Expériences : collisions

Mécanique, cours 12.exp

Jean-Philippe Ansermet

Video

Expériences : collisions

- Choc inélastique sur banc à air
- Choc élastique sur banc à air
- Choc élastique sur table à air
- Billard
- Chocs de billes aimantées

Mécanique | 2013 7

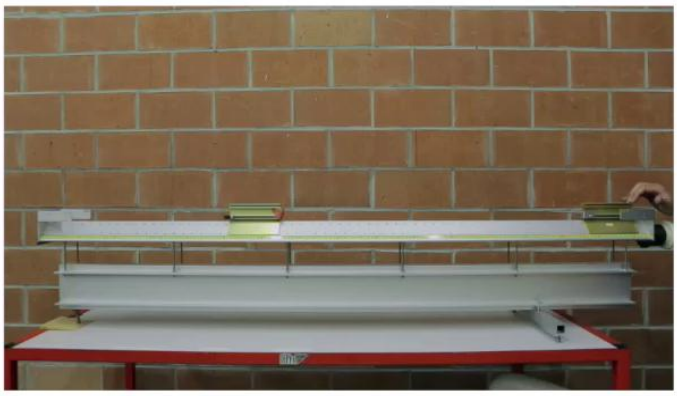
Hallo, willkommen zur Vorlesung "Allgemeine Physik" der EPFL. In dieser Lektion haben wir gelernt Stösse zu analysieren. Nun werde ich die Konzepte mit Hilfe von Experimenten erklären. Wir betrachten zuerst einen unelastischen Stoss bzw. einen Zusammenstoss zwischen zwei Gleitern auf einer Luftkissenbahn wobei die Gleiter am Ende zusammen bleiben. Dann betrachten wir einen elastischen Stoss auf derselben Bahn und einen zweidimensionalen Stoss. Danach werden wir ein bisschen über Billard sprechen und ich zeige Ihnen dann, dass mit einer Billardkugel Phänomene stattfinden, die man mit unserem Massepunkt-model nicht erklären können. Am Ende besprechen wir einen Stoss zwischen zwei Kugeln, mit einer die magnetisiert ist. Dies um besser zu zeigen wie die Impulserhaltung stattfindet innerhalb kurzer Zeit, kurz vor/nach einem Zusammenprall wenn externe Kräfte wirken, die nicht unendlich sind. Ich beginne mit dem elastischen Stoss.

Notes

Summary

0m 03s

Choc inélastique sur banc à air



- La quantité de mouvement est conservée, pas l'énergie cinétique. De l'énergie est accumulée dans les déformations plastiques de la pâte à modeler.

Wir haben zwei Gleiter. Auf dem ersten befindet sich einen Nagel auf dem die orange Knete vom anderen Gleiter stecken bleiben wird. Schauen wir mal was passiert.

Notes

Summary

1m 10s

Voilà, nach dem Stoss bleiben die Gleiter zusammen.

Notes

Summary

1m 26s

Choc inélastique sur banc à air

Avant :

90 cm en 1.6 s : $0.56\,ms^{-1}$

Après:

45 cm en 1.7 s : $0.26\,ms^{-1}$

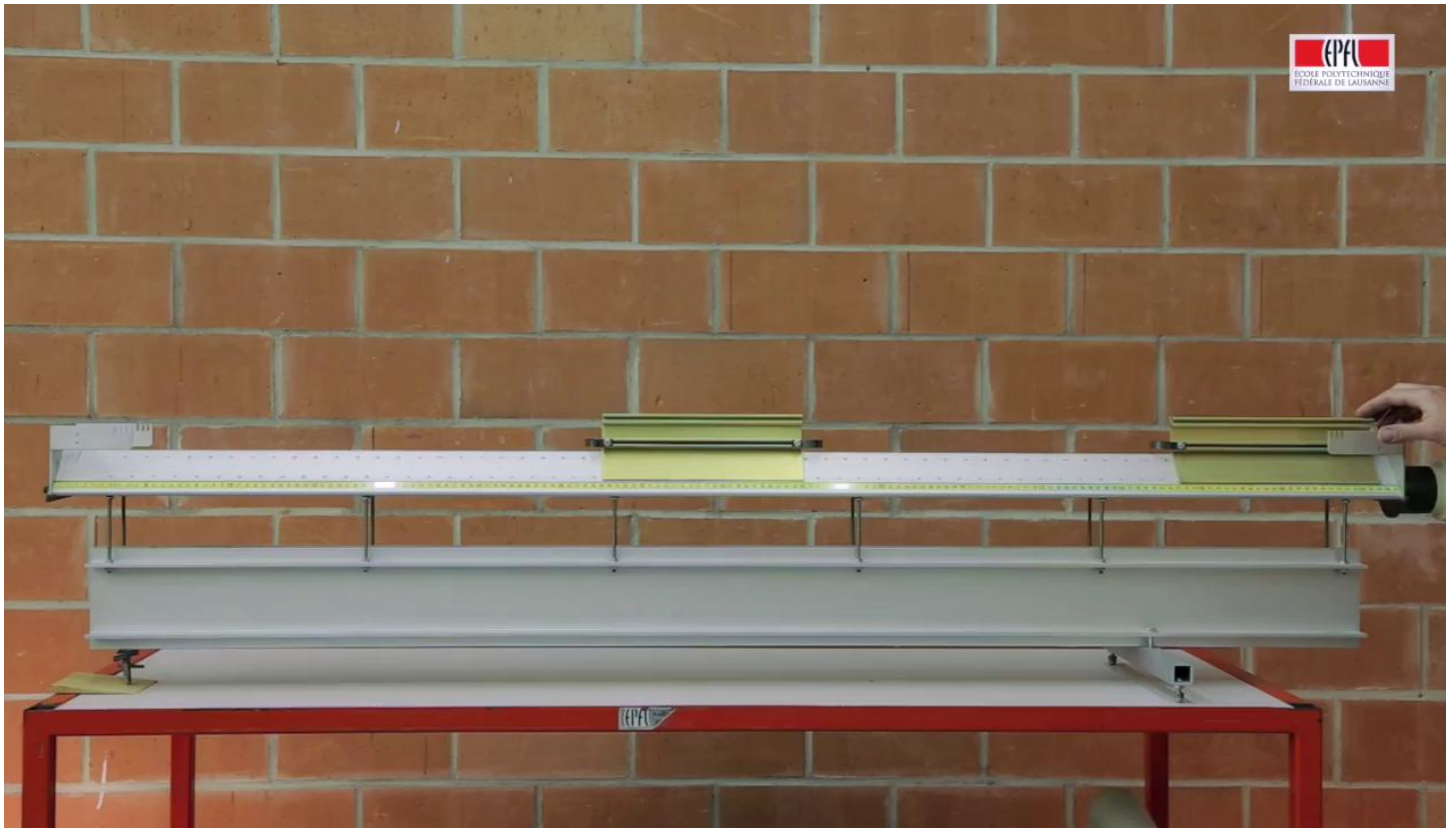
Remarque : longueur d'une brique, env. 30 cm

Ich fand lustig zu messen, wie lange der Gleiter braucht um eine gewisse menge von Backsteinen der Mauer hinter sich zu bringen. Ich habe folgendes gemessen : vor dem Prall glitt der zukommende Gleiter auf zirka 90 Zentimeter innerhalb von zirka 1.6 Sekunden. Dies bleibt alles sehr ungenau aber es entspricht etwa 0.56 Meter pro Sekunde. Dann, wenn beide zusammen sind, sind es zirka 45 Zentimeter innerhalb von 1.7 Sekunden. Also 0.26 Meter pro Sekunde. Der Faktor ist nicht genau 2 aber da meine Messungen der Zeit sehr ungenau sind, bin ich mit dem Resultat nicht unzufrieden.

Notes

Summary

1m 30s



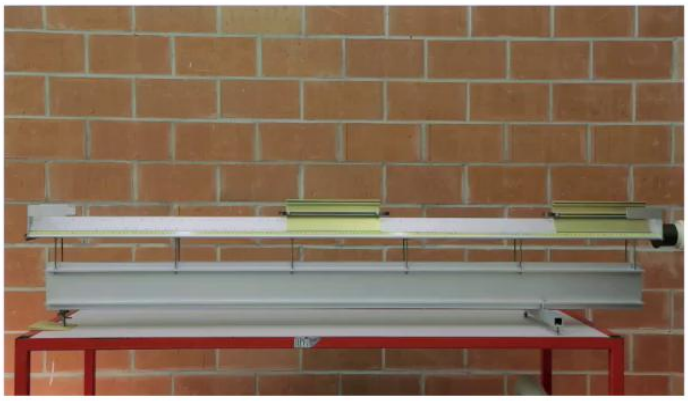
Ich komme jetzt zum elastischen Stoss. Unsere Gleichungen zeigen, dass im Fall einer geradlinigen, gleichförmigen Bewegung und wenn die Massen gleich sind, die erste anhält und die zweite wegkommt. Dies beobachten wir tatsächlich. Bitte schauen Sie zu.

Notes

Summary

2m 23s

Choc élastique sur banc à air



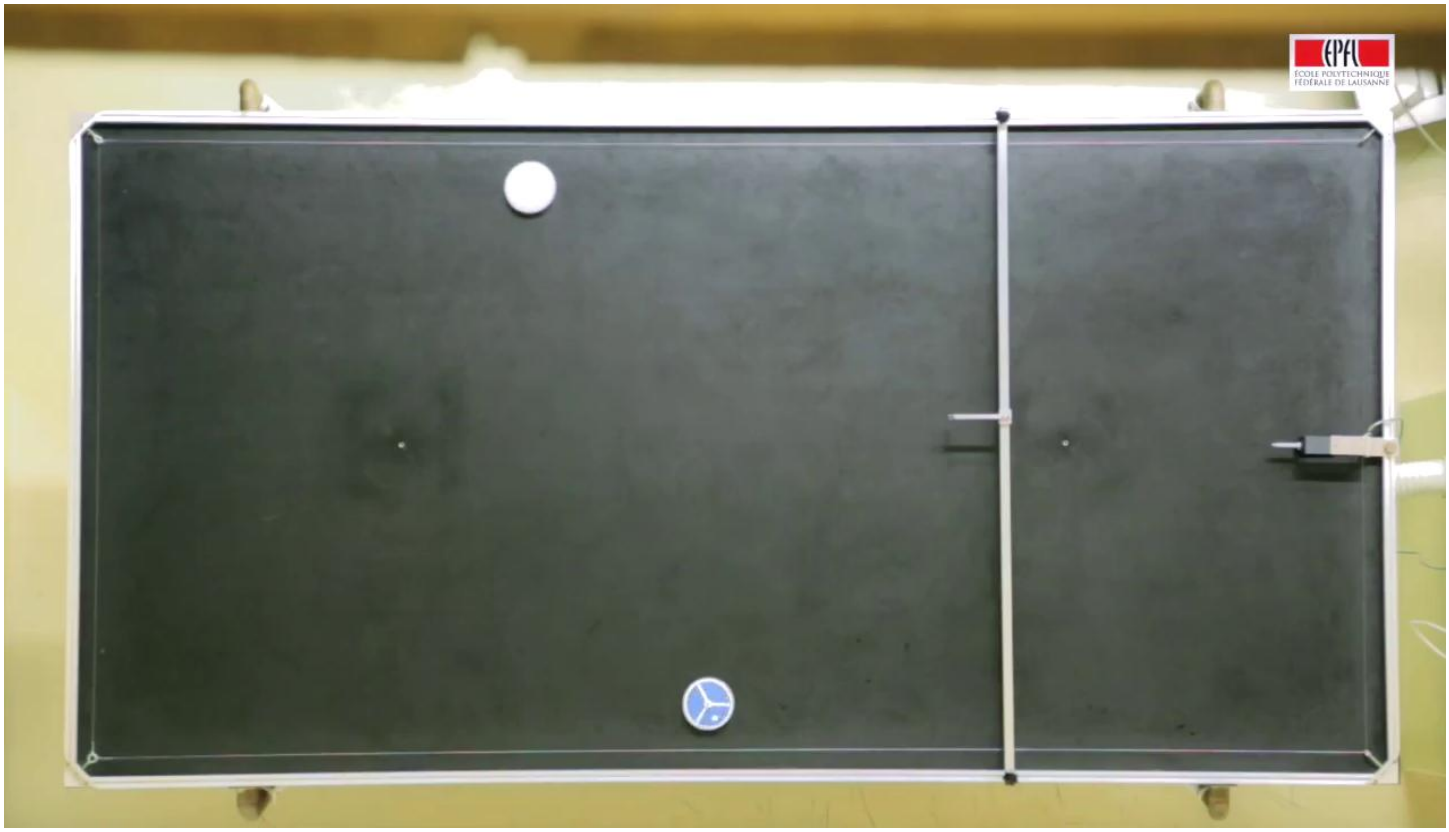
- Masses égales : le plot incident s'arrête, l'autre prend la vitesse du plot incident.

Ich möchte Sie daran erinnern, dass es sich im Film um eine Luftkissenbahn handelt, also dass fast jeine Reibung entsteht. Sie sehen, dass der Gleiter der anhält wirklich ganz anhält. Bemerkenswert.

Notes

Summary

2m 52s



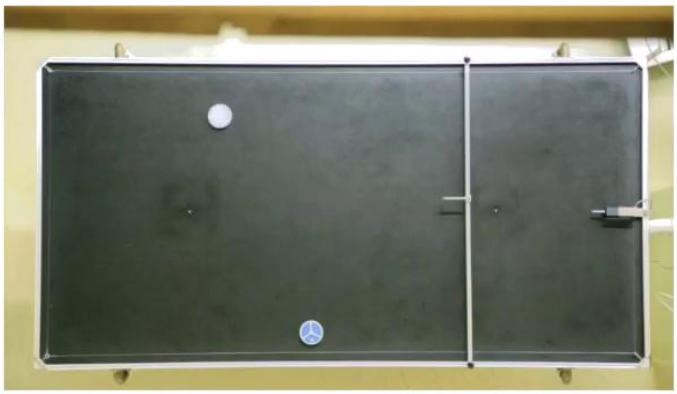
Nun kommen wir zum zwei- dimensionalen Stoss. Wir betrachten einen Zusammenprall zwischen zwei Gleitern auf einem Luftkissentisch und Sie werden sehen was passiert. Zur Erinnerung : theoretisch hatten wir festgestellt, dass wenn beide Massen gleich sind... Wir hatten gesehen, dass bei einem elastischen Stoss die Gleiter sich orthogonal voneinander trennen. Schauen wir mal was geschieht.

Notes

Summary

3m 09s

Choc élastique sur table à air



- Selon l'analyse d'une collisions, si les masses sont égales, les deux plots s'éloigent à angle droit …

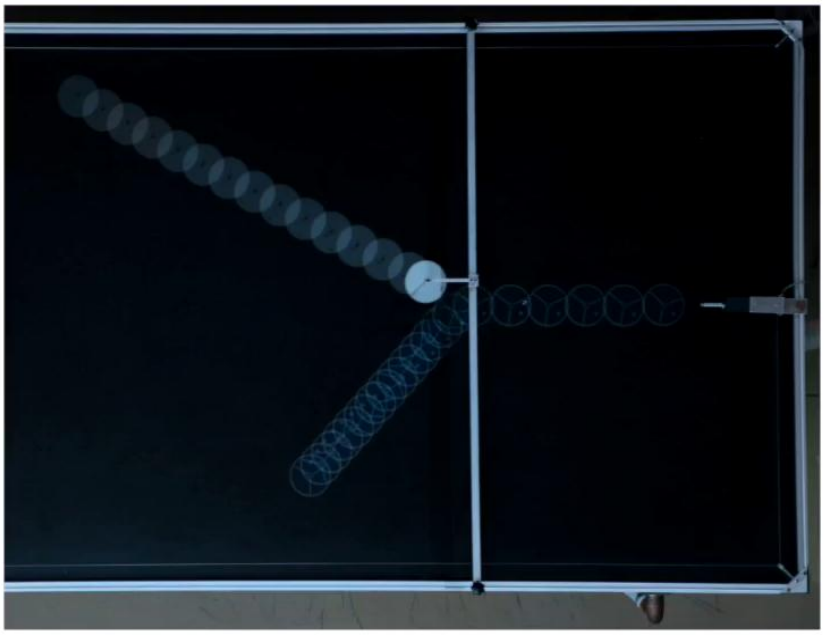
Wenn ich diese Bilder sehe, bin ich ziemlich froh und denke, ja, sieht super aus. Ausserdem habe ich dies jahrelang vor den Schülern durchgeführt, ohne den Film genauer anzuschauen und sagte jedesmal : voilà es sind 90 Grad. Schauen Sie jetzt das an : ich wurde bei der Entwicklung dieses Moocs überrascht. Wir haben ein Bild.

Notes

Summary

3m 42s

Choc élastique sur table à air



Das da. Was wir auf diesem statischen Bild sehen, ist, dass es nicht 90 Grad sind. Ich bitte Sie nun eine Pause zu machen und zu probieren diesen Unterscheid zur Theorie zu verstehen.

Notes

Summary

4m 04s

Choc élastique sur table à air

Pourquoi observe-t-on moins de 90 degrés ?

$$\boldsymbol{v}_{1i} = \boldsymbol{v}_{1f} + \boldsymbol{v}_{2f}$$

$$\boldsymbol{v}_{1i}^2 = \boldsymbol{v}_{1f}^2 + \boldsymbol{v}_{2f}^2 + 2\boldsymbol{v}_{1f} \cdot \boldsymbol{v}_{2f}$$

Perte d'énergie cinétique :

$$\boldsymbol{v}_{1i}^2 = \boldsymbol{v}_{1f}^2 + \boldsymbol{v}_{2f}^2 + Q$$

$$Q = 2\boldsymbol{v}_{1f} \cdot \boldsymbol{v}_{2f}$$

$$\cos\theta = \frac{Q}{2|\boldsymbol{v}_{1f}|\,|\boldsymbol{v}_{2f}|} \geq 0 \implies \theta \leq \frac{\pi}{2}$$

Mécanique | 2013 22

Ich persönlich erkläre es mir so, dass es sich nicht genau um einen elastischen Stoss handelt. Ich mache es so : zuerst nehme ich die Impulserhaltung, wobei ich mich erinnere, dass die Massen gleich sind. Der Impuls, da, P ist mv. Da die Massen gleich sind bleibt mir nur die Summe der Geschwindigkeiten welche ein Ausdruck eines generellen Prinzip ist, also die Impulserhaltung. Ich nehme das Quadrat der Gleichung. Um auszudrücken, dass die kinetische Energie nicht ganz erhalten wird schreibe ich folgendes: Ich müsste eigentlich jedesmal m durch zwei schreiben. Ich habe diese weggenommen damit es einfacher aussieht. Q ist hier der Energiemangel. Es gibt weniger kinetische Energie am Schluss als am Anfang Wenn ich jetzt diese Formel hier mit dem Quadrat der Impulserhaltung einsetze bekomme ich dieses Resultat : anders ausgedrückt schreibe ich, dass der Kosinus weil v1f Skalarprodukt mit v2f das Produkt der Normen mal den Kosinus vom Winkel ist, gilt also der Kosinus Q durch 2 mal das Produkt der Geschwindigkeiten. Q ist grösser als null weil es einen Energie Mangel gibt, es gibt weniger kinetische Energie als am Anfang. Q ist also positiv. Somit ist cos Theta auch positiv, und Theta ist also kleiner als pi durch 2. Dies ist meine Erklärung zu unseren Beobachtung.

Notes

Summary

4m 25s

Billard, au-delà du modèle du point matériel

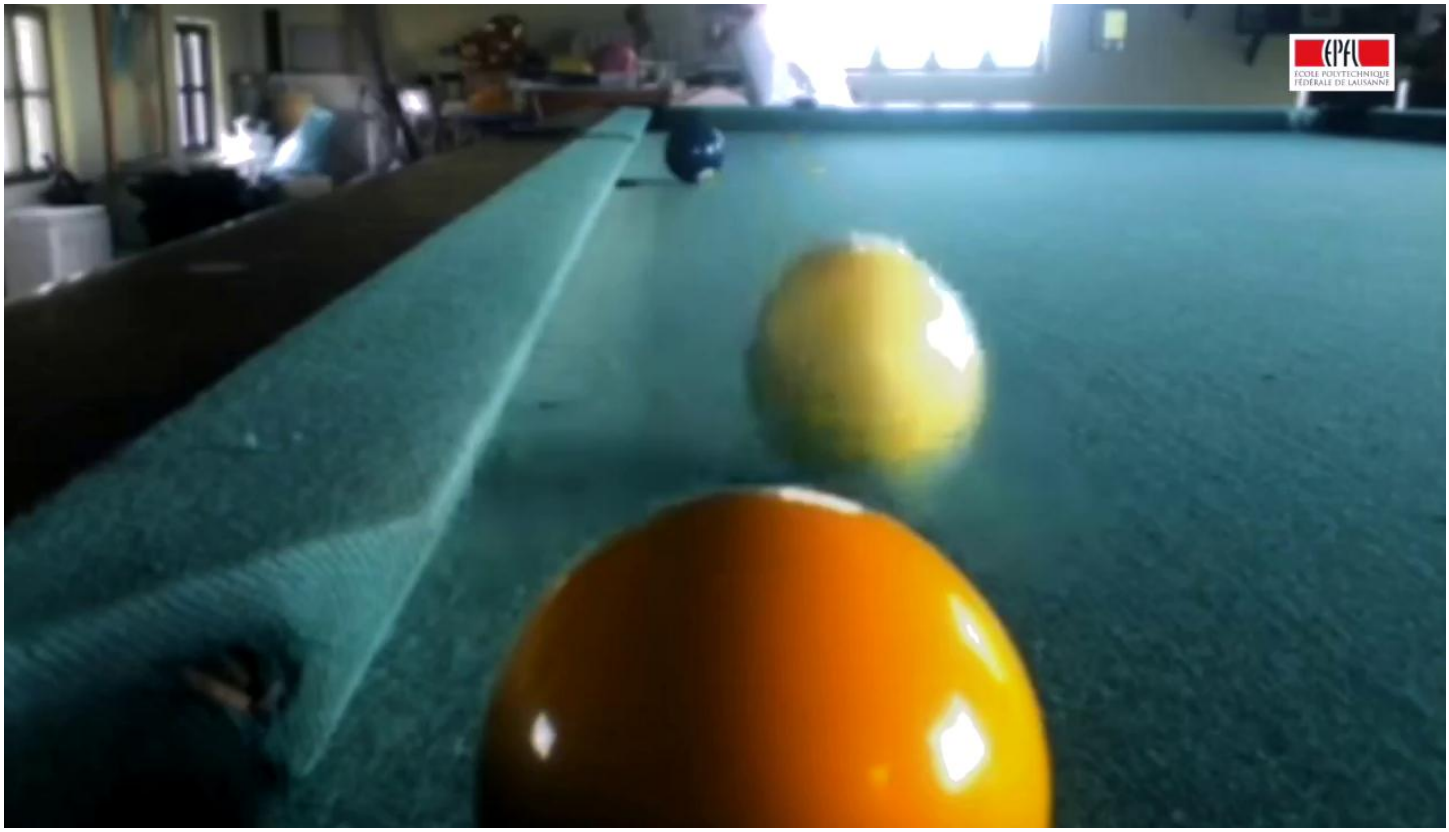
- Si l'objet tourne sur lui-même, des effets interviennent qui changent qualitativement la nature du mouvement.
- Voir par ex. : http://www.youtube.com/watch?v=mHXHCcQgD2I

Letzte Warnung : wir betrachten diese Objekte als Massepunkten. Wir wissen aber, dass man im Billard eine Kugel zur Drehung auf sich selbst bringen kann und, dass dann dieses Model der Massepunkten ungültig wird. Ich habe mehrere Beispiele von komischen Trajektorien gefunden, die man beim Billard hinkriegen kann, wenn sich die Kugel um sich selbst dreht.

Notes

Summary

6m 15s



Hier sind ein Paar Ausschnitte eines Filmes. Drei Kugeln stehen hinter einander. Die weisse im Hintergrund ist auf der gleichen Linie aber der Spieler schafft es die weisse Kugel um die Blaue zu spielen. So, und dann kommt sie zurück und prallt mit der orangen zusammen. Diese Effekte entstehen nur wenn man sich ausserhalb des Massepunkt Models befindet.

Notes

Summary

6m 43s

Choc de billes aimantées

- Quel est le rôle du frottement dans ce phénomène ?

Zum Schluss schlage ich vor, ein Experiment mit magnetischen Kugeln anzuschauen.

Notes

Summary

7m 15s

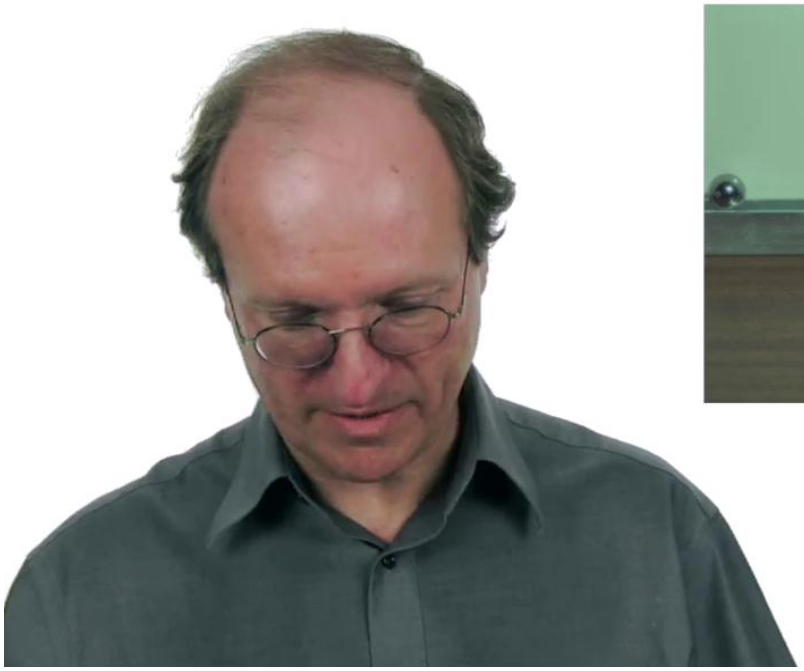
Ein spektakuläres Phänomen. Man fragt sich ob die Mechanik dies wirklich beschreiben kann, oder ob da irgendwas speziell ist wegen dem Magnetismus.

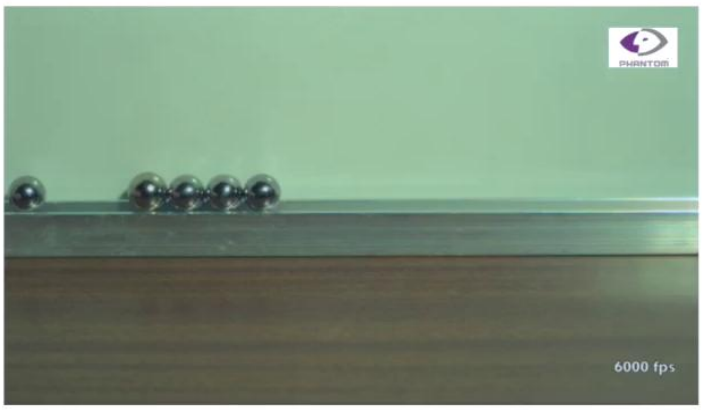
Notes

Summary

7m 41s

Choc de billes aimantées





- Avant :
  - 1 bille parcourt 1 diamètre de bille en 41.8– 39.2 secondes
- Après :
  - 1 bile parcourt 1 diamètre en 43.6 – 42.6 secondes
  - 4 billes parcourent 1 diamètre en 48.6-41-9 secondes

Sie werden sehen, dass ich es mit Hilfe der Mechanik perfekt beschreiben kann. Zuerst möchte ich das ganze beim Prall sehen. Im nächsten Film wurde die Szene zu 6000 Bilder pro Sekunde verlangsamt. Sehen wir was passiert.

Notes

Summary

7m 57s

Natürlich, da es so viele Bilder gibt, ist alles am Anfang sehr langsam und plötzlich wird die zukommende Kugel zu den 4 anderen angezogen. Dann wird die erste weggespickt. Es handelt sich um eine Zeitlupe. Man sieht wie sich die vier Kugeln nach hinten schieben. Voilà, ich bitte Sie darüber nachzudenken, sehen ob Sie es analysieren könnten.

Notes

Summary

8m 22s

Choc de billes aimantées

Avant l'impact :
- Le frottement retient les 4 billes
- Le frottement est en avant
- La quantité de mouvement des 5 billes augmente

Analyse au voisinage de l'impact

$D =$ diamètre de la bille

$m =$ masse de la bille

$$P_{init} = mD\frac{1}{2.6} \approx mD\,0.38$$

Mécanique | 2013 47

Ich sehe folgendes : vor dem Stoss haben wir vier Kugeln die durch Reibung auf der Bahn bleiben, und eine zukommende Kugel nähert sich wegen der Magnetisierung zur ersten. Sie gewinnt also an kinetische Energie. Aber, der Impuls von den vier Kugeln steigt. Ich meine von den fünf Kugeln, alle fünf haben einen steigenden Impuls wegen der Reibung. Was geschieht dann beim Prall ? Ich hatte ein Model präsentiert, in dem nur begrenzte Kräfte wirken, mit endliche Integrale, integriert über eine Zeit um den Prall. Wir haben, wenn diese externen Kräfte begrenzt sind, die Impulserhaltung innerhalb einer extrem kurzen Zeit. Ich sage jetzt, dass es auch hier der Fall ist. Schauen Sie zu. In der Näherung des Pralls messe ich die Geschwindigkeit, bzw. die Geschwindigkeit der Kugel vor dem Prall und die Geschwindigkeiten von den vier Kugeln einerseits und der anderen Kugel. Dafür nenne ich den Diameter der Kugel D m die Masse der Kugel, und alle Kugeln sind identisch. Vielleicht gibt es da kleine Unterschieden, aber nichts wichtiges. Ich berechne den Impuls der ersten Kugel. Ich habe die Geschwindigkeit der Kugel angeschaut über eine Distanz von D. Wenn man genau hinschaut, sieht man, dass die Kugel dafür 2.6 Sekunden benötigt.

Notes

Summary

9m 09s

Choc de billes aimantées

Avant l'impact :
- Le frottement retient les 4 billes
- Le frottement est en avant
- La quantité de mouvement des 5 billes augmente

Analyse au voisinage de l'impact

$D =$ diamètre de la bille

$m =$ masse de la bille

$$P_{init} = mD\frac{1}{2.6} \approx mD\,0.38$$

$$P_{final} = mD\left(\frac{1}{1.0} - \frac{4}{6.7}\right) \approx mD\,0.40$$

Die Einheiten sind hier Implizit weil m und D keinen Wert haben und 2.6 sind Sekunden. 0.38 sind also 1 durch Sekunden und P ist der Impuls Masse gleich Geschwindigkeit sowie hier steht, wo der einzige gemessene Parameter die Zeit ist. Ich messe jetzt den Impuls am Ende. Ich habe zwei Objekte. Der erste besteht aus vier Kugeln. Deswegen 4 hier, und der andere besteht aus einer Kugel. Diese bewegt sich auf einer Distanz D also gleich den Diameter der Kugel, innerhalb einer Sekunde, wobei die anderen 6.7 Sekunden benötigten. Daraus berechne ich den Impuls am Schluss. Natürlich ist hier ein Minus Zeichen weil eine Kugel nach vorne geht, und die vier anderen nach hinten gehen. Bei der Berechnung finde ich 0.4 und auch zirka 0.4 hier. Die Präzision ist bemerkenswert und ich bin überzeugt, dass die Mechanik auch in diesem magnetischen Fall funktioniert.

Notes

Summary

11m 15s