Expériences : énergie et résonances

Mécanique, cours 11.exp

Jean-Philippe Ansermet

Video

Expériences : énergie de l'oscillateur harmonique

- Hurler dans un verre
- Pont de Tacoma
- Transfert d'énergie entre modes : Wilberforce
- Synchronization

Mécanique | 2013 6

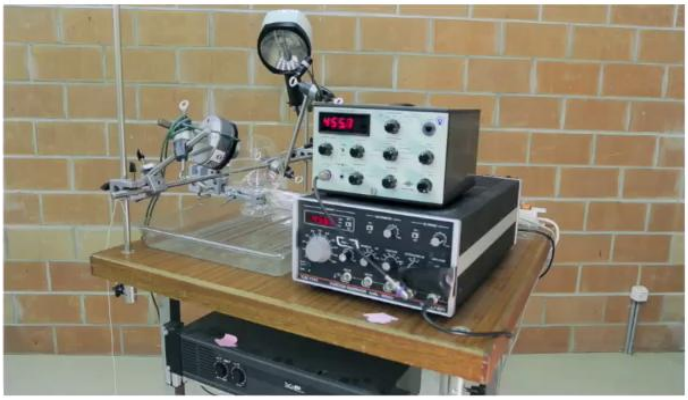
Guten Tag. Wilkommen zur Vorlesung "allgemeine Physik" der EPFL. In dieser Lektion schauen wir uns die Energie eines harmonischen Oszillators an. Hier möchte ich ein bisschen weiter gehen und ein paar Experimente anschauen. Zuerst werden wir uns vergnügen und in ein Glas schreien und ihr werdet sehen, ich hoffe ihr werdet sehen, ihr werdet hören, das man sehr sehr laut schreien muss um ein Glas zu zerbrechen indem man rein schreit. Danach werde ich ein bisschen von der Tacoma-Brücke erzählen, die berühmte Brücke, welche zerrissen ist aufgrund von Schwingungen im Wind. Ich werde das später genauer erläutern. Danach schauen wir uns folgendes Phänomen an: wir werden zeigen, dass es möglich ist dass es mehrere Schwingungsmodi für ein System gibt und dass die Energie von einer Mode zur anderen geht. Und schlussendlich werden wir ein unterhaltsames Experiment anschauen, welches die Synchronisation von Uhren zeigt, welche ganz leicht gekoppelt sind.

Notes

Summary

0m 03s

Hurler dans un verre



- Un son excite la résonance d'un verre ballon.
- La déformation à haute fréquence est considérable !

Mécanique | 2013 7

Ich beginne mit dem Experiment mit dem Weinglas. Ihr seht auf dieser Foto ein Apparat, welcher hauptsächlich da ist um ein Lautsprecher zum laufen zu bringen, welcher links vom Weinglas ist. Es hat ein Becken. Ihr mutmasst, dass das Glas kaputt gehen wird und das Becken ist unter dem Glas um die Scherben aufzufangen. Der Techniker wird die Frequenz des Tons anpassen um das Weinglas in Resonanz zu bringen. Wenn er aufdreht, da, da hat es eine Feinheit. Wenn er das Volumen aufdreht, dann nimmt die Amplitude der Schwingung des Weinglases zu, was bedeutet, dass das Weinglas die Luft mehr bewegt, was wiederum macht, dass die Dämpfung ansteigt und daher wird sich die Eigenfrequenz leicht verändern. Daher seht ihr ihn schlussendlich noch die Frequenz des Lautsprechers einstellen. Schauen und hören wir nun. Es ist leider schwierig in einem Mooc das Getöse dieses Experiments richtig zu erleben.

Notes

Summary

1m 12s

Das Stroboskop erlaubt es die Schwingungen des Glases zu zeigen. Ihr werdet sehen. Jetzt sind die Einstellungen fertig. Jetzt sieht man den Rand des Glases viel langsamer schwingen als der Ton, das ist der Effekt des Stroboskops der uns dies erlaubt. Und kaputt.

Notes

Summary

2m 33s

Normalerweise finden die Studenten vor allem den Moment, indem das Glas zerbricht, unterhaltsam, daher biete ich euch eine Zeitraffer-Aufnahme dieses Moments. Wenn ihr erlaubt möchte ich trotzdem eine Bemerkung machen. Ihr beobachtet hier eine Spezielle Eigenschaft der Materialien, es ist die Möglichkeit eine Deformation mit einer grossen Amplitude bei hoher Frequenz zu haben. Wenn man die selbe Deformation bei einer verschwindenden Frequenz machen wollte, also mit den Händen oder mit Zangen, so würde man nie eine so grosse Auslenkung erreichen. Ich fahre fort. Und kaputt.

Notes

Summary

3m 11s

Pont de Tacoma

- Oscillation entretenue par l'effet combiné (complexe) du vent et de la déformation du pont.
- Amplitude sans rupture : remarquable !

Oft, wenn man von Resonanz spricht, zeigen die Leute den Film von der Tacoma-Brücke, eine Brücke die gerade fertig gebaut wurde und die starken Winden ausgesetzt wurde und, wie wir es auf diesem Foto sehen, hat die Fahrbahn zu schwingen beginnen. Es ist ein sehr spektakulärer Film den ihr leicht im Internet findet. Ich möchte trotzdem darauf hinweisen, dass, als wir die Resonanz definiert hatten, haben wir uns harmonische Schwingungen angeschaut, wir habe es einer Kraft unterworfen die mit der Zeit oszillierte, wie ein *sin Omega t* oder *cos Omega t*, es ist also eine Kraft deren Abhängigkeit von der Zeit harmonisch zur Frequenz ist und wir sind in der Nähe der Frequenz der Eigenform. Das ist nicht das, was hier passiert. Weit weg von der Brücke könnte man sich vorstellen, dass der Wind gleichmässig konstant ist und dass es eine spezielle Wechselwirkung zwischen dem Wind, den Turbulenzen und den Schwingungsmoden der Brücke ist, welche die sogenannte Autoresonanz herbei führt.

Notes

Summary

4m 10s

Wilberforce

- Mouvement harmonique de translation
- Mouvement harmonique de rotation …

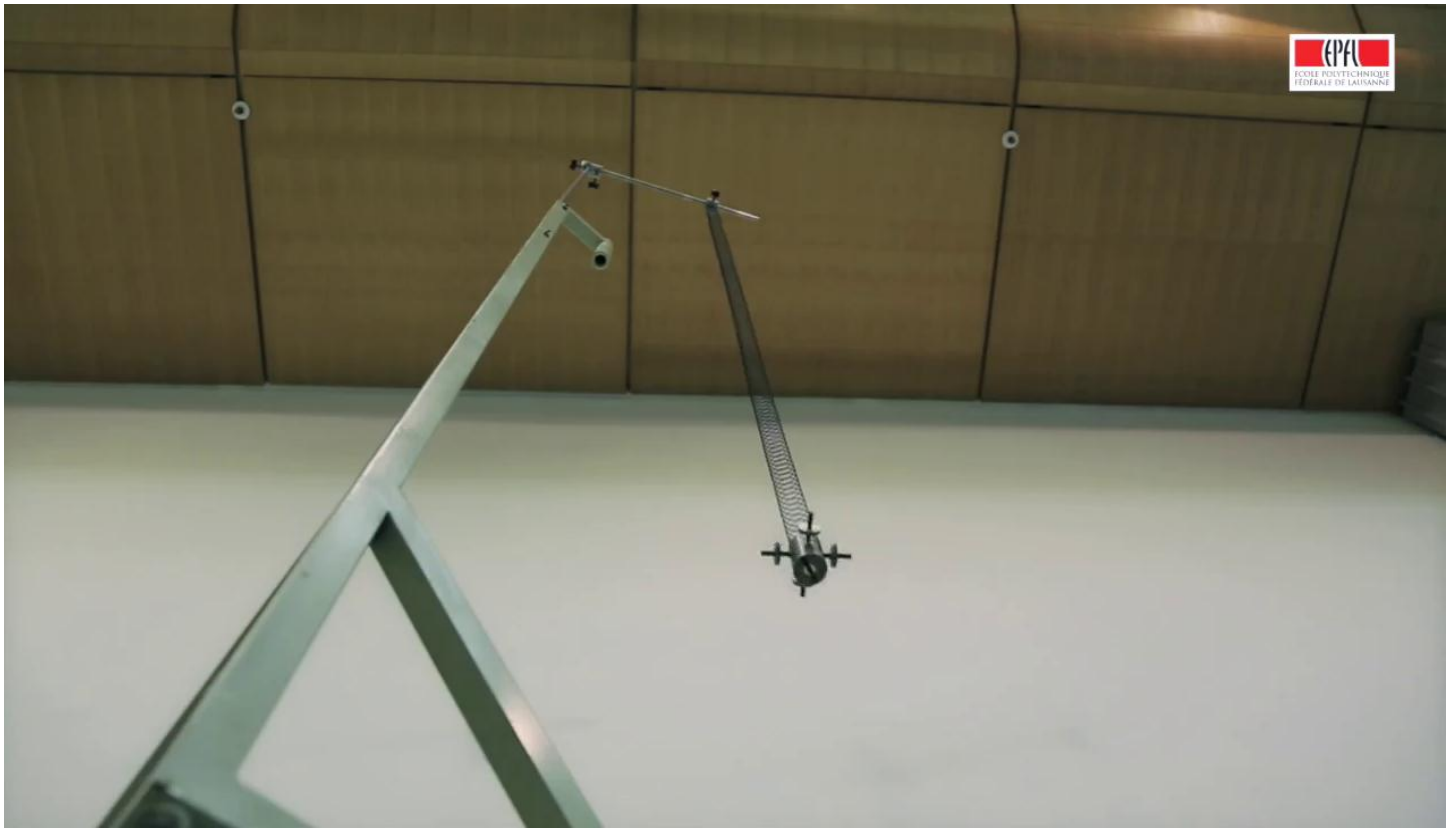
Mécanique | 2013 10

Im nächsten Experiment, dem sogenannten Wilberforce-Pendel, möchte ich zeigen, wie die Energie von einem Schwingungsmodus zu einem anderen übergehen kann. Was ihr auf diesem Bild seht ist ein Träger der eine sehr lange Feder mit einer Masse am Ende trägt. Und wir schauen, die Kamera ist unter dem System. Ich sage nichts mehr sondern lasse euch beobachten.

Notes

Summary

5m 18s



Wir ziehen. Wir machen also eine Translations- bewegung und eine Rotation beginnt, so fest, ihr seht es hier, dass die Translationsenergie verschwindet und alle Energie in der Rotation steckt. Und nach der Schwingung beginnt die Translation von Neuem und die Rotation hört auf. Und es beginnt von Neuem.

Notes

Summary

5m 45s

- L'énergie passe d'un mode d'oscillation en translation à un mode en rotation

Mécanique | 2013 11

Ich lade euch nun ein das System von der Seite her zu betrachten. Zuerst werden wir einen Translations- Modus hervorrufen und wir sehen, dass das System anfängt sich zu drehen und danach machen wir das Gegenteil.

Notes

Summary

6m 27s

Translation. Rotation. Und wir kommen wieder zur Translatin. Jetzt zeige ich euch das Gegenteil. Wir fangen mit der Rotation an. Und hier beginnt die Translation. Da.

Notes

Summary

6m 48s

Synchronisation des pendules couplés

- Les métronomes ont des fréquences propres différentes.
- Sur la planche, ils battent la mesure ensemble.

Mécanique | 2013 13

Um dieses Modul abzuschliessen, möchte ich euch ein unterhaltsames Experiment zeigen, welches die Synchronisation von Uhren zeigt. Wenn man dieses Phänomen wirklich verstehen möchte, so müsste man sehr viel fortgeschrittenere Mechanik verstehen als das, was wir hier in dem Kurs machen werden. Man müsste nicht-lineare mechanische Systeme studieren. Nun, hier sind sechs Metronome, alle gleich, eingestellt, so gut nur möglich auf der selben Frequenz. Wenn wir sie nun anmachen, so werden sie den Takt gemeinsam schlagen, aber sehr schnell wird es Abweichungen geben. Der Film beginnt nach ein paar Minuten und die Pendel, die Metronome, sind nicht mehr im Einklang.

Notes

Summary

7m 34s

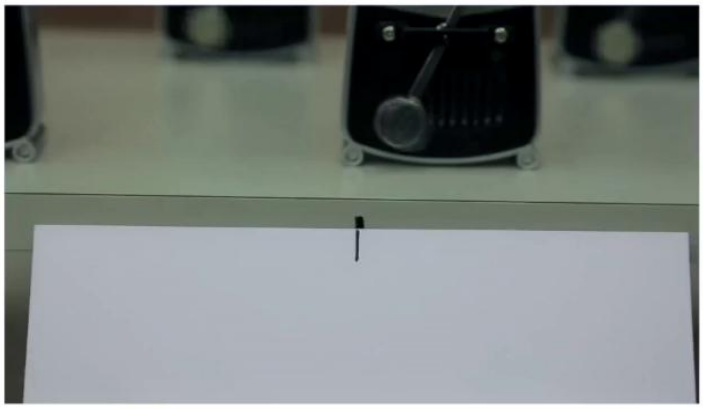
Danach stellen wir das Brett auf einen Ständer welcher sehr leicht die Roll- Bewegung mitmacht und ihr werdet sehen, dass sich die Pendel, also die Metronome synchronisieren. Man muss etwas Geduld haben. Der Effekt ist ziemlich klein. Man beginnt zu merken, dass etwas vor sich geht.

Notes

Summary

8m 29s

Synchronisation des pendules couplés



- Le couplage entre les métronomes provoque leur synchronisation !

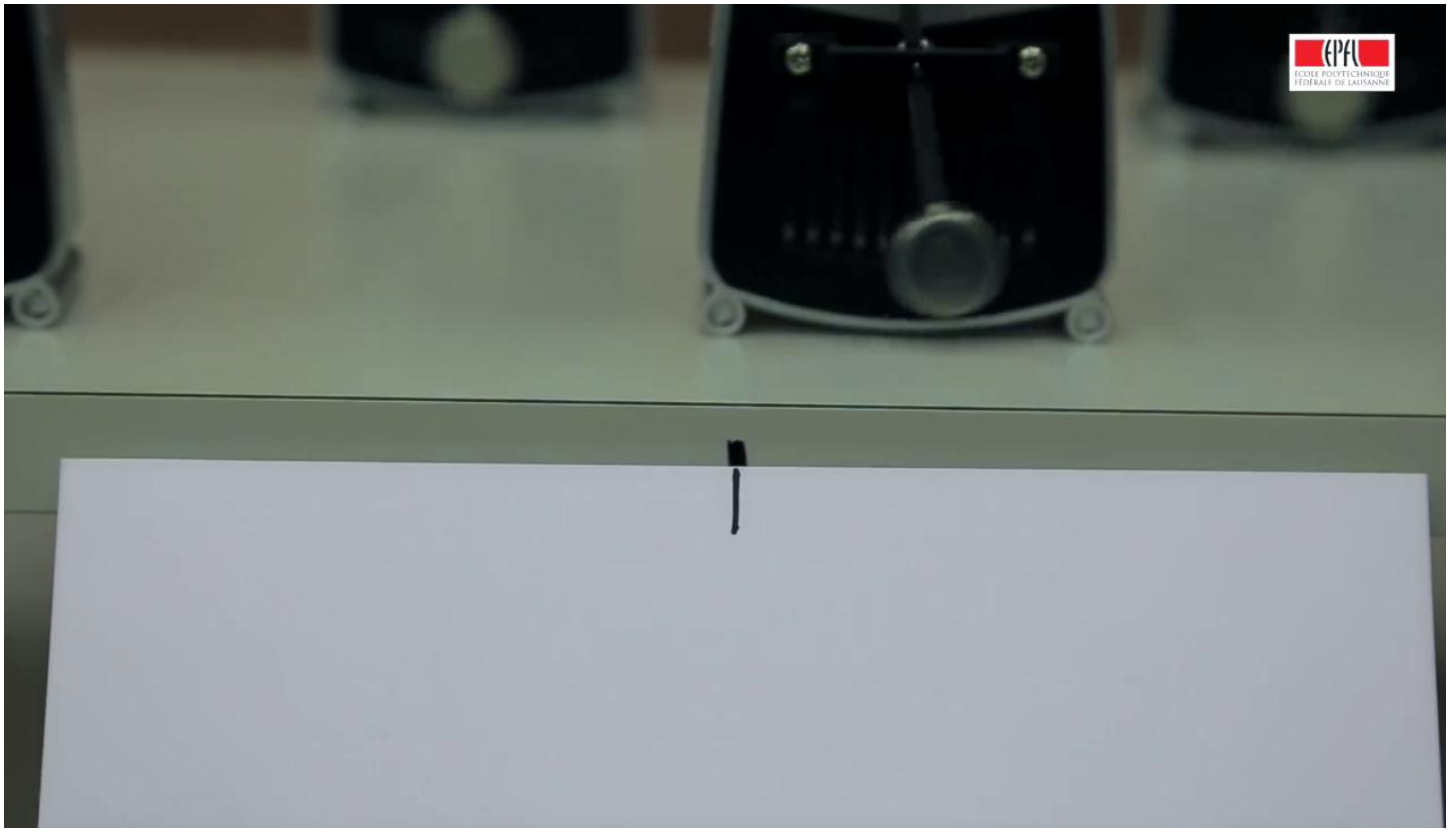
Mécanique | 2013 14

Hier. Um zu zeigen, dass es eine Kopplung zwischen den Metronomen hat, wenn man das Brett auf die zwei Zylinder stellt, hat der Techniker die Position des Bretts aufgezeichnet. Ihr seht, dass das Brett ein ganz klein wenig sich bewegt.

Notes

Summary

9m 51s



So wie hier.

Notes

Summary

10m 14s