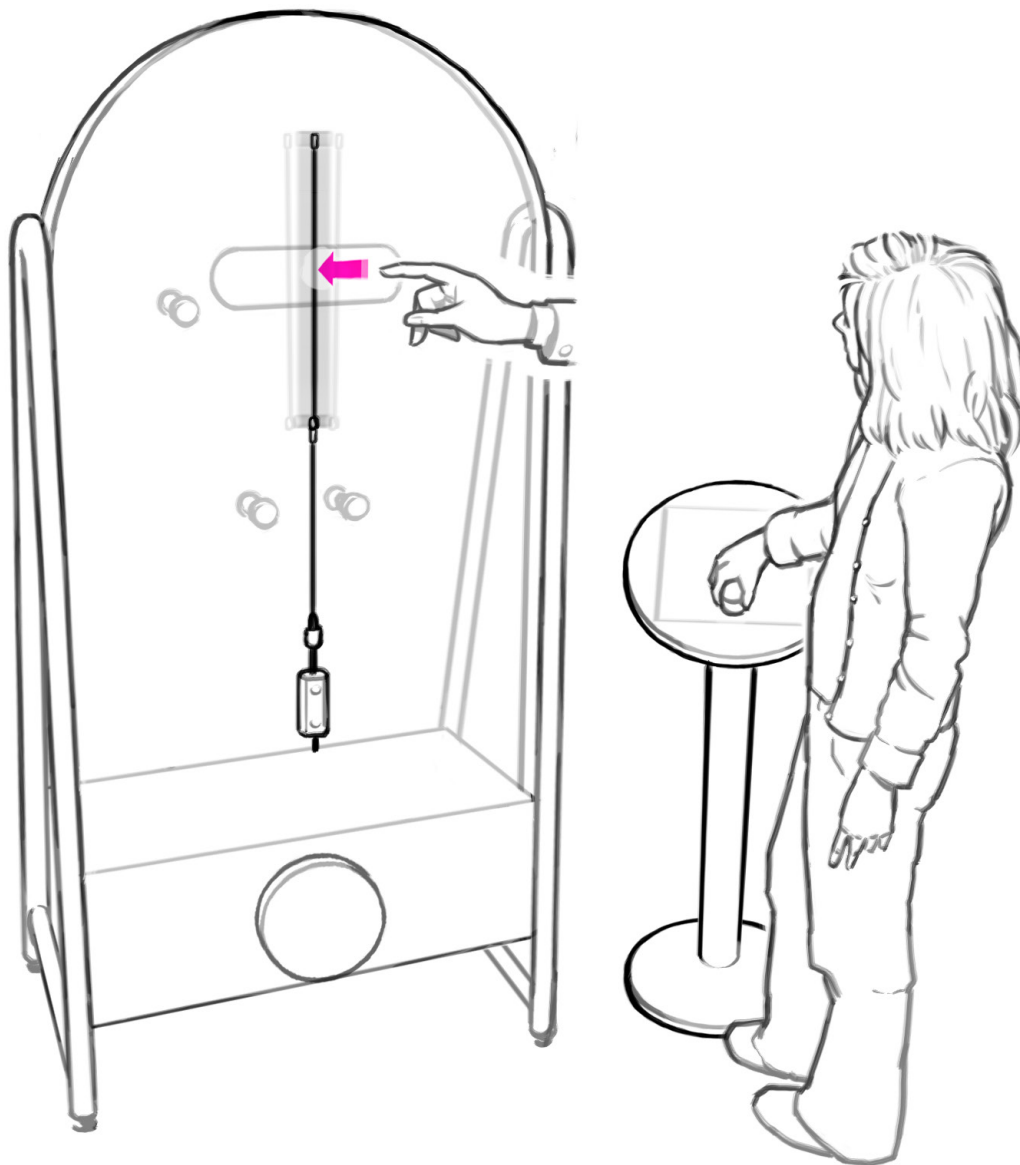




Invertiertes Doppel-Pendel

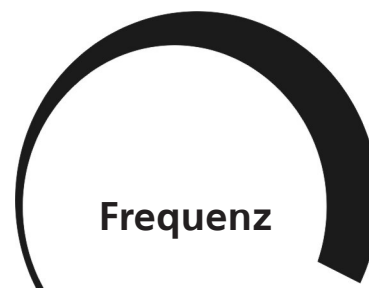


Was tun und beachten:

- *Mit dem Drehknopf können Sie die Schüttelfrequenz variieren.*
- *Um das Doppelpendel in vertikaler Stellung zu stabilisieren, muss die Frequenz relativ hoch sein.*
- *Im stabilen Zustand können Sie das Pendel stören, indem Sie es im offenen Schlitz mit einem Finger seitlich anstossen.*
- **Bitte das Pendel nicht festhalten!**

Wer mehr wissen möchte:

lesen Sie den Zusatztext



Frequenz

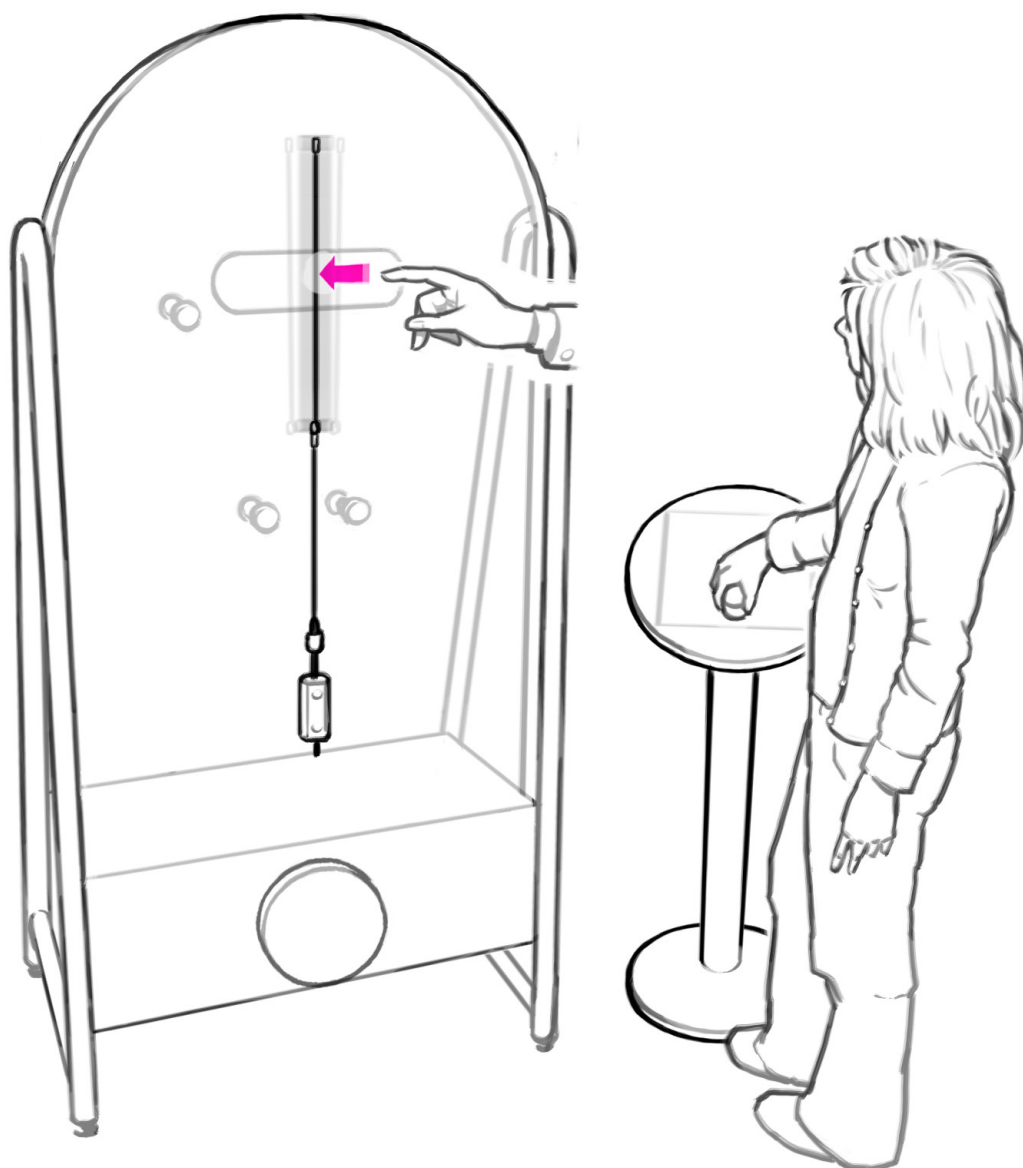


Invertiertes Doppel-Pendel



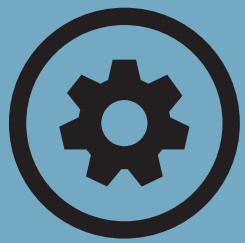
Was tun und beachten:

- *Mit dem Drehknopf können Sie die Schüttelfrequenz variieren.*
- *Um das Doppelpendel in vertikaler Stellung zu stabilisieren, muss die Frequenz relativ hoch sein.*
- *Im stabilen Zustand können Sie das Pendel stören, indem Sie es im offenen Schlitz mit einem Finger seitlich anstossen.*
- **Bitte das Pendel nicht festhalten!**



Wer mehr wissen möchte:





Invertiertes Doppel-Pendel

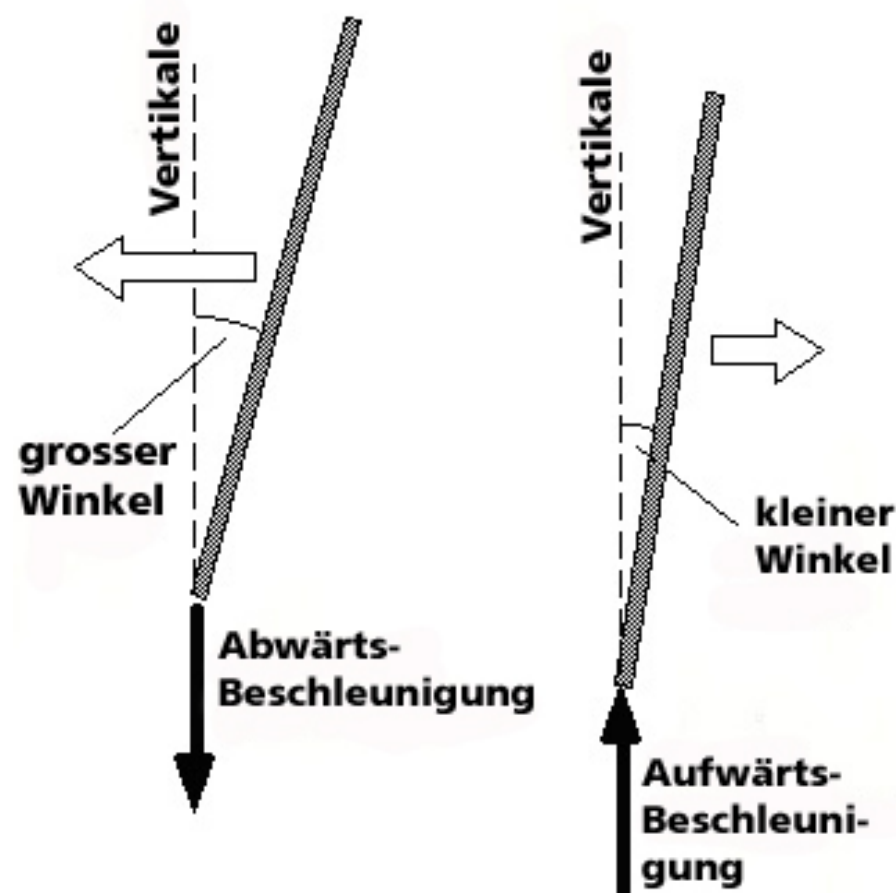


Wer mehr wissen möchte

Wenn man einen Stab auf den Kopf stellt, wird er bald nach irgendeiner Seite umkippen, obwohl er theoretisch im Gleichgewicht sein könnte („labiles Gleichgewicht“). Bei zwei oder mehr Stäben, die durch Gelenke verbunden sind, ist ihr Verbleiben in vertikaler Stellung noch viel unwahrscheinlicher.

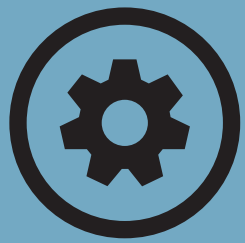
Wie erklärt sich die Stabilisierung beim schnellen Schütteln? Wenn das untere Ende eines Stabes mit grosser Beschleunigung abwärts gezogen wird, dreht er sich gegen die Vertikale (siehe Figur). Je grösser seine Abweichung von der vertikalen Stellung, desto stärker wird die Drehwirkung.

Bei der Aufwärtsbewegung des unteren Stab-Endes tritt zwar das Umgekehrte ein: der Stab wird von der Vertikalen weggedreht, aber etwas weniger stark, weil beim vorherigen Abwärtsbewegen der Winkel zur Vertikalen kleiner wurde. Nach vielen Auf-/Ab-Wiederholungen kann so der Winkel immer kleiner werden. Genaue Rechnungen zeigen, dass eine Stabilisierung auch möglich ist, wenn das Schütteln in nicht vertikaler Richtung erfolgt.



Was tun und beachten:



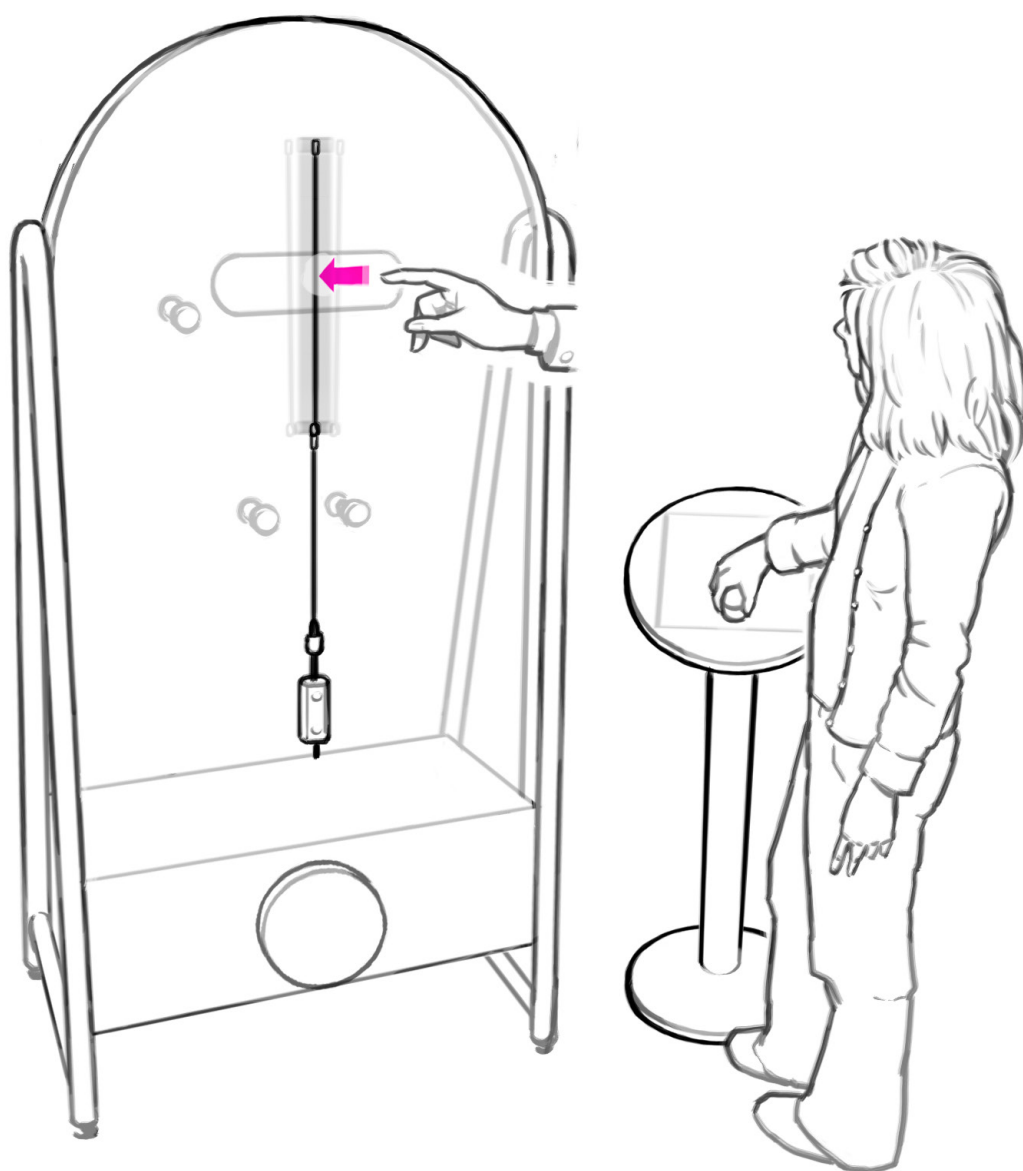


Inverted Double Pendulum



To do and notice:

- You can vary the frequency of the shuttle-movement by turning the knob.
- To stabilize the double pendulum in a vertical position you have to choose a relatively high frequency.
- Once stability has been achieved, you can disturb the pendulum by tapping it on the side with your finger through the opening provided.
- **Please do not hold on to the pendulum!**



Want to know more?





Inverted Double Pendulum



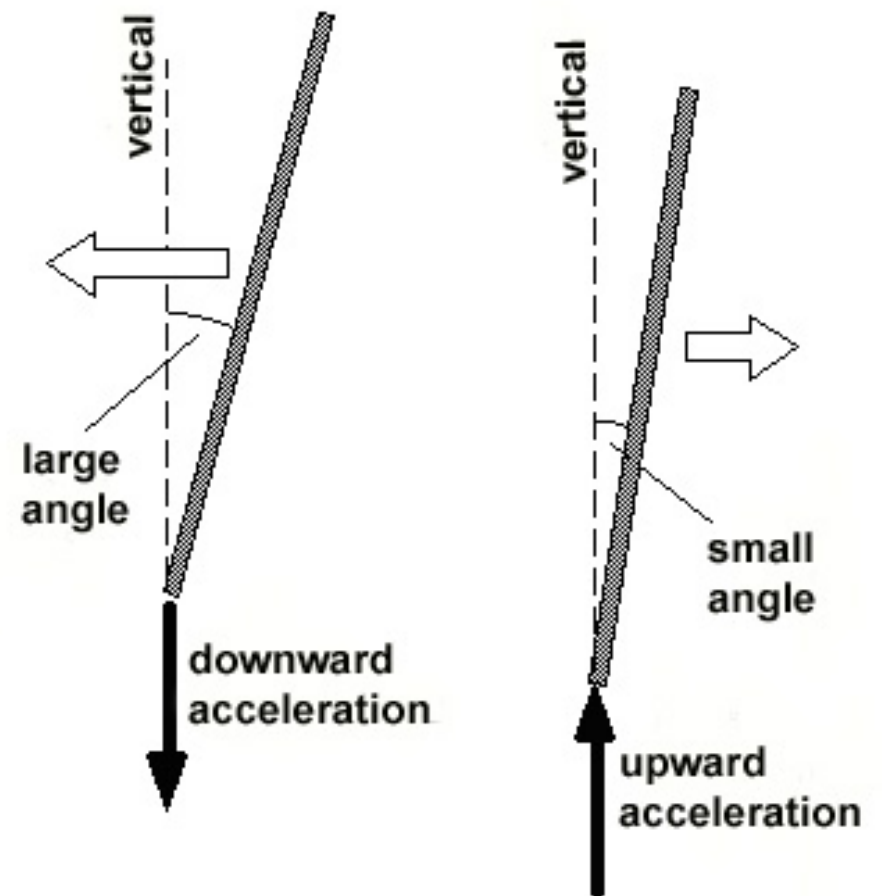
Want to know more?

If you stand a stick or rod on end it will soon tip over, although it could theoretically remain up-right in “unstable equilibrium”. If two or more rods are linked together, it is far less likely that they will remain upright.

How, then, does rapid shuttle movement bring about stable equilibrium? If you pull the bottom end of a rod downward with considerable acceleration, the rod will approximate to a vertical position (see illustration). The further its initial deviation from the vertical, the stronger the force now turning it toward the vertical.

When the bottom end of the stick moves upward, the phenomenon is reversed. The rod is pushed away from the vertical, but less strongly.

This is simply because the prior downward movement has already decreased the angle to the vertical. After a large number of shuttle movements down and up, the angle will decrease still further. Precise calculations show that stability can also be achieved in non-vertical positions.



To do and notice:



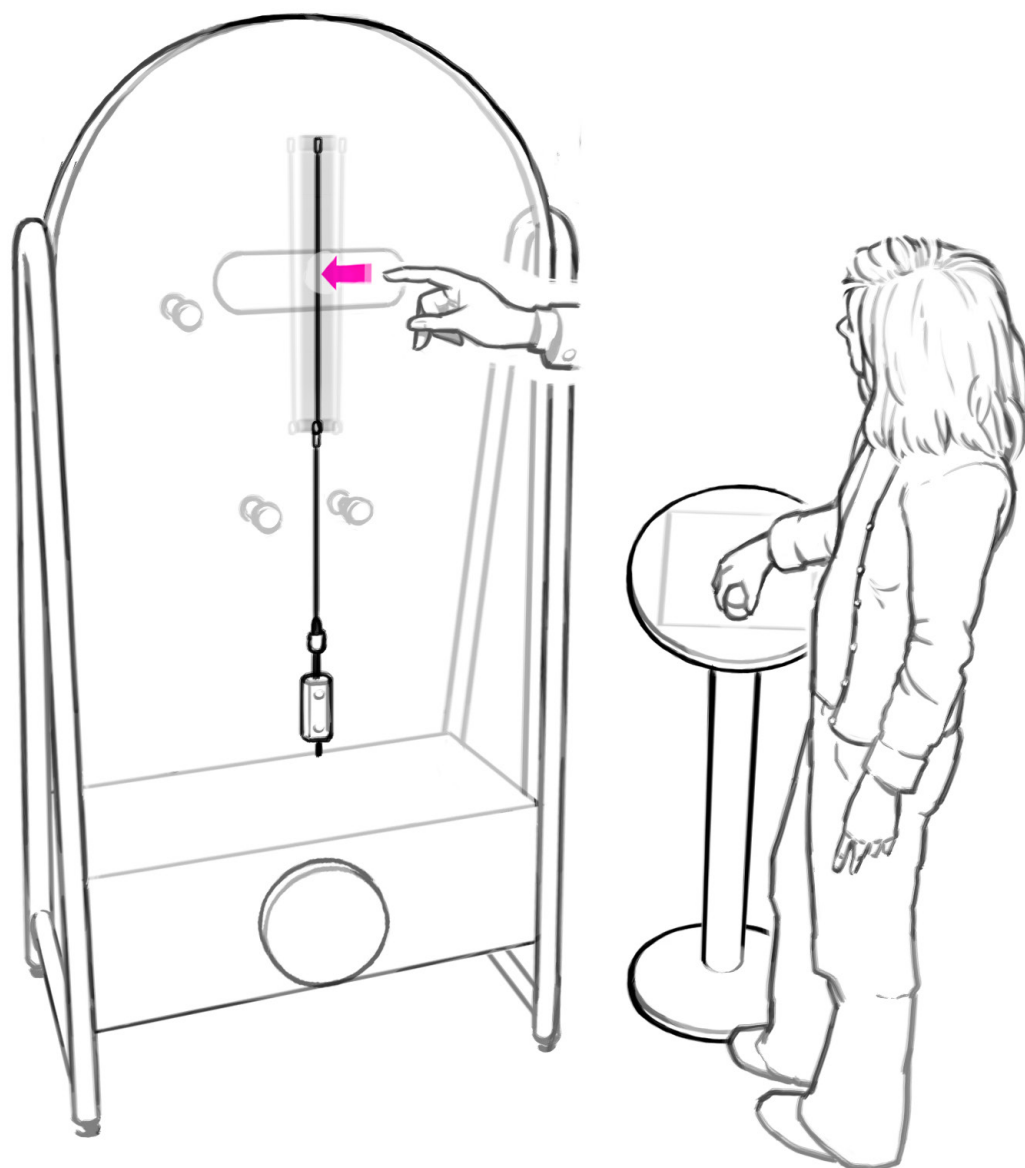


Le double pendule inversé



A vous de jouer:

- *La Vitesse de va vient de l'axe vertical peut être modifiée à l'aide du bouton.*
- *La fréquence doit être relativement élevée pour stabiliser le double pendule en position verticale.*
- *Avec un doigt introduit dans la fente du plexiglas, modifiez cette position stable en déplaçant la pendule sur le côté.*
- **Attention à ne pas bloquer le pendule!**



Pour en savoir plus:





Le double pendule inversé

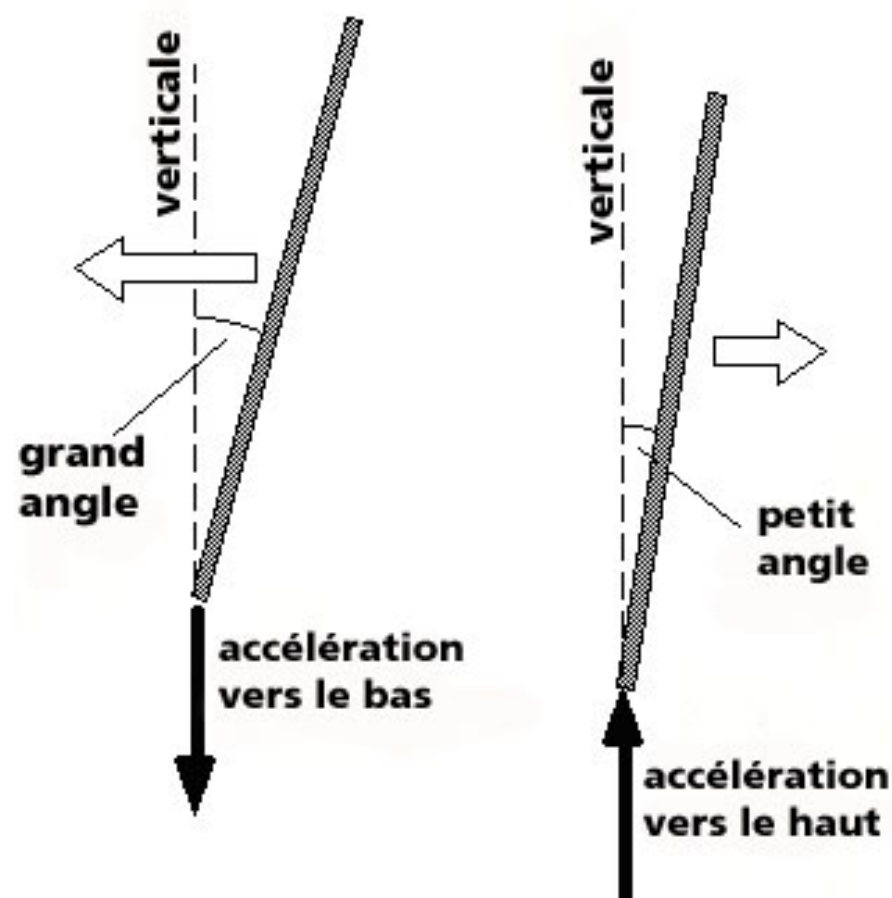


Pour en savoir plus

Bien qu'en principe elle puisse tenir en équilibre sur une de ses pointes, une barre dans une pareille situation tombe rapidement d'un côté ou de l'autre, (équilibre instable). Deux ou plusieurs barres liées par un lien articulé sont encore plus instable et la probabilité qu'ils restent dans la position verticale est encore plus faible.

Comment alors expliquer la stabilisation observée ici en agitant rapidement des barres? Lorsque la pointe inférieure est fortement accélérée vers le bas, la barre est attirée vers la verticale (voir la figure) avec une force de rappel d'autant plus forte qu'elle s'est écartée de la verticale.

Inversement, lors du déplacement de l'extrémité inférieure de la barre vers le haut, celle-ci est poussée vers l'extérieur, mais avec une force moins grande puisque l'angle par rapport à la verticale est plus petit. Par la répétition rapide des mouvements vers le haut et vers le bas, l'angle moyen par rapport à la verticale diminue. Un calcul exact montrerait qu'il est aussi possible de stabiliser le pendule verticalement lorsque le mouvement d'agitation n'est pas vertical.



A vous de jouer:



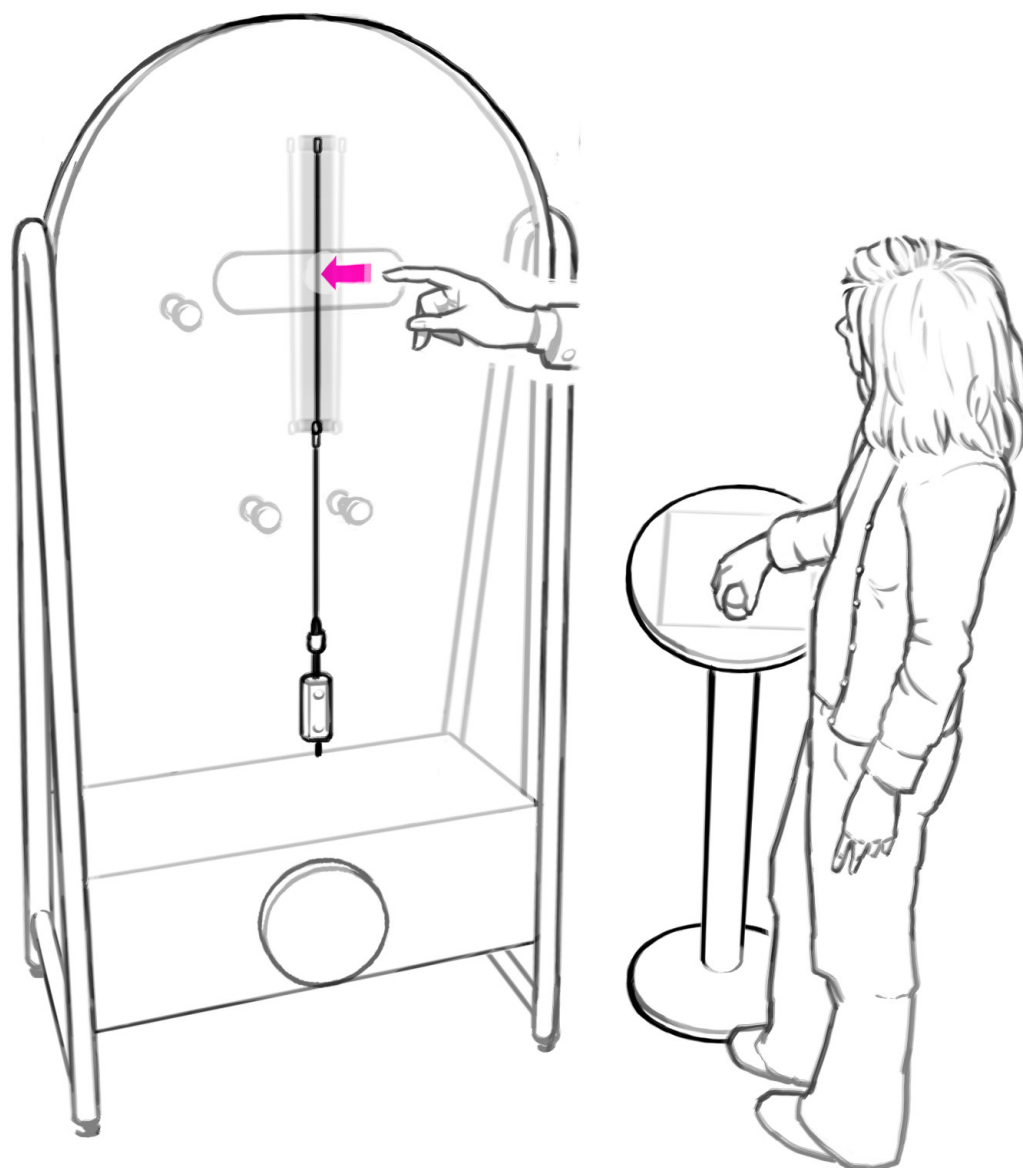


Doppio pendolo invertito



Che cosa fare:

- *Girando la manopola potete variare la frequenza di oscillazione.*
- *Per stabilizzare il doppio pendolo in posizione verticale, la frequenza deve essere relativamente elevata.*
- *Quando il pendolo è stabile in posizione verticale, è possibile disturbarlo dandogli un colpetto laterale con il dito attraverso la fenditura aperta.*
- **Si prega di non tenere fermo il pendolo!**



Vuole saperne di più?





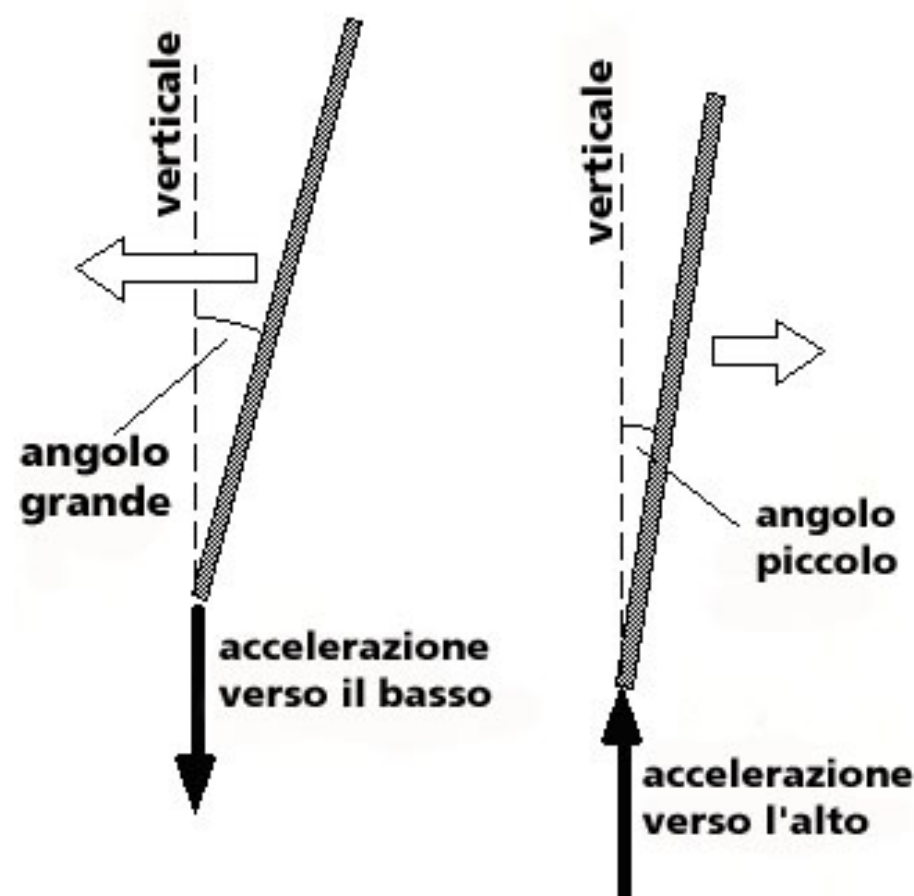
Doppio pendolo invertito



Vuole saperne di più?

Quando si appoggia in piedi una bacchetta, ben presto cadrà da una parte o dall'altra, anche se in teoria potrebbe rimanere in equilibrio („equilibrio instabile“). Nel caso di due o più bacchette unite da una cerniera, è ancora più improbabile che esse possano permanere in posizione verticale. Come si spiega l'effetto di stabilizzazione in presenza di un rapido scuotimento? Se l'estremità inferiore della bacchetta viene attirata verso il basso con una grande accelerazione, essa ruota verso la verticale (vedi la figura). Quanto maggiore è la sua deviazione dalla posizione verticale, tanto più efficace risulta l'effetto della rotazione.

Nel movimento verso l'alto dell'estremità inferiore della bacchetta, entra in gioco l'effetto opposto: la bacchetta viene fatta ruotare in modo da allontanarsi dalla verticale ma con forza leggermente minore, perché l'angolo rispetto alla verticale risulta ridotto dal precedente movimento verso il basso. In seguito a numerose ripetizioni di movimenti verso l'alto e verso il basso, l'angolo di deviazione dalla verticale risulta sempre più ridotto. Calcoli accurati dimostrano che si può ottenere una stabilizzazione anche se lo scuotimento non avviene in direzione verticale.



Che cosa fare:

