



- Chute en projection sur la verticale
- Tir sur une table à air
- Mesure de g

Mécanique | 2013 2

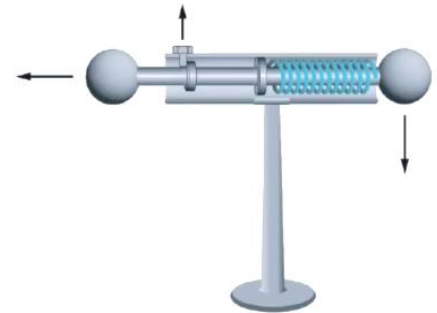
Guten Tag und willkommen zur Vorlesung "Allgemeine Physik" an der EPFL. In dieser Lektion haben wir gesehen, wie die newtonsche Mechanik bei einem Problem der Ballistik anzuwenden ist. Hier möchte ich drei Experimente zeigen, welche alle von der Ballistik handeln. Das Erste ist ein sehr einfacher Versuchsaufbau, welcher es ermöglicht zu realisieren, dass die vertikale Bewegung unabhängig von der horizontalen Bewegung ist. Also muss die vertikale Projektion der Bewegung mit gegebenen Anfangsbedingungen dieselbe Form haben, egal wie die horizontale Bewegung aussieht. Anschliessend möchte ich ein amüsantes Problem einer Kollision zweier Blöcke auf einem schrägen Lufttisch studieren. Und zum Schluss werden wir noch anhand des freien Falls eine Messung von g machen.

Notes

Summary



0m 04s



- Le mécanisme du ressort permet de lâcher les deux boules en même temps.
- Une boule part droit vers le bas. L'autre a une vitesse initiale horizontale.

Mécanique | 2013 3

Ich beginne mit dem ersten Experiment. Ihr seht hier ein Dispositiv mit zwei Kugeln, welche ich fallen lasse. Dieser Zylinder hier komprimiert die Feder. Mit dieser Schraube kann ich den Ball auf die linke Seite wegschiessen. Diese Kugel wird also eine horizontale Geschwindigkeit besitzen. Jedoch diese hier wird keine besitzen. Respektive im Idealfall wird sie keine besitzen. Ihr werdet sehen, dass in der Realität eine kleine horizontale Geschwindigkeit vorhanden ist. Hier ist jedoch wichtig, dass die vertikale Anfangsgeschwindigkeit der beiden Kugeln null ist. Aus diesem Grund werden wir dieselbe vertikale Bewegung beobachten. Das heisst, die Fallzeit wird dieselbe sein.

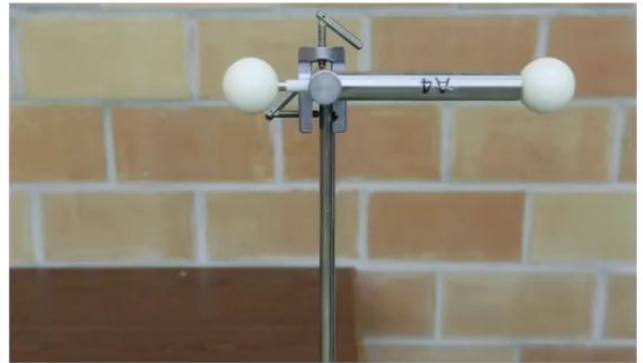
Notes

Summary



0m 58s

Chute et tir balistique



- Les deux boules frappent le sol en même temps.

Mécanique | 2013 4

Betrachten wir das Experiment. Hier das Dispositiv. Die Feder ist komprimiert. Die Schraube ist fixiert. Es hat zwei Kugeln und wir werden sehen, wie der Techniker die Schraube löst. Ich lade euch ein, aufzupassen, wenn die beiden Bälle auf dem Boden aufschlagen.

Notes

Summary



1m 46s



Nun machen wir dies in der Zeitlupe.

[illegible]

Summary





- Autre angle de vue
- Ralenti.

Mécanique | 2013 5

Ich schlage euch vor, das Experiment von einem anderen Winkel zu betrachten. Noch einmal, pass auf den Ton auf, wenn die Kugel auf dem Boden aufschlägt.

Notes

Summary



2m 17s



- Autre angle de vue
- Ralenti.

Mécanique | 2013 5

Man könnte sich vorstellen, dieses Experiment für verschiedene Höhen horizontale Anfangsgeschwindigkeiten zu wiederholen. Man würde beobachten, dass die Fallzeit der beiden Kugeln dieselbe bleibt.

Notes

Summary



2m 46s



- La table à air est inclinée, son bord long reste horizontal.
- Un plot est lâché depuis le haut de la table.
- En même temps, un autre plot est lancé dans la direction du premier.
- Les deux plots entrent en collision.

Mécanique | 2013 6

Ich wechsle nun zum Experiment mit dem Lufttisch. Vor euch habt ihr einen Lufttisch. Ihr müsst euch vorstellen, dass der Tisch in der Länge horizontal ist, jedoch ist er gegen euch leicht gekippt. Die Breite ist also schräg. Ihr habt zwei Blöcke auf dem Lufttisch. Beide Blöcke sind im Moment fixiert. Zu einem gewissen Zeitpunkt werden wir den folgenden Mechanismus auslösen. Der rechte Block wird einfach losgelassen; er wird in unsere Richtung fallen. Dem linken Block wird mit einer gewissen Geschwindigkeit weggeschossen. Studieren wir, was passiert.

Notes

Summary



3m 05s



- La table à air est inclinée, son bord long reste horizontal.
- Un plot est lâché depuis le haut de la table.
- En même temps, un autre plot est lancé dans la direction du premier.
- Les deux plots entrent en collision.

Mécanique | 2013 6

Die Frage, die ich stelle, ist die Folgende: Haben die Techniker eine bestimmte Anordnung gewählt? respektive Anfangsgeschwindigkeit gewählt, so dass die beiden Blöcke miteinander kollidieren. Was ist die Kondition damit die Kollision stattfindet. Ich schlage euch vor, eine Pause zu machen und zu versuchen, das Problem selbstständig zu lösen. Persönlich löse ich dieses Problem wie folgt.

Notes

Summary



3m 56s



$$\mathbf{r}_1(t) = \frac{1}{2}gt^2 + \mathbf{r}_0$$

$$\mathbf{r}_2(t) = \frac{1}{2}gt^2 + \mathbf{v}_0t$$

Il existe un temps t_c tel que :

$$\mathbf{r}_1(t_c) = \mathbf{r}_2(t_c)$$

$$\mathbf{v}_0t_c = \mathbf{r}_0$$

Mécanique | 2013 7

Ich nenne \mathbf{r}_1 den Vektor, welcher die Position des ersten Blocks beschreibt. Dies ist der rechte Block. Die Position dieses Blocks zur Zeit t gleich null nenne ich \mathbf{r}_0 . Die Position des linken Blocks beschreibe ich durch den Vektor \mathbf{r}_2 . \mathbf{r}_2 besitzt eine Anfangsgeschwindigkeit \mathbf{v}_0 , welche nicht null ist. Den Ursprung unseres Bezugssystem werden wir so wählen, dass \mathbf{r}_2 zur Zeit t gleich null ist. Wir haben also diese beiden Gleichungen. Was möchte das heissen, dass eine Kollision stattfindet. Das heisst, dass eine Zeit existiert, ich notiere diese t_c , bei welcher \mathbf{r}_1 und \mathbf{r}_2 äquivalent sind. Diese Bedingung habe ich hier oben aufgeschrieben. Aus diesen Gleichungen leite ich diese Formel her. Was bedeutet diese Formel für unser Experiment? Was sagt diese Formel aus? Diese Formel sagt, dass \mathbf{r}_0 und \mathbf{v}_0 kollinear sind. Das heisst, die Geschwindigkeit \mathbf{v}_0 visiert die Position \mathbf{r}_0 an. In diesem Falle existiert also eine Zeit t_c , bei der die beiden Blöcke kollidieren.

Notes

Summary



4m 33s

Table à air



- La table à air est inclinée, son bord long reste horizontal.
- Un plot est lâché depuis le haut de la table.
- En même temps, un autre plot est lancé dans la direction du premier.
- Les deux plots entrent en collision.

Mécanique | 2013 8

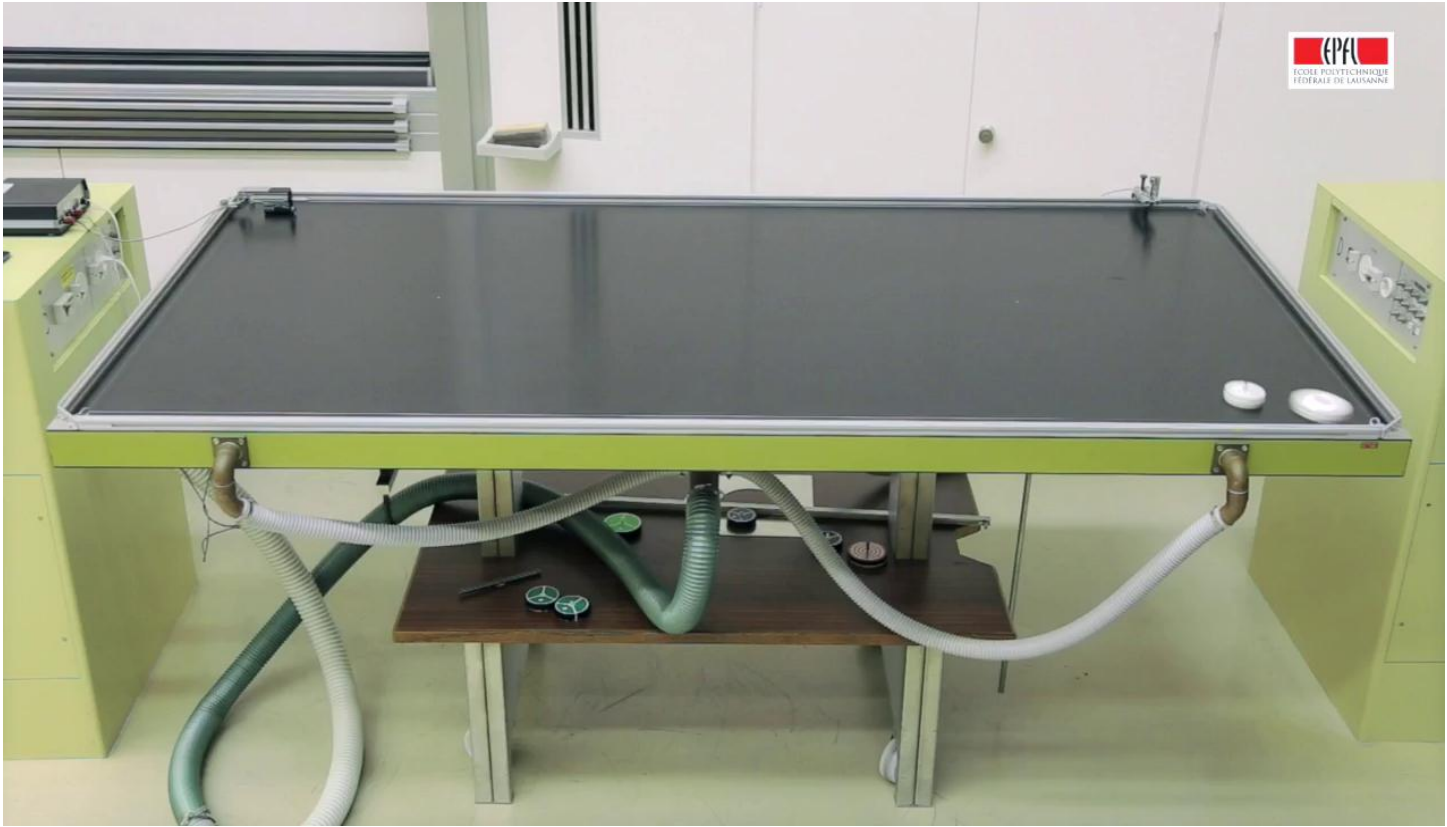
Wenn unsere Analyse korrekt ist, können wir das folgende Experiment machen. Dieses besitzt vollkommen andere Konfigurationen. Hier habt ihr die beiden Blöcke, welche auf derselben Höhe platziert sind. Ich erinnere euch daran, dass der Tisch gegen euch geneigt ist. Die Anfangsgeschwindigkeit zielt jedoch auf den rechten Block. Seht was dies ergibt.

Notes

Summary



6m 02s



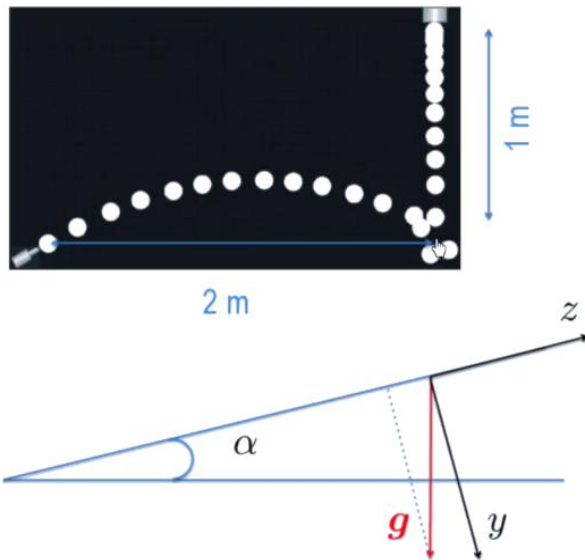
Noch einmal, es gibt eine Kollision. Hier noch einmal das Video in Zeitlupe. Es funktioniert.

Notes

Summary



Analyse quantitative d'une expérience



Données :

Deux points matériels partent en même temps et entrent en collision.

- Temps jusqu' à la collision : 3 secondes
- Table inclinée dans la largeur

Mécanique | 2013 9

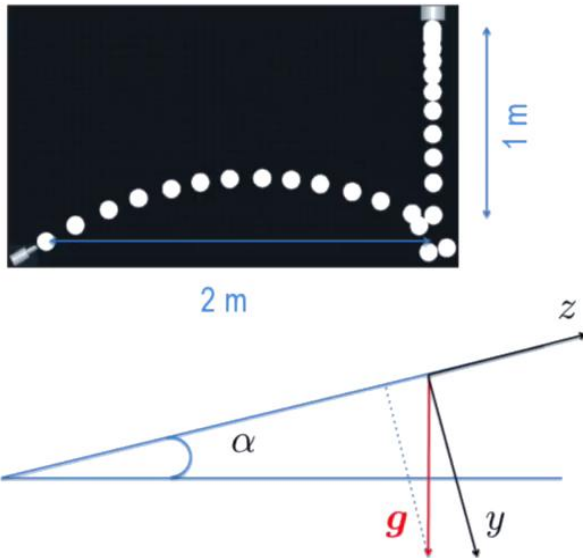
Um sicher zu sein, dass ihr die Dynamik im Gravitationsfeld verstanden habt und sie auch meistert, schlage ich euch dieses Experiment vor, in welchem wir einen Block fallen lassen. Im selben Moment haben wir einen anderen Block in seine Richtung geschossen. Ihr seht, dieser Block hier gleitet in die Richtung des anderen. Ich habe also ein Verhältnis dieser Art hier. Wenn ihr möchtet, kann ich noch einmal Ich habe hier die experimentellen Daten notiert. Der Lufttisch, auf welchem das Experiment durchgeführt wurde, ist in diese Richtung geneigt. Diese Seite hier ist horizontal und diese hier ist geneigt. Die Kollision hat nach drei Sekunden stattgefunden. Ich lade euch also ein, den Winkel, mit welchem der Tisch geneigt ist, anhand der Daten, welche ihr vor euren Augen habt, zu berechnen. Ich schlage euch vor eine Pause zu machen, und zu versuchen herauszufinden, wie ihr dieses Problem lösen könntet. Voilà, mein Lösungsvorschlag. Zuerst mache ich eine Zeichnung. Ich möchte den geneigten Tisch zeichnen. Ich definiere ein Achsensystem. Noch einmal, ich bin es, der die Achsen auswählt. Die z Achse werde ich in der Breite des Tisches wählen. Also in der Richtung, in welcher der Tisch geneigt ist.

Notes

Summary



Analyse quantitative d'une expérience



Données :

Deux points matériels partent en même temps et entrent en collision.

- Temps jusqu' à la collision : 3 secondes
- Table inclinée dans la largeur

$$\sin \alpha = \frac{2H}{gt^2}$$

$$v_{0x} = v \cos \theta$$

Mécanique | 2013 9

Die Neigung notiere ich hier. Voilà, eine Horizontale. Hier mein z-Achse. Der Tisch ist also in dieser Ebene hier. Der Neigungswinkel, welchen ich alpha nennen werde. g charakterisiert die Gewichtskraft. Wenn ich die y-Achse zeichnen müsste, wäre zu senkrecht zur z-Achse. Sie wäre hier. Ihr habt also diese Seite, welche senkrecht zu dieser Seite ist. Dieser hier, zu dieser da. Ihr findet also den Winkel alpha hier wieder. Als Konsequenz, findet man ihn auch hier wieder. Wenn ich nun also die Gewichtskraft auf die z-Achse projiziere, erhalte ich eine Komponente in dieser Richtung, welche dem Term g sinus alpha entspricht. Also in dieser Ebene oder, wenn ihr möchtet, entlang der z-Achse habe ich eine geradlinige Bewegung mit einer konstanten Beschleunigung g sinus alpha, welche der z-Achse entgegengesetzt ist. Mit den Formeln, welche wir zuvor erhalten haben, können wir darauf schliessen, dass der Term ein Zweitel gt im Quadrat mal sinus alpha, da wir hier g mal sinus alpha haben, der zurückgelegten Distanz entspricht. t ist die benötigte Zeit, um die Distanz zurückzulegen, respektive drei Sekunden. Wenn wir nun die Abschuss- geschwindigkeit berechnen möchten, kennen wir eine Sache, nämlich die Projektion auf die x-Achse.

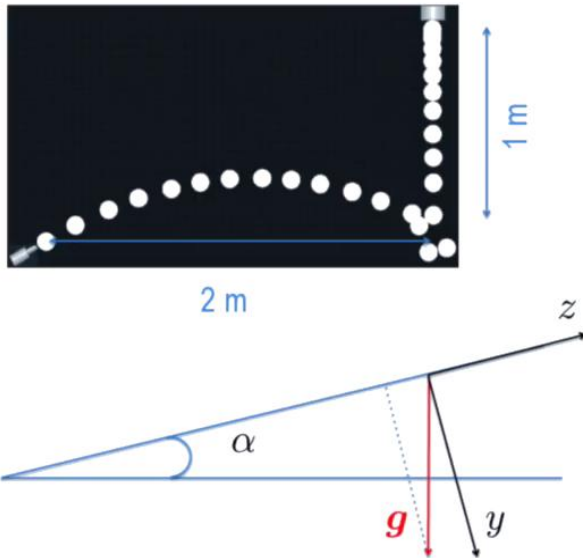
Notes

Summary



8m 15s

Analyse quantitative d'une expérience



Données :

Deux points matériels partent en même temps et entrent en collision.

- Temps jusqu' à la collision : 3 secondes
- Table inclinée dans la largeur

$$\sin \alpha = \frac{2H}{gt^2} \quad v_{0x} = v \cos \theta$$

On en déduit :

- Inclinaison : env. 1 degré
- Angle de tir : env. 26 degrés
- Vitesse (module) : env. 0.74 m/s



Aufgepasst, wenn z in dieser Richtung hier ist, zeigt die y -Achse in den Tisch hinein und x ist in der Fortbewegungsrichtung des Blocks, dieses Blocks hier. v_{0x} macht also v_0 mal cosinus des Winkels hier. Den cosinus erhalte ich ganz einfach, da ich ein Dreieck habe, von welchem ich zwei Seiten kenne; eine Seite zwei Meter; die Andere ein Meter. Ich kann dadurch als den cosinus berechnen. Man erhält dadurch ungefähr dies. Der Neigungswinkel ist also ein Grad, der Abschusswinkel theta etwa 26 Grad und der Betrag der Geschwindigkeit ungefähr 0.74 Meter pro Sekunde. Voilà, eine quantitative Analyse eines kleinen Experiments betreffend der Ballistik.

Notes

Summary





- Une bille métallique est en chute libre.
- Grâce à des capteurs à induction, on peut détecter le passage de la bille.

Mécanique | 2013 10

Nun werden wir eine Messung des Faktors g machen, welcher die Gewichtskraft charakterisiert, in dem wir Messungen eines freien Falls durchführen. Also ein vertikaler Fall also. Wir haben das folgende Dispositiv. Wir werden die Fallzeit für verschiedene Distanzen messen. Ich zeige euch schon einmal, wie das etwa aussieht.

Notes

Summary



11m 04s



- Une bille métallique est en chute libre.
- Grâce à des capteurs à induction, on peut détecter le passage de la bille.

Mécanique | 2013 10

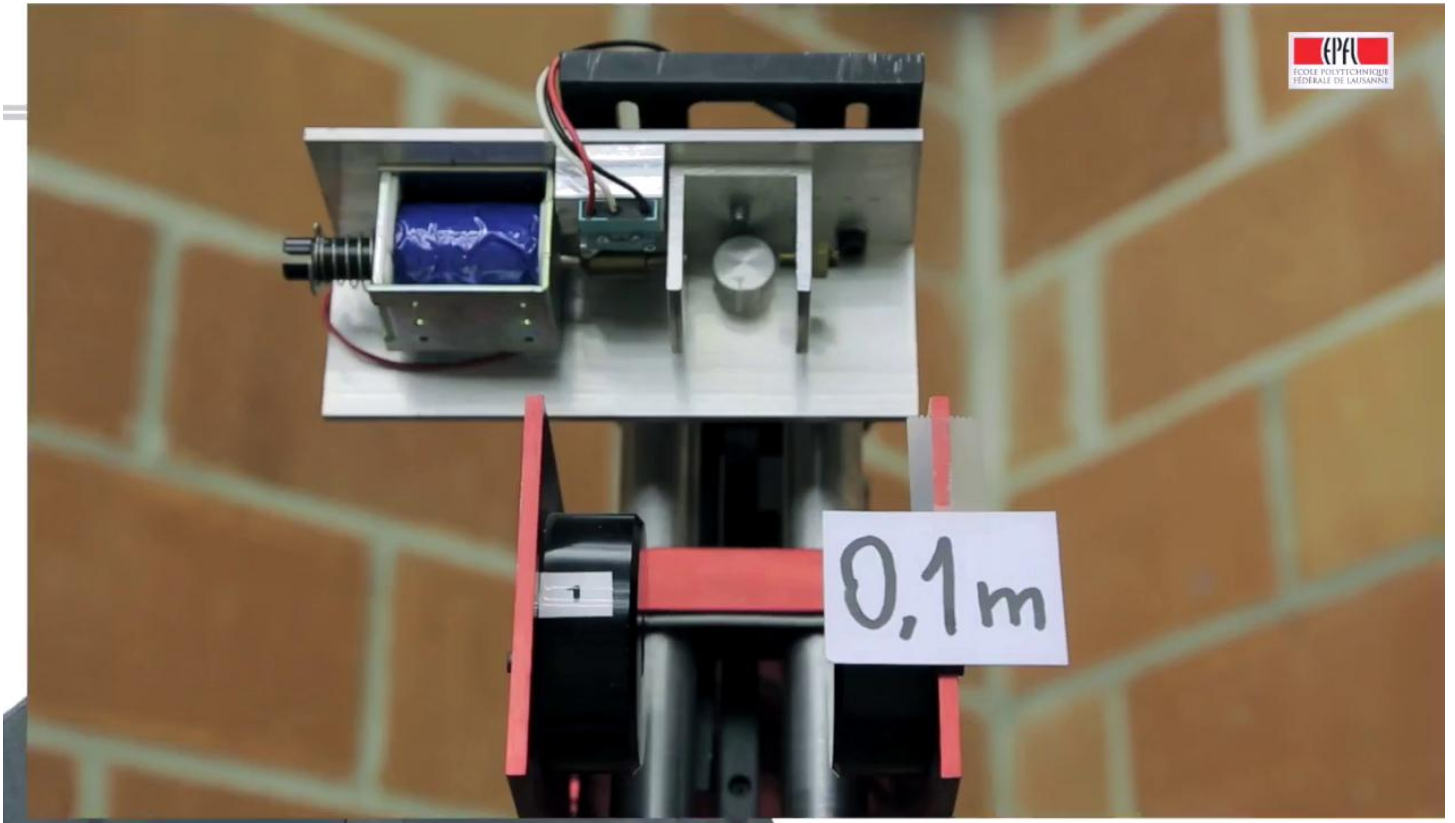
Voilà, wir haben einen Mechanismus, welcher es ermöglicht die Kugel fallenzulassen. Ich kann euch die Details diese Mechanismus so zeigen.

Notes

Summary



11m 33s



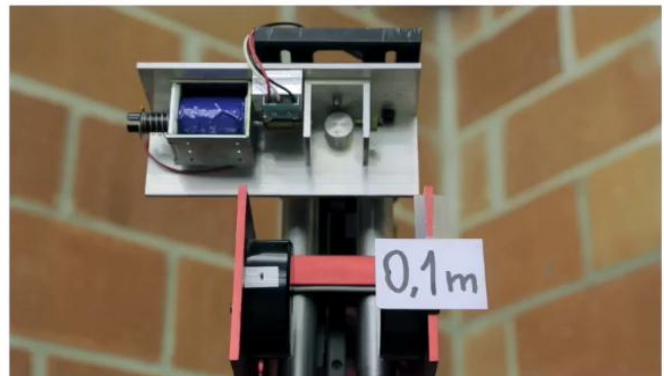
Ein elektromagnetisches System lässt die Kugel fallen und notiert exakt den Start der Kugel.

Notes

Summary

11m 47s





- La bille métallique est relâchée électromagnétiquement.

Mécanique | 2013 11

Nun werden wir Messungen für verschiedene Distanzen machen.

Notes

Summary



11m 54s

Mouvement vertical



- Par des essais successifs, on mesure le temps de chute pour des distances données.

Mécanique | 2013 12

Also ich zeige euch das ganze Video. Ihr beobachtet eine Reihe von Messungen. Ihr habt einen Display, welcher euch die Fallzeit zeigt.

Notes

Summary



12m 01s



Zuerst für 0,1 Meter. Nun für 0.5 Meter. Für 1 Meter. Und für 1,5 Meter.

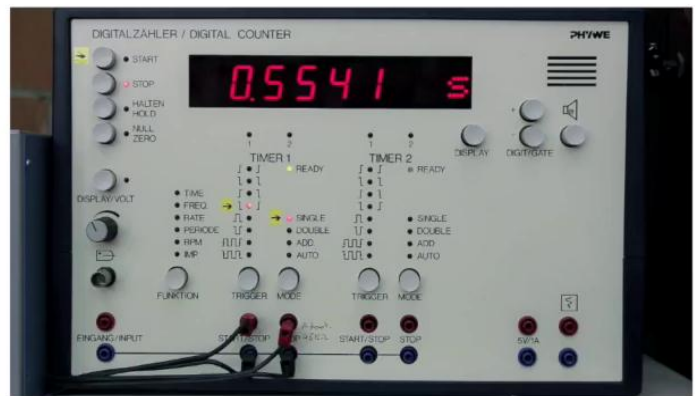
Notes

Summary

12m 14s



Mouvement vertical



- Par des essais successifs, on mesure le temps de chute pour des distances données.

Mécanique | 2013 12

Nun schlage ich euch vor, die Messresultate auszuwerten. Ihr könnt eine Pause machen, wenn ihr möchtet.

Notes

Summary



12m 41s

x (m)	t (s)	$\frac{2x}{t^2} [\text{ms}^{-2}]$
0.1	0.14	10.2
0.5	0.32	9.8
1	0.45	9.9
1.5	0.55	9.9

Persönlich analysiere ich diese Messungen wie folgt. Ich markiere in einer Kolonne alle Werte der zurückgelegten Distanz x in Meter und die benötigte Zeit, um diese Distanz zurückzulegen. Dadurch habe ich zwei x durch t im Quadrat in der letzten Kolonne berechnet, was g sein muss. Ihr findet ungefähr 9.8 oder 9.9. Logischerweise hat es Fehler in der Messung. Jedoch im Grossen und Ganzen hier unsere Messung von g mit ein par wenigen Distanzen.

Notes

Summary



12m 55s