

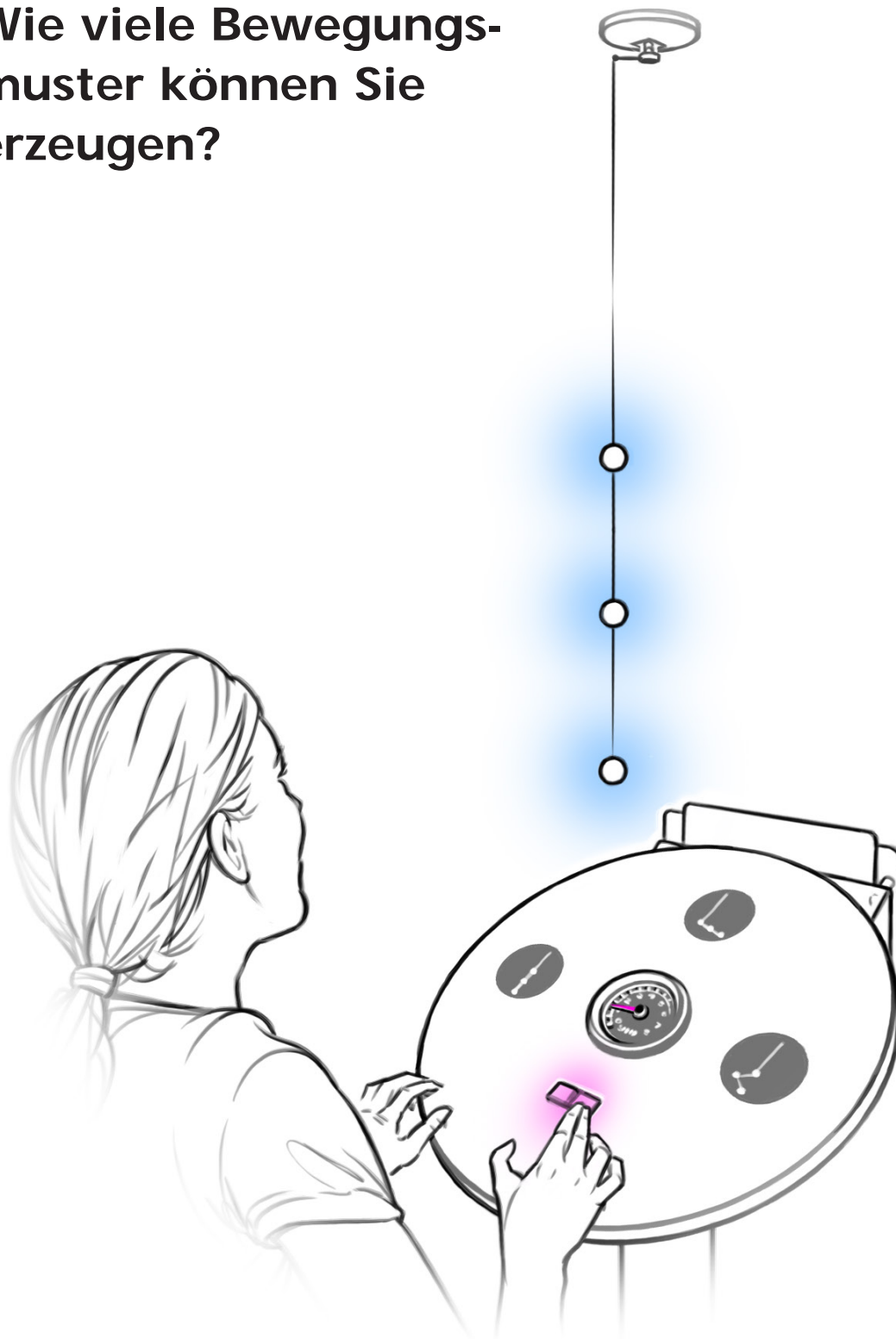


«Three Balls on a String»

by Norman Tuck ©2015



Wie viele Bewegungsmuster können Sie erzeugen?

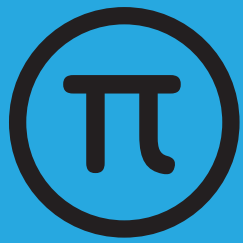


Was tun und beobachten:

- *Setzen Sie mit der Plus-Taste des Kippschalters die Bälle in Bewegung.*
- *Spielen Sie mit der Drehgeschwindigkeit. Variieren Sie zwischen langsam, mittel und schnell.*
- *Wie verhalten sich die drei Bälle an der Schnur?*

Wer mehr wissen möchte:

lesen Sie den Zusatztext

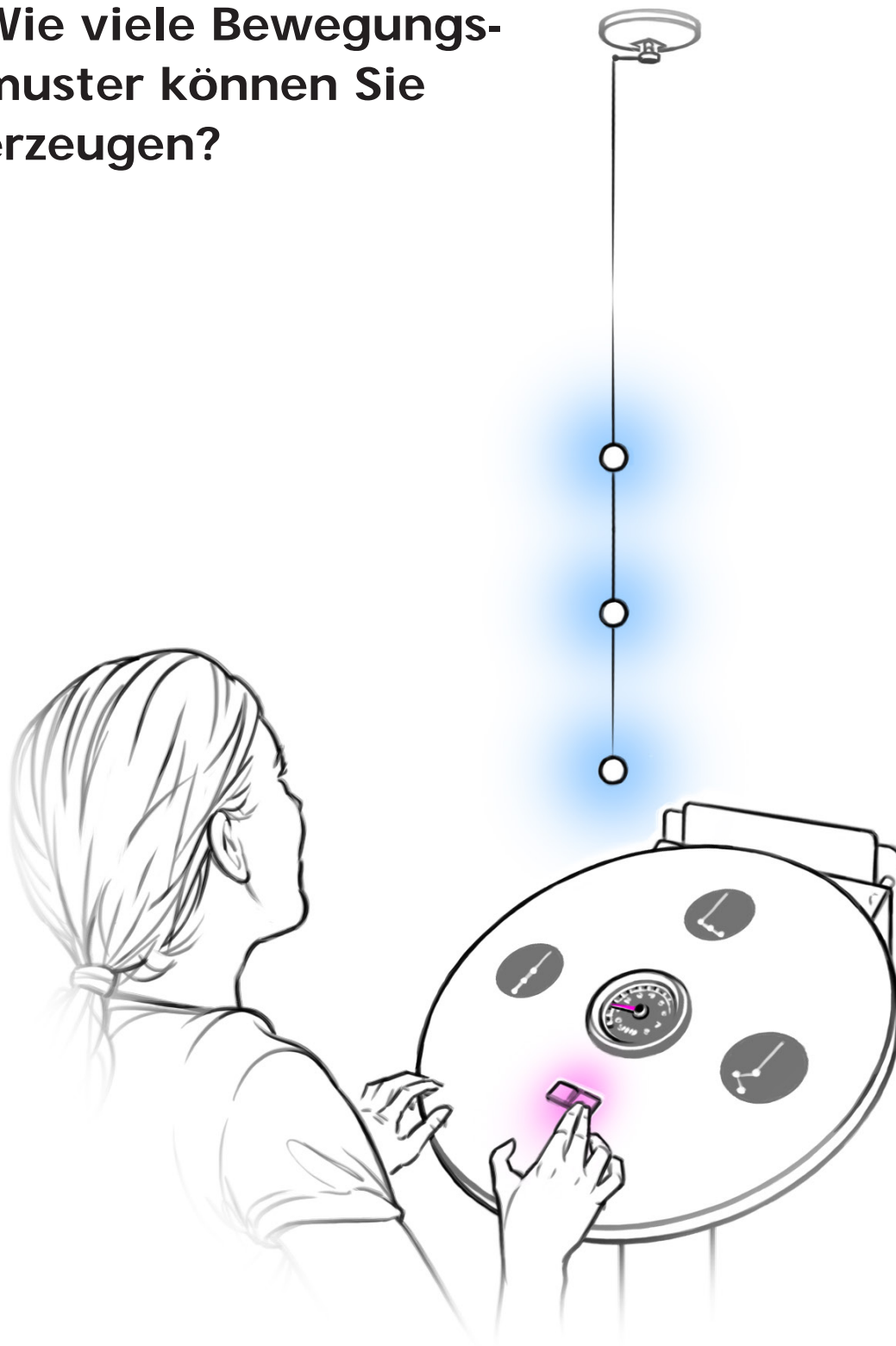


«Three Balls on a String»

by Norman Tuck © 2015



Wie viele Bewegungsmuster können Sie erzeugen?

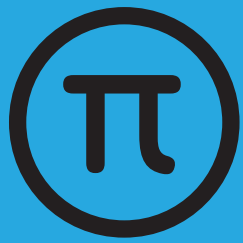


Was tun und beobachten:

- *Setzen Sie mit der Plus-Taste des Kippschalters die Bälle in Bewegung.*
- *Spielen Sie mit der Drehgeschwindigkeit. Variieren Sie zwischen langsam, mittel und schnell.*
- *Wie verhalten sich die drei Bälle an der Schnur?*

Wer mehr wissen möchte:





«Three Balls on a String»

by Norman Tuck © 2015



Wer mehr wissen möchte

Sobald man den Motor einschaltet, beginnen sich die drei Bälle an der Schnur zu drehen. Erhöht man langsam die Drehgeschwindigkeit, stellen sich nacheinander die drei unten gezeigten Bewegungsmuster ein.

Das System verhält sich bei niedriger, mittlerer und hoher Drehgeschwindigkeit wie ein ein-, zwei- oder dreiteiliges Pendel. Jeder Ball (die Bälle sind übrigens alle gleich schwer) folgt dabei einer definierten, gleichförmigen, horizontalen Kreisbewegung. Diese Bewegungen sind sehr stabil, weil hier alle Faktoren (Grösse und Anordnung der Kugeln, Drehgeschwindigkeit, Schwerkraft und Luftwiderstand) in einem ausgeglichenen Kräfteverhältnis liegen. Das System folgt somit einer stabilen, periodischen Bewegung, die sich auch mathematisch exakt berechnen lässt.

Beim Übergang zwischen den stabilen Anordnungen fliegen dagegen die Bälle willkürlich und unvorhersehbar durch die Luft. Keine Bewegung gleicht der anderen oder wiederholt sich. Die gesamte Anordnung befindet sich hier im nichtlinearen, chaotischen Zustand.

Senkt oder erhöht man die Drehgeschwindigkeit jedoch wieder, stabilisiert sich das System und die Bälle kreisen wieder auf ihren definierten Bahnen.

Was tun und beachten:



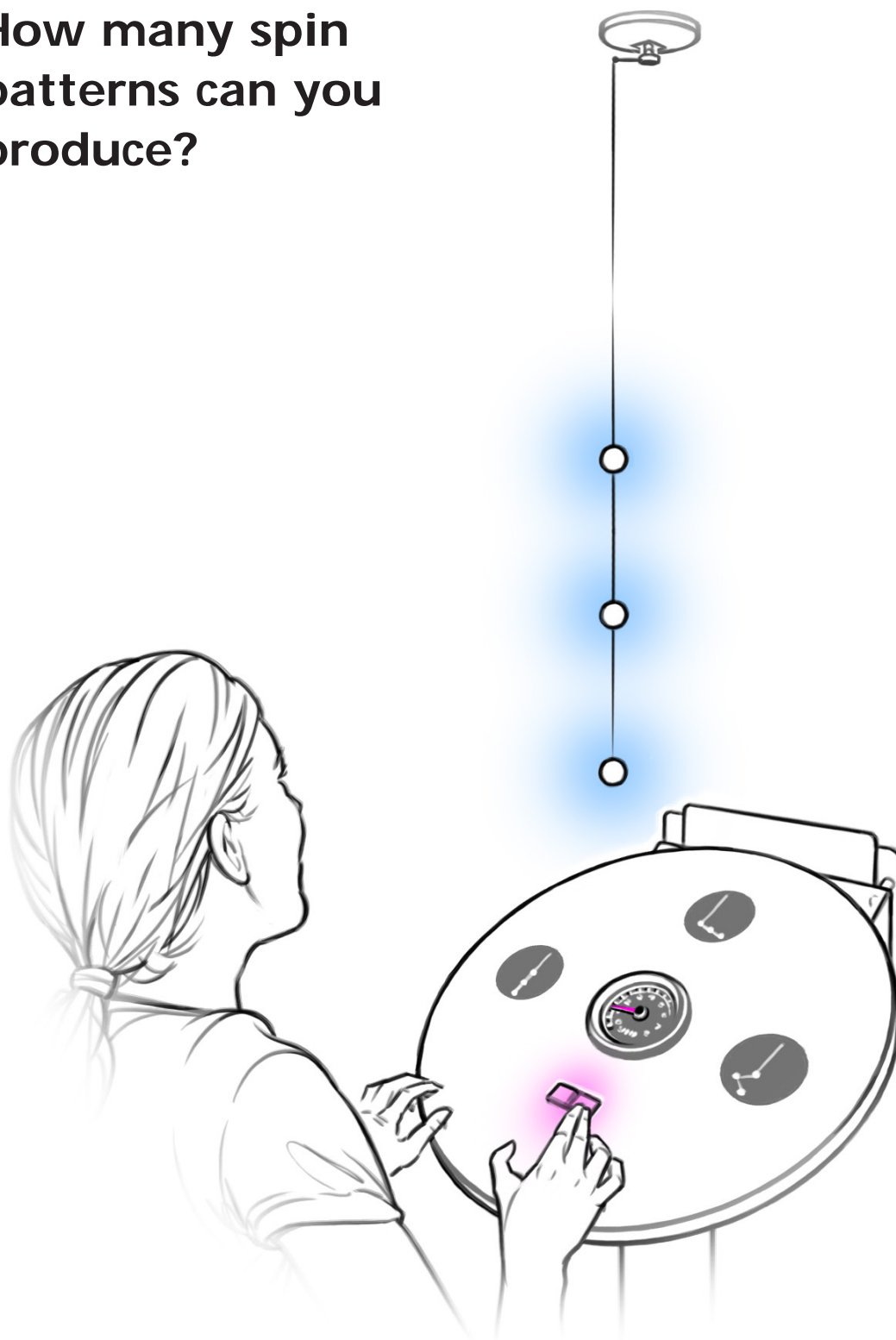


«Three Balls on a String»



by Norman Tuck © 2015

How many spin patterns can you produce?



To do and notice:

- *Set the balls moving with the plus-button of the rocker switch.*
- *Play with the speed of rotation. Vary between slow, medium and fast.*
- *How do the balls on the string behave?*

Want to know more?





Want to know more?

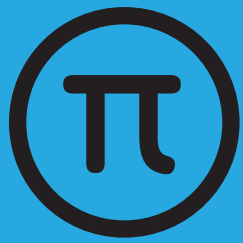
As soon as you switch the motor on, the balls begin to turn. As you gradually increase the rate of rotation, you pass through the three rotation patterns shown below.

The system behaves at the slow, medium and fast rotation speeds as a single, double or triple pendulum. Each ball (they are all identical in weight) follows in each case a well defined and steady horizontal circular path. The motion is very stable because all of the factors (size and arrangement of the balls, rotation speed, gravity and air resistance) lie in a balanced force relationship. The system thus follows a stable periodic motion, which can be exactly calculated.

However in the transition between the stable motion configurations, the balls swing through the air in a chaotic and unpredictable fashion. No swing is like the next one, nor is it repeated. The total situation is chaotic and non-linear. Changing the speed up or down to the calculated values, the balls settle down again swinging in their stable paths.

To do and notice:



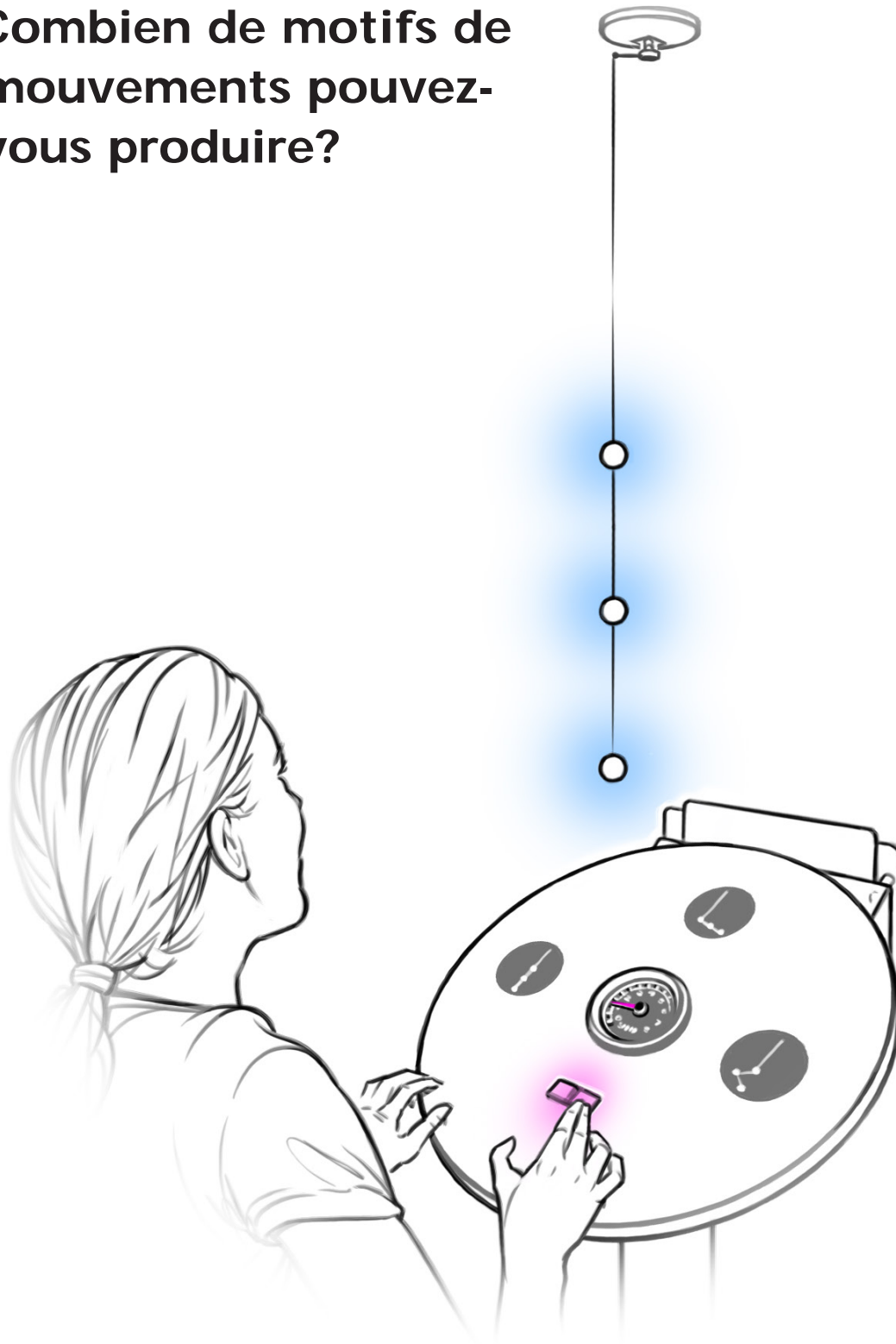


«Three Balls on a String»



par Norman Tuck ©2015

Combien de motifs de mouvements pouvez-vous produire?



A vous de jouer:

- *A l'aide du bouton PLUS de l'interrupteur, mettez les billes en mouvement.*
- *Jouez avec la vitesse de rotation et variez entre lente, moyenne et rapide.*
- *Comment se comportent les billes sur la ficelle?*

Pour en savoir plus:





«Three Balls on a String»



par Norman Tuck © 2015

Pour en savoir plus

Dès que l'on enclenche le moteur, les trois billes sur la ficelle commencent à tourner. Si l'on augmente lentement la vitesse de rotation, les trois motifs indiqués ci-dessous apparaissent.

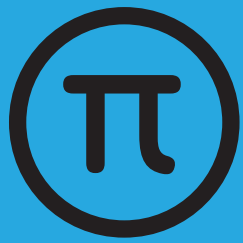
A des vitesses faible, moyenne et élevée, le système se comporte comme un pendule à une, deux ou trois parties. Chaque bille (elles ont toutes le même poids) suit un mouvement circulaire défini et de forme constante. Ces mouvements sont très stables, car tous les facteurs (grandeur et disposition des billes, vitesse de rotation, poids et résistance à l'air) se trouvent dans un rapport de force équilibré. Le système suit ainsi un mouvement stable et périodique, qui peut également être calculé mathématiquement.

Lors du passage entre deux positions stables, les billes se déplacent de manière arbitraire et imprévisible dans l'air. Aucun mouvement n'est identique à un autre ou se répète. L'ensemble se trouve alors dans un état non linéaire et chaotique.

Si l'on diminue ou que l'on augmente à nouveau la vitesse de rotation, le système se stabilise et les billes se remettent à tourner selon leur trajectoire définie.

A vous de jouer:



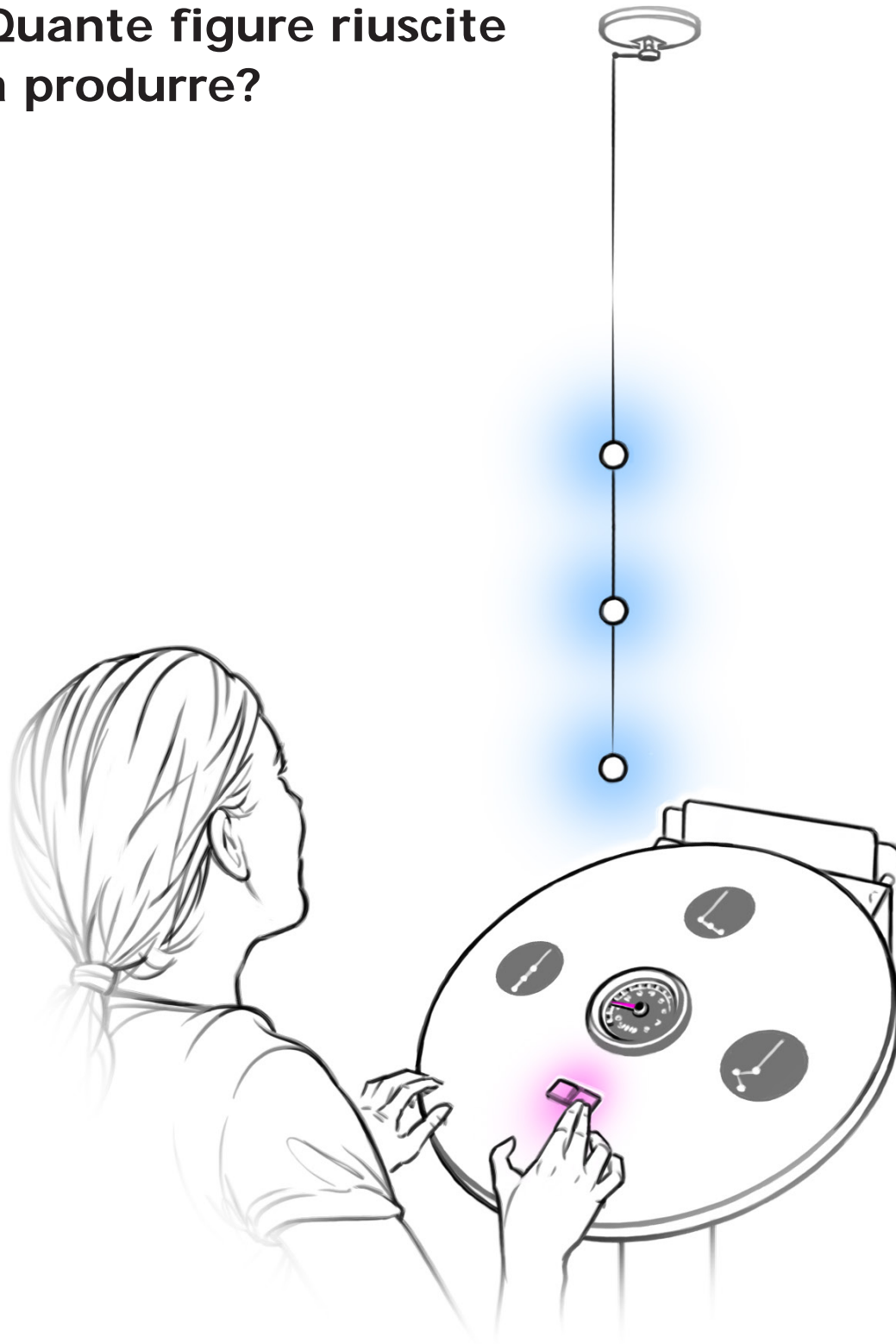


«Three Balls on a String»



by Norman Tuck © 2015

Quante figure riuscite a produrre?

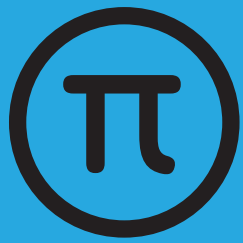


Che cosa fare:

- Fate partire l'agitatore delle palline premendo il tasto «+» sul pannello di controllo.
- Variate la velocità di rotazione, passando da lenta, a media, a veloce.
- Come si comportano le tre palline appese al filo?

Vuole saperne di più?





«Three Balls on a String»



by Norman Tuck © 2015

Vuole saperne di più?

Quando si accende il motore, le tre palline appese al filo cominciano a girare. Man mano che si aumenta la velocità di rotazione, le tre palline si dispongono formando le tre figure riprodotte qui sotto.

A velocità bassa, media e alta il sistema si comporta come un pendolo a una, due o tre palle. Ogni palla (le tre palle hanno lo stesso peso) segue una traiettoria orizzontale circolare uniforme. Questi moti sono molto stabili perché qui tutti i fattori (dimensioni e disposizione delle palle, velocità di rotazione, forza di gravità e resistenza dell'aria) sono in un rapporto di forze equilibrato. Il sistema segue quindi un moto periodico stabile che si può calcolare esattamente anche dal punto di vista matematico.

Nel punto di transizione fra le diverse disposizioni ordinate, invece, le palle volano nell'aria in modo arbitrario e imprevedibile. L'intera disposizione si trova allora in uno stato non lineare caotico.

Se si diminuisce nuovamente la velocità di rotazione, il sistema si stabilizza di nuovo e le palle riprendono a girare lungo le loro traiettorie definite.

Che cosa fare:

