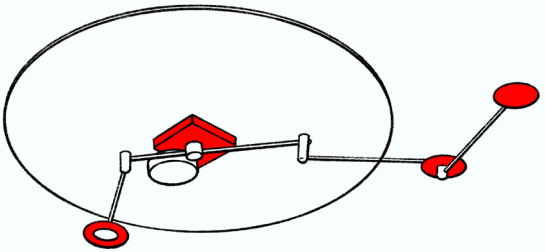
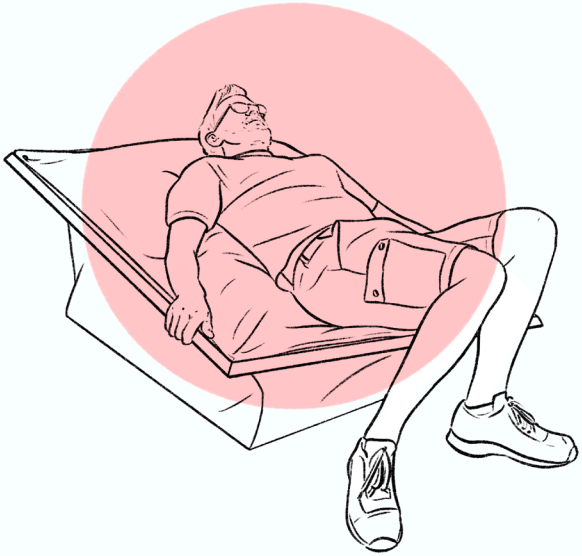
Horizontale Pendel

by Daniel Richard



- Verlagere dein Gewicht auf dem Sessel hin und her.
- Schaffst du es, dass sich das Pendel einmal rundherum dreht?



Was tun und beobachten?

Mit dem Sessel bewegst du auch das Brett über dir. An ihm ist das Pendel befestigt. Kippst du den Sessel zur Seite, kippt auch das Brett zu dieser Seite. Das Pendel gerät so aus dem Gleichgewicht und setzt sich in Bewegung. Stimmst du deine Wippbewegung geschickt mit der Bewegung des Pendels ab, kannst du das Pendel in alle Richtungen drehen.

Was passiert da?

Du merkst, dass das Pendel **schwierig zu kontrollieren** ist. Je schneller es schwingt, desto überraschender werden die Bewegungsmuster. Dies, weil die Bewegungen des Pendels sehr **empfindlich** von der **Ausgangssituation** abhängen: Jede noch so kleine Änderung des Kippwinkels führt zu einem völlig anderen Bewegungsablauf. Vorhersagen, wie sich das Pendel verhält, sind deshalb unmöglich. Denn seine Ausgangssituation kennen wir nie genau genug. So ein Pendel bezeichnet man auch als «**chaotisches System**».

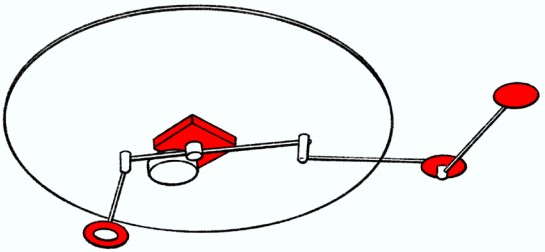
Was ist daran besonders?

In der Natur gibt es viele chaotische Systeme: Die aufsteigende Rauchsäule, Aktien- und Devisenkurse oder auch das Wetter lassen sich nicht genau vorhersagen. Sie alle hängen auf komplizierte Weise von Faktoren ab, die sich nicht genau genug messen lassen, um den zukünftigen Verlauf zu bestimmen.

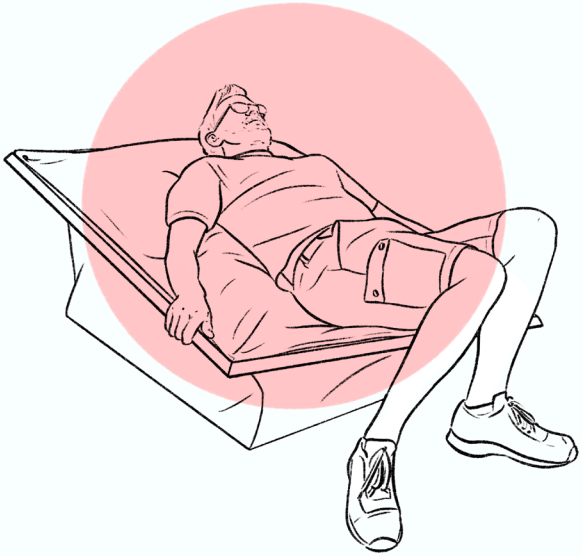
Idee und Realisation: Daniel Richard und Swiss Science Center Technorama

Horizontal pendulum

By Daniel Richard



- Shift your weight back and forth on the chair.
- Can you make the pendulum do a full circle?



What to do and observe

Using the chair, you are also moving the plank above you. This is attached to the pendulum. When you tip the chair to one side, the plank also tips to this side. The pendulum becomes out of balance and is set in motion. If you're skilful enough to match your rocking motion to the motion of the pendulum, you can turn the pendulum in all directions.

What's going on?

You'll notice that the pendulum is **difficult to control**. The quicker it swings, the more surprising the patterns of movement. This is because the motion of the pendulum is very **sensitive** to the **starting situation**: Every slight change in the tipping angle causes an entirely different movement pattern. It is therefore impossible to predict how the pendulum will react because we can never know the exact starting situation. You can also describe a pendulum as a "**chaotic system**":

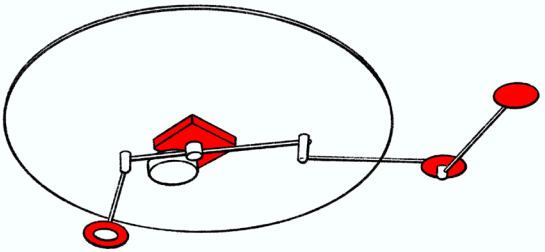
What makes it interesting?

Nature has many chaotic systems: Rising columns of smoke, share prices and even the weather cannot be accurately predicted. They depend on complicated factors that cannot be measured precisely enough to determine their future progression.

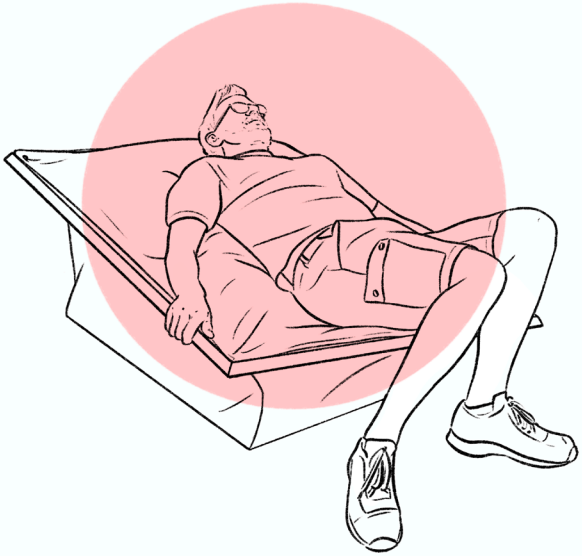
Idea and realisation: Daniel Richard and Swiss Science Center Technorama

Pendule horizontal

By Daniel Richard



- Déplace ton poids d'un côté à l'autre du fauteuil.
- Arrives-tu à faire faire un tour complet au pendule?



Que faire et quoi observer?

En bougeant le fauteuil, tu fais aussi bouger la planche qui se trouve au-dessus de toi, sur laquelle est fixé le pendule. Si tu inclines le fauteuil d'un côté, la planche s'incline du même côté. Le pendule se retrouve alors en déséquilibre et se met en mouvement. En synchronisant habilement ton mouvement de bascule avec celui du pendule, tu peux le faire tourner dans tous les sens.

Comment ça marche?

Tu remarques que le pendule est **difficile à contrôler**. Plus il oscille rapidement, plus ses mouvements deviennent imprévisibles. En effet, les mouvements du pendule dépendent très **fortement** de sa **position initiale**: la moindre variation de l'angle d'inclinaison suffit à produire une trajectoire complètement différente. Il est donc impossible de prédire son comportement, car nous ne connaissons jamais sa position de départ avec une précision suffisante. Un pendule de ce type est appelé un «**système dynamique chaotique**».

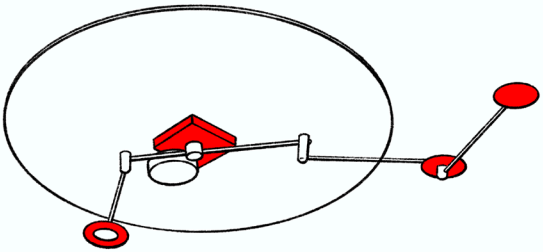
En quoi est-ce intéressant?

Dans la nature, on observe de nombreux systèmes dynamiques chaotiques: un nuage de fumée qui monte dans le ciel, les cours de la bourse ou encore la météo sont autant de phénomènes impossibles à prévoir avec exactitude. Ils dépendent de manière complexe de facteurs que l'on ne peut pas mesurer avec suffisamment de précision pour déterminer leur évolution future.

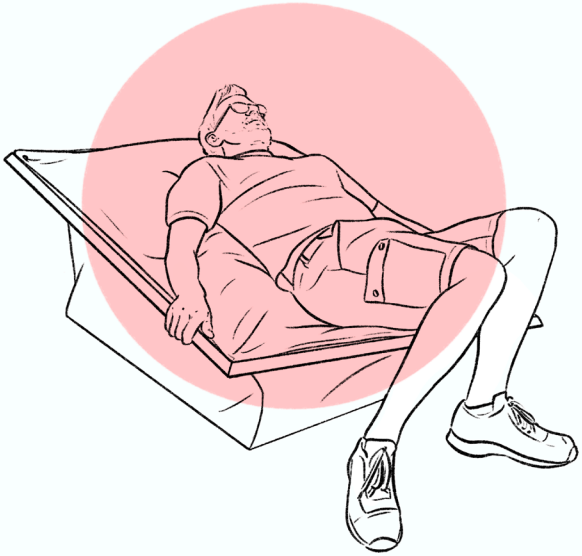
Idée et réalisation: Daniel Richard et Swiss Science Center Technorama

Pendoli orizzontali

By Daniel Richard



- Dondolati su questa poltrona.
- Riesci a far compiere al pendolo una rotazione completa?



Cosa fare e osservare

Muovendo la poltrona, sposti anche la tavola sopra di te, a cui è fissato il pendolo. Se inclini la poltrona da un lato, anche la tavola si inclina da quel lato. Così facendo, il pendolo si sbilancia e inizia a muoversi. Coordinando abilmente il tuo dondolio con il movimento del pendolo, puoi farlo ruotare in tutte le direzioni.

Cosa succede?

Come avrai notato, il pendolo è **difficile da controllare**. Più velocemente oscilla, più i suoi schemi di movimento diventano imprevedibili. Questo perché i movimenti del pendolo dipendono **in modo cruciale** dalla **situazione iniziale**: anche una minima variazione dell'angolo di inclinazione porta a una sequenza di movimenti completamente diversa. È quindi impossibile prevedere il comportamento del pendolo, perché non conosciamo mai con sufficiente precisione la sua situazione iniziale. Un pendolo di questo tipo viene definito anche «**sistema caotico**».

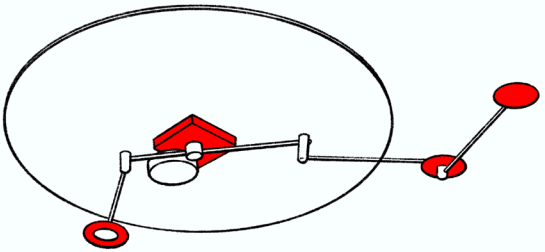
Perché è interessante?

Nel mondo esistono molti sistemi caotici: ad esempio, non è possibile prevedere con precisione il movimento verso l'alto di una colonna di fumo, i prezzi delle azioni o il tempo atmosferico. Essi dipendono in modo complesso da fattori non misurabili con la precisione necessaria per determinarne l'andamento futuro.

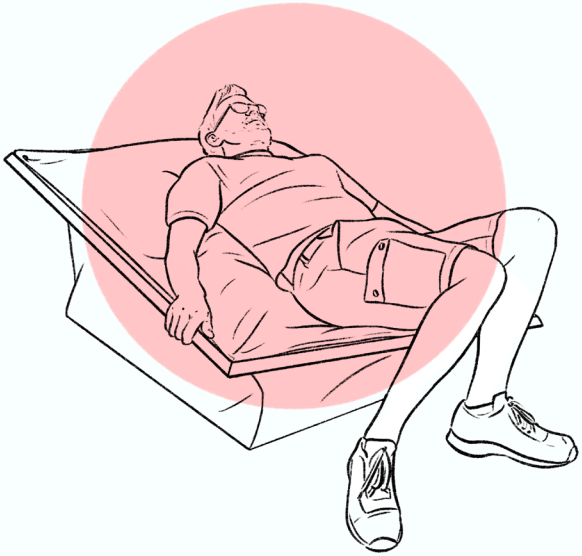
Idea e realizzazione: Daniel Richard e Swiss Science Center Technorama

Horizontale Pendel

Leichte Sprache



- Setz dich oder leg dich auf den Sessel.
- Kippe den Sessel hin und her.
- Schau an die Decke.
- Dort hängt ein Pendel.
- Was macht das Pendel?



Das kannst du machen:

Kippst du den Sessel?
Dann kippt auch das Brett an der Decke.
Das Pendel bewegt sich.
Kannst du das Pendel rundherum drehen?

Das passiert hier:

Kannst du das Pendel kontrollieren?
Das ist sehr schwierig.
Die Bewegung vom Pendel kann überraschend sein.
Eine kleine Veränderung am Anfang verändert die ganze Bewegung.
Wir kennen den Anfang nie ganz genau.
Darum kann niemand genau wissen:
Wie bewegt sich das Pendel?
So ein Pendel heisst auch **chaotisches System.**

Das ist besonders:

In der Natur gibt es viele chaotische Systeme.
Das Wetter lässt sich zum Beispiel schwer vorher·sagen.
Ganz viele Dinge beeinflussen das Wetter.
Wir können nicht alle Dinge genau messen.
Darum können wir das Wetter nicht genau vorher·sagen.