.

We're going to start, now, with the second part.

Is the audio restored? Should be.

So, I activated the magnet again.

Bây giờ chúng ta sẽ bắt đầu phần hai.

Audio được phục hồi phải không? Nên thế

Vì vậy tôi đã kích hoạt nam châm lại.

There it is.

Oh, goodness! Working? Okay, thank you, Bob.

Okay, Bob, if you're ready, I'm ready.

Xong rồi.

Oh, chúa! Nó có làm việc không? Vâng, cảm ơn,

Bob.

Vâng, Bob, nếu bạn sẵn sàng, tôi sẵn sàng.

We're going to make it as dark as we can.  
Chúng ta sẽ làm nó tối như chúng ta có thể.

So all I want you to tell me, how many balls will you see? Oh, oh, oh, oh, I have to change--

Vì vậy tất cả những gì tôi muốn bạn cho tôi biết là, bạn thấy bao nhiêu quả bóng? Oh, oh, oh, oh, tôi phải thay đổi - -

oh, my goodness!

[class laughing]

Trời ơi!

[Lớp cười]

[class murmuring]

Lớp xì xào

Come on, you're now at MIT!

[class laughs]

Thôi nào, bạn đang ở tại MIT!

[Lớp cười]

What do you think? All right, ready? Bob, you're okay? BOB: Okay.

LEWIN: Three, two, one...

[class laughs]

Bạn nghĩ sao? Ổn cả chứ ? Bob, bạn ổn chứ? Bob: vâng

Lewin: ba, hai ,một....

[Lớp cười]

Well?

Who saw three? STUDENT: Four.

Four.

[class calls out different answers]

Sao?

Có ai thấy 3 không? SV: 4

4

[Lớp đưa ra những câu trả lời khác

nhau]

LEWIN: Four, I want to know four.

Lewin: 4, tôi muốn biết 4.

STUDENT: Seven.

SV: 7

Five? Five, here's a five, there's a five.

5 hả? 5, đây là 5, đó là 5.

Another five? Who saw six? STUDENT: Six.

Những người khác cũng 5 luôn à? Có ai thấy 6 không? SV: 6

LEWIN: Wow...

seven? Eight? Nine? Ten? Eleven? Who just saw a blur?

[class laughs]

Lewin: oh

6? 8? 9? 10? 11? có ai không thấy gì cả không?

[Lớp cười]

Those are the real winners, I think.

Well, I'll tell you, it was ten hertz.

Tôi nghĩ Đó là những người chiến

thắng thực sự

Ồ, tôi sẽ nói cho bạn, đó là 10 hz

Since it was 0.8 seconds, depending upon where you hit it how lucky you are, I will show you.

Bởi vì đó là 0.8 giây, phụ thuộc vào bạn chạm nó ở đâu bạn may mắn như thế nào, tôi sẽ chỉ cho bạn.

You will either see seven or maybe eight balls but it was a good test.

Bạn sẽ thấy hoặc là 7 hoặc là 8 quả bóng nhưng nó là bài kiểm tra tốt.

And for those of you who thought that it was only...

that only saw five, there you see them, let's count them.

Và những bạn đó trong số các bạn nghĩ nó chỉ là 5, ở đó bạn thấy chúng, hãy đếm chúng.

Let's count them together.

One, this is one.

Hãy cùng nhau đếm chúng.

Một, đây là một quả

Two, three, four, five, six, seven, this is a bounce.  
2, 3,4,5,6,7, đây là sự nảy lên.

So for those who saw five, I would say "Take some rest this weekend, you need it" and I'll need it, too.

Vì vậy đối với những ai thấy 5, tôi sẽ nói "hãy nghỉ ngơi trong tuần này, bạn cần nó" và tôi cũng cần nó nữa.

See you Monday.

Hẹn gặp lại vào thứ hai