Expériences : le phénomène de résonance

Mécanique, cours 10.exp

Jean-Philippe Ansermet

Video

Expériences : le phénomène de résonance

- Mode propre
- Transitoire
- Réponse harmonique pour différents amortissements
- Excitation résonante de pendules
- Excitation résonante de diapasons

Guten Tag, willkommen zur Vorlesung der allgemeinen Physik an der EPFL. In dieser Lektion und in diesem Modul im speziellen zeige ich euch die wichtigen Aspekte des Phänomens der Resonanz. Als erstes werden wir einen harmonischen Oszillator betrachten, auf welchen keine äusseren Kräfte einwirken. Wir werden etwas beobachten, was man Eigenform oder Modus bezeichnet. Anschliessend werden wir eine äussere Anregung hinzufügen. Dabei werden wir Übergangszustände beoabachten. Wenn dieser Übergangszustand einmal gedämpft ist, antwortet der Oszillator harmonisch. Des Weiteren werden wir das harmonische Verhalten für ein von Reibung praktisch freien oder notorisch gebremsten System betrachten. Anschliessend werden wir die Resonanz zwischen verschiedenen Pendeln betrachten. Zum Schluss, um den allgemeinen Charakter des Resonanzphänomens zu behandeln, betrachten wir die akustische Resonanz.

Notes

Summary

0m 03s

Mode propre

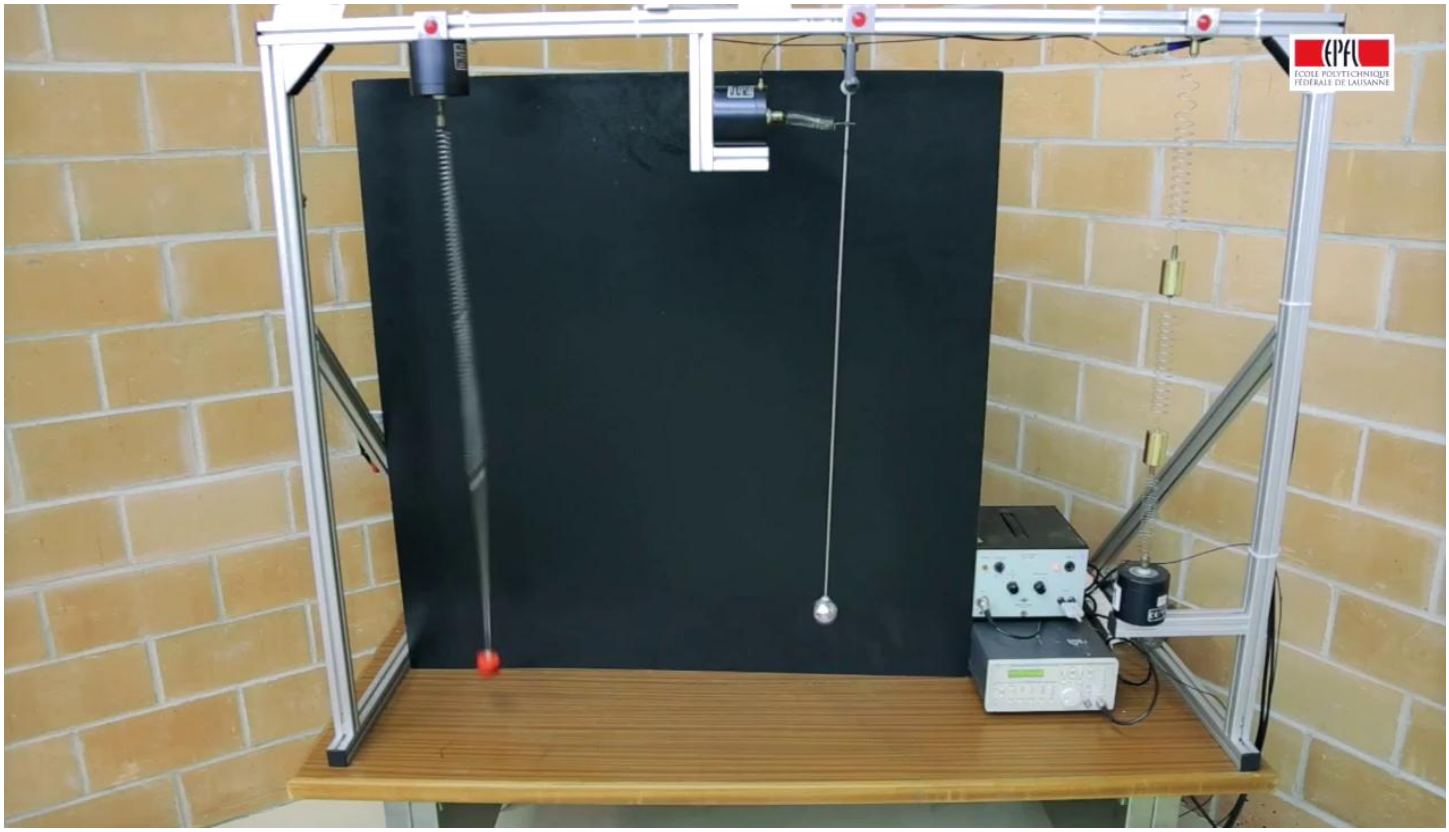
- On tire sur le plot et on le laisse oscciller dans l'air
- On mesure la fréquence, approx. 1.4 Hz

Ich beginne mit einer an einer Feder festgemachten Masse. Ausser der Gewichtskraft hat es nichts, was eine Kraft auf dieses System ausübt. Ich werde das System in Gang bringen. Wir werden Oszillationen feststellen. Ein Detektor wir es uns ermöglichen, die Eigenfrequenz des Systems zu bestimmen.

Notes

Summary

1m 02s

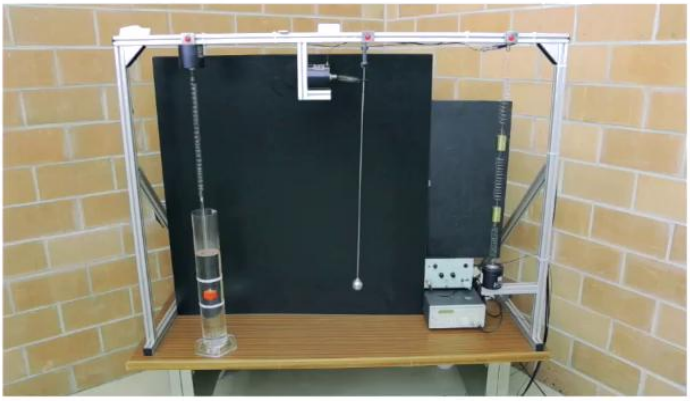


Es ist nötig, sich diesen Wert zu merken: 1,40 Hz. Jetzt werden wir das vibrierende Element einschalten, an welchem die Feder fixiert ist. Dieses ist durch ein elektromagnetisches Element kontrolliert. Dieses werden wir mit einer von der Eigen- frequenz des Pendels etwa um 0.1 Hz abweichenden Frequenz oszillieren lassen. Das System wir dadurch mit zwei Oszillations- moden oszillieren. Einerseits mit der Frequenz des vibrierenden Elements und andererseits in seiner Eigenfrequenz. Diese beiden unterscheiden sich um 0,1 Hz. Dies wird uns eine Schwebung ergeben mit einer Frequnez von 0.1 Hz. Ich lade euch ein, dies zu beobachten. Voilà, wir starten das System. Ihr könnt beobachten, wie sich das System entwickelt. Seht, hier hat es eine Schwebung. Die Feder stoppt zu oszillieren. Hier noch einmal. Etwa alle zehn Sekunden ist die Schwebung zu beobachten. Nun zeigen wir was geschieht, wenn wir die Feder exakt mit ihrer Eigenfrequenz anregen. Es wird sich relativ schnell eine sehr intensive Oszillation entwickeln. Bis zu dem Punkt, wo eigentlich keine harmonische Oszillation vorhanden ist. Seht, wir verlassen sogar das lineare Regime.

Notes

Summary

1m 35s



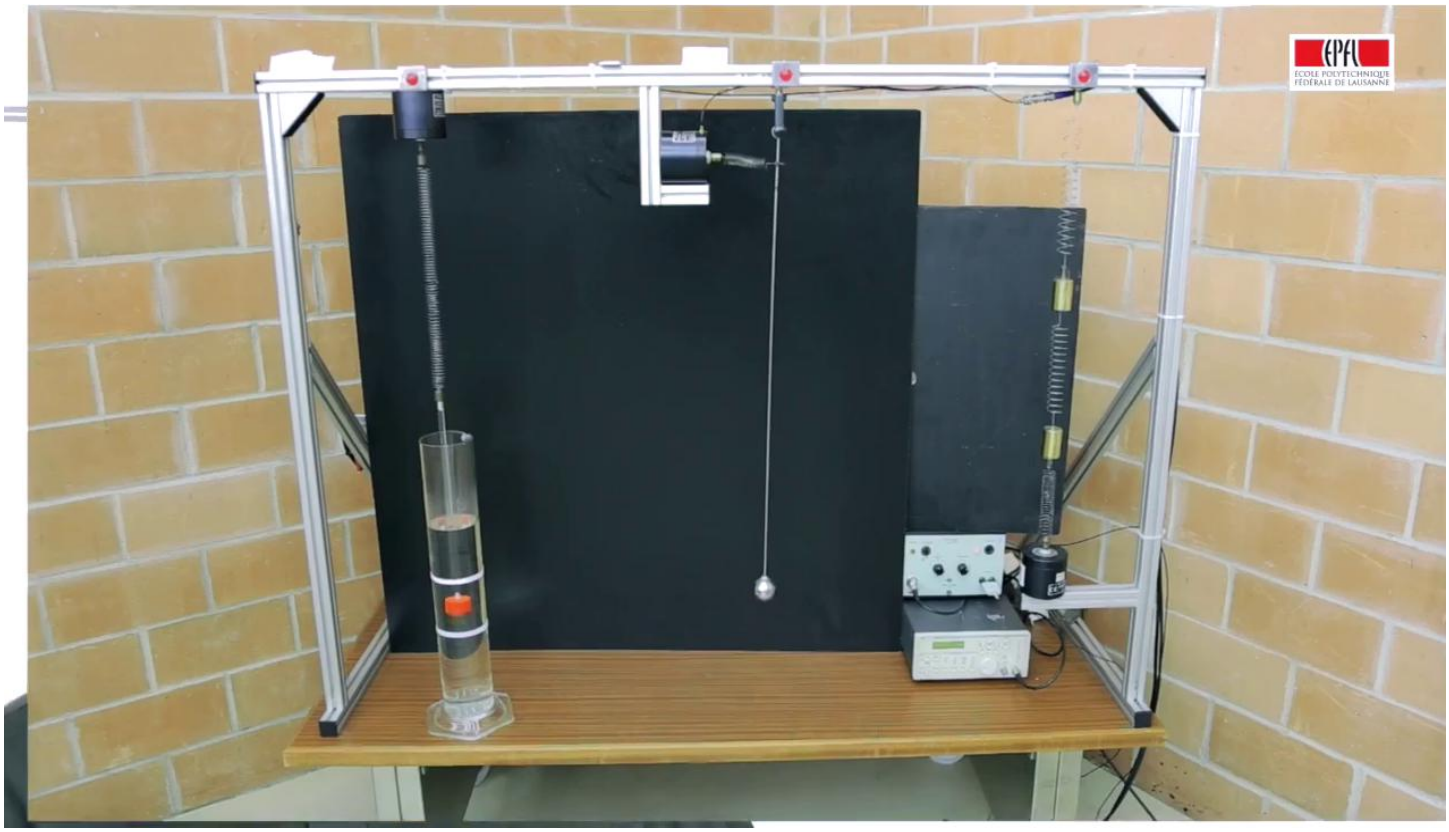
- On enclanche le pot vibrant à une fréquence décalée de 0.20Hz de la fréquence propre.
  - On constate un battement
  - Le battement dure aussi longtemps que l'oscillation libre.

Nun setzten wir den Oszillator ins Wasser. Ich möchte auch dieses Schwebungsphänomen zwischen der Eigenfrequenz der Feder und dem Modus, welchen wir durch das vibrierende Element auferlegen, zeigen. Da die Dämpfung sehr intensiv ist, muss ich die Differenz zwischen den beiden Frequenzen vergrössern. Ich nehme 0,20 Hz für die Differenz der Eigenfrequenz und der Anregungsfrequenz.. Also wird das Schwebungsphänomen alle 5 Sekunden zu beobachten sein. Ihr werdet sehen, dass die Feder schnell aufhört zu oszillieren.

Notes

Summary

3m 09s



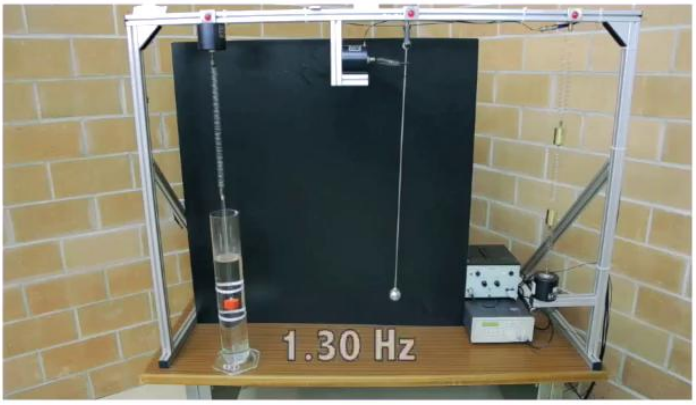
Hier hat es eine Schwebung. Hier können wir es noch ein bisschen unterscheiden. Beim dritten Mal ist es schon schwieriger zu sagen, ob noch eine Oszillation vorhanden ist. Wenn wir noch warten, sieht man, dass das System nach einer Weile ein stationäres Verhalten besitzt.

Notes

Summary

3m 50s

Réponse harmonique



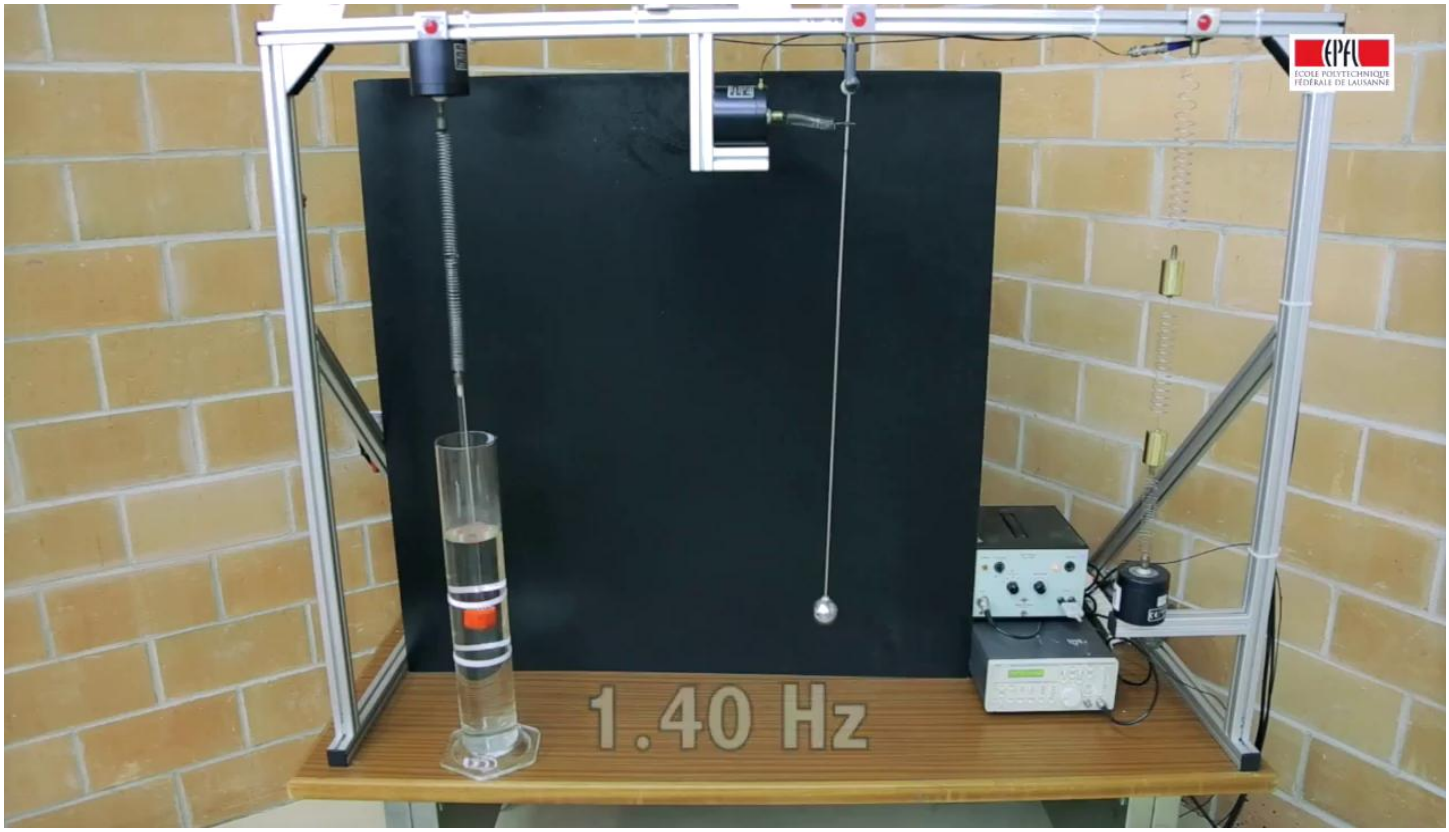
- On enclanche le pot vibrant légèrement hors résonance
  - On note l'amplitude à la résonance.
  - Même amplitude à une fréquence voisine

Dies nenne wir harmonische Oszillation. Ihr habt festgestellt, dass die Frequenz 1.15 Hz war. Wenn man ein bisschen genaue Messungen macht, stellt man fest, dass die Eigenfrequenz der Feder im Wasser nicht mehr 1,40 Herz ist sondern eher 1,35 Hz. Dies entspricht dem Beobachteten, als Reibung vorhanden war. Die Eigenfrequenz omega1, respektive die Eigenpulsation omega 1 entspricht der Quadratwurzel von omega null im Quadrat minus gamma im Quadrat, wobei gamma den Reibungs-, respektive den Dämpfungskoeffizienten darstellt. Wir werden nun die harmonische Antwort betrachten. Ich beginne im Wasser und wir werden beobachten, ob man durch die Anregung in der Resonanz- frequenz oder durch die Anregung mit einer Frequenz nahe der Resonanzfrequenz dieselbe Amplitude erhält. Beobachten wir.

Notes

Summary

4m 12s



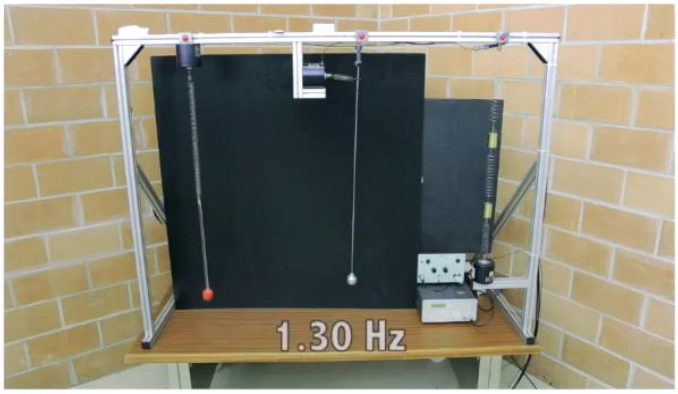
Seht ihr die beiden weissen Striche. Diese helfen euch, die Amplitude der Oszillation zu bestimmen. Wenn wir nun zu 1,40 Hz wechseln, behält das System die gleiche Amplitude. Voilà.

Notes

Summary

5m 19s

Spectre de la réponse harmonique



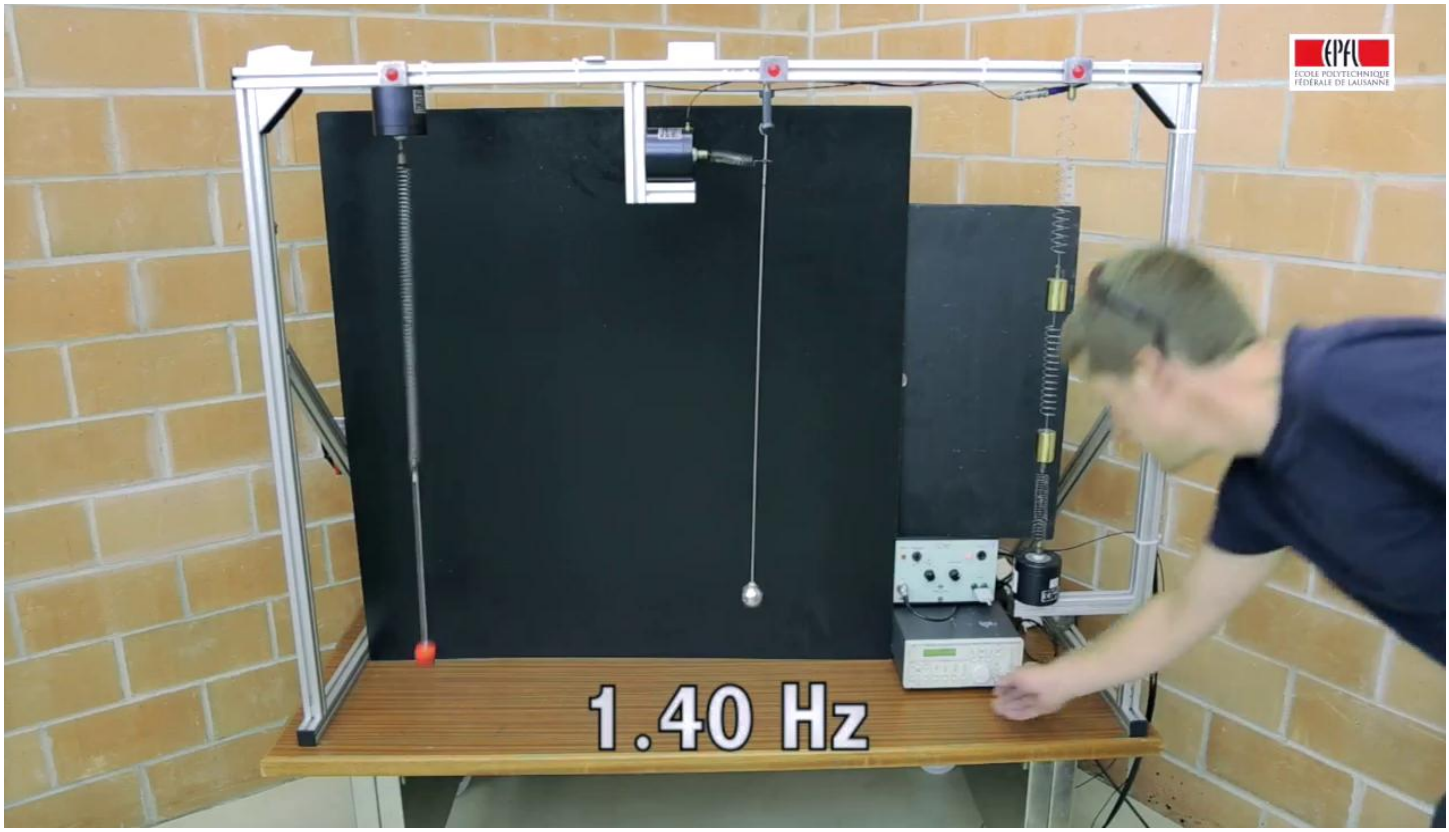
- On enclanche le pot vibrant :
  - Amplitude modérée à 1.30 Hz (réponse harmonique)
  - Amplitude énorme à 1.40 Hz

Machen wir das gleiche Experiment in der Luft. Also in der Luft dauern die Schwebungen viel länger, da die Dämpfung viel schwächer ist als im Wasser. Es benötigt mehrere Minuten bis die Schwebungen stoppen. Der Film beginnt also lange Zeit, nachdem das System mit 1,30 Hz gestartet wurde. Ihr werdet sehen, dass die Amplitude in etwa konstant ist und dass die Amplitude kleiner ist, als es bei der Resonanzfrequenz von 1,40 Hz der Fall ist.

Notes

Summary

5m 45s



Wir beobachten. Dies ist nicht der Beginn der Oszillation, nachdem das System gestartet wurde. Dies ist etwa nach drei Minuten. Nun wechseln wir zu 1,40 Hz und sofort entwickelt sich eine grössere Amplitude. Ihr seht also, dass in der Luft die Dämpfung sehr klein ist. Es reicht aus, die Frequenz leicht zu verändern und man verändert sehr stark die Amplitude. Dies haben wir vorausgesagt. Hier verlassen wir das Gebiet der harmonischen Oszillation.

Notes

Summary

6m 17s

Résonance

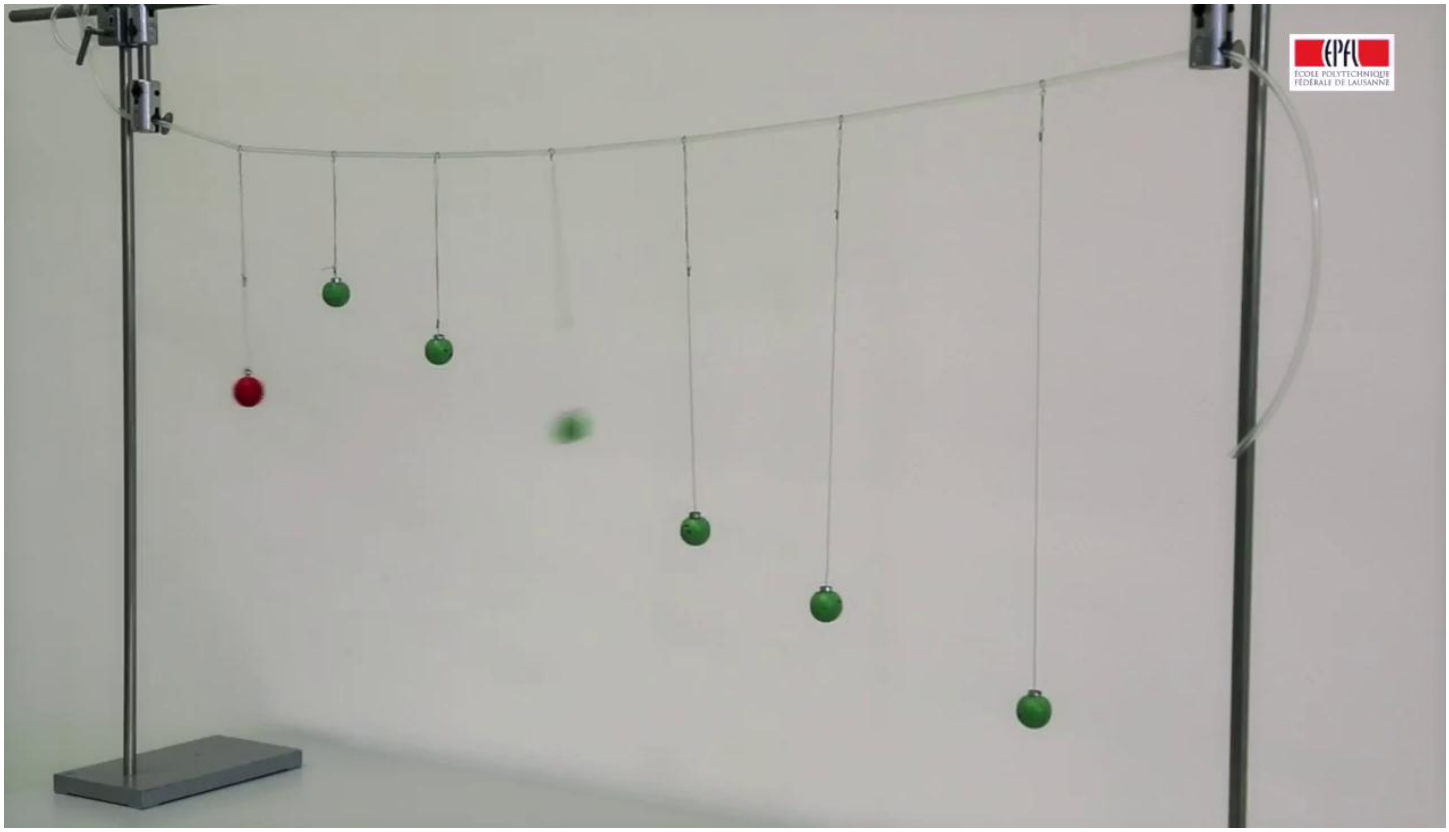
- On lance un pendule …
  - Après un moment, seul celui qui a la même longueur (donc la même fréquence) oscille grandement
  - Les autres sont amortis

Nun betrachten wir ein System mit mehreren Pendel, welche gekuppelt sind, da sie auf einer Röhre aus weichem Plastik montiert sind. Wir werden die rote Kugel starten lassen. Ihr werdet sehen, dass von all diesen Oszillatoren nur einer antworten wird. Nämlich jener, welche die gleiche Länge besitzt.

Notes

Summary

6m 53s



Auf geht's. Am Anfang beginnt sich alles ein bisschen zu schütteln Es hat einen, welcher eine viel grössere Amplitude besitzt als die anderen. Noch einmal, dies ist das Resonanzphänomen.

Notes

Summary

7m 17s

Résonance acoustique

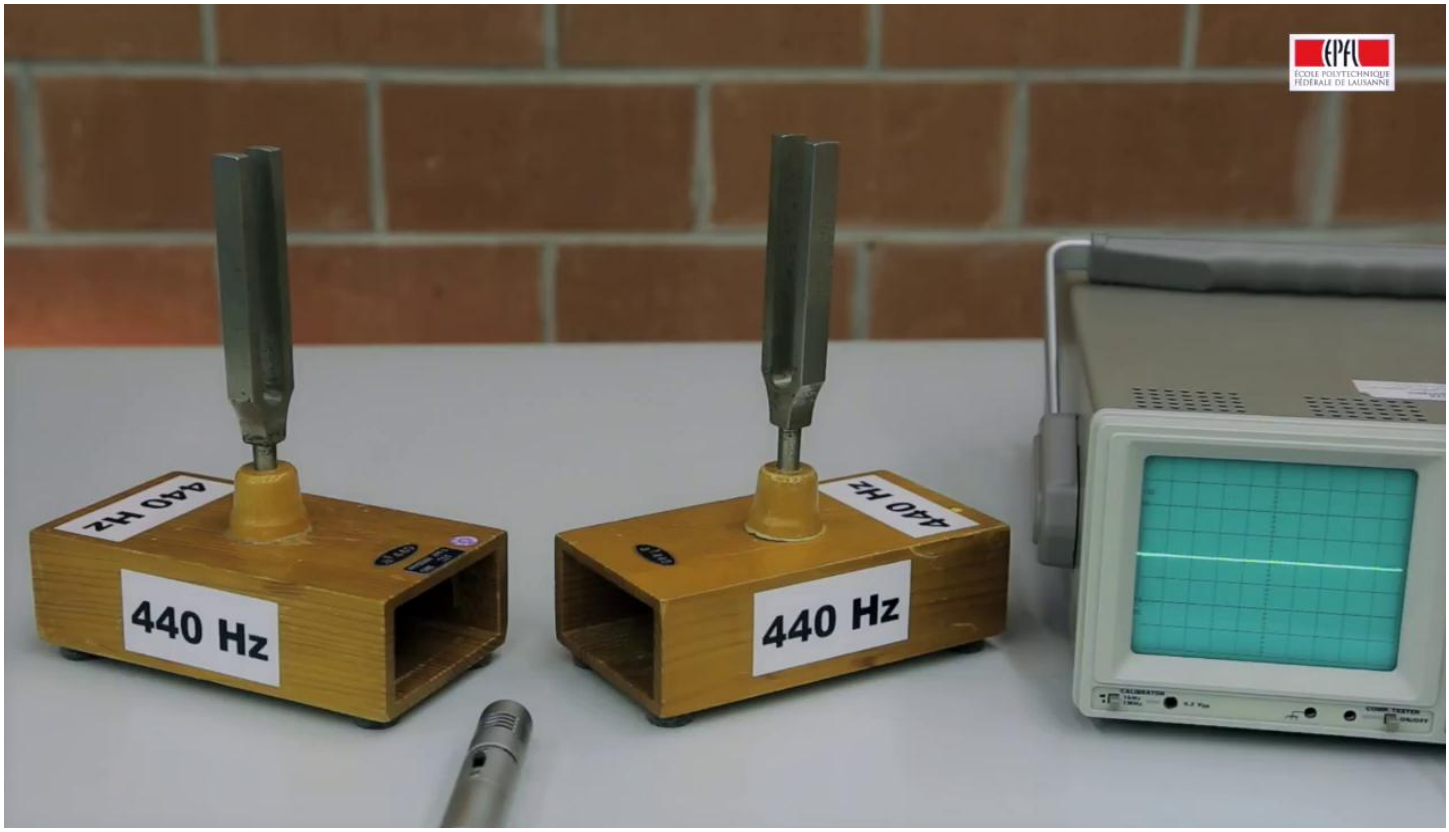
- On frappe un diapason, puis on le stoppe
- le deuxième génère un son, si les deux ont la même note.

Um zu zeigen, dass das Resonanzphänomen etwas sehr allgemeines ist, schlage ich euch ein Experiment mit einer Stimmgabel vor. Ihr habt zwei Stimmgabeln hier, welches auf einem Resonanzkörper fixiert sind. Jedes hat eine Eigenfrequenz von 440 Hz. Wir schlagen auf das eine. Daraufhin beobachten wir, dass auch das andere beginnt zu schwingen.

Notes

Summary

7m 46s



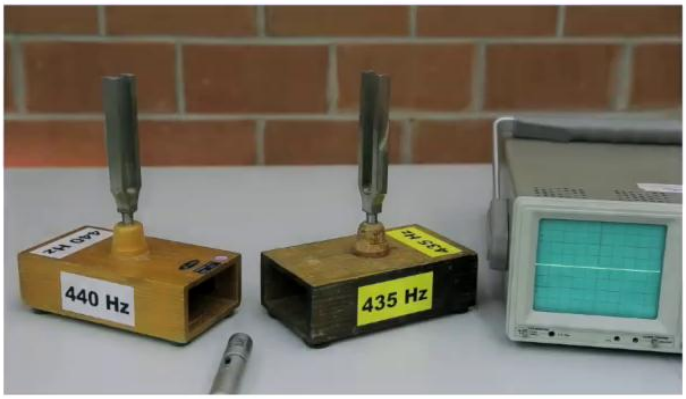
Es beginnt auch zu oszillieren. Ihr habt ein Mikrophon und ein Oszilloskop.

Notes

Summary

8m 11s

Résonance acoustique



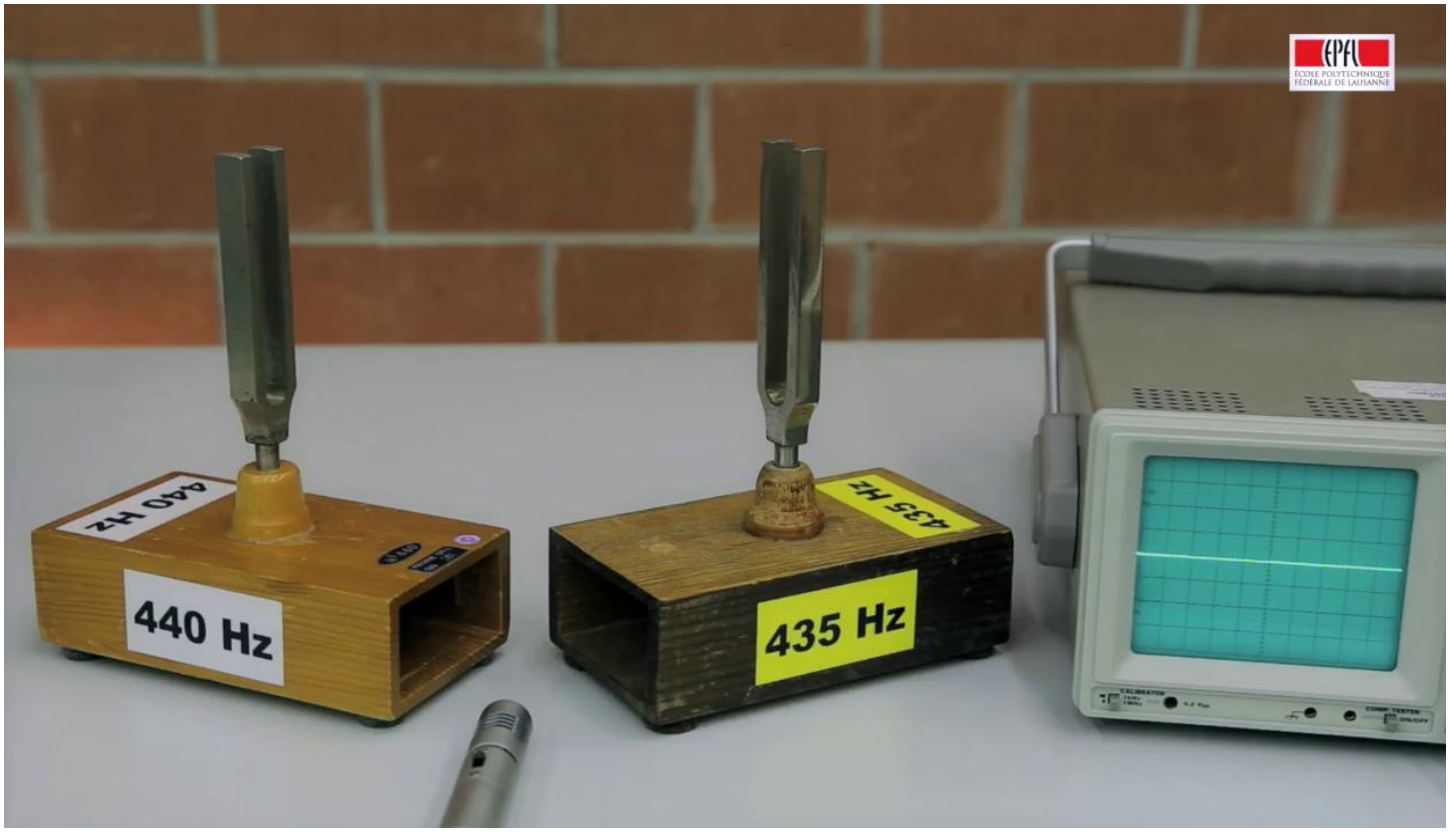
- On frappe un diapason, puis on le stoppe
- le deuxième ne vibre pas, s'ils sont différents.

Voilà, noch einmal, wir haben gezeigt, dass die rechte Stimmgabel durch die linke Stimmgabel angeregt wurde. Um noch einmal die Sensibilität betreffend der Frequenz eines Systems mit wenig Reibung zu zeigen, nehmen wir zwei Stimmgabeln mit unterschiedlicher Frequenz. Diese beiden Stimmgabeln unterscheiden sich etwa um 5 Hz.

Notes

Summary

8m 25s



Machen wir das gleiche Experiment noch einmal.

Notes

Summary

8m 55s

Résonance acoustique

- On frappe un diapason, puis on le stoppe
- le deuxième ne vibre pas, s'ils sont différents.

Voilà, die andere Stimmgabel wurde nicht angeregt.

Notes

Summary

9m 05s