

Physikalisches Spielzeug

Christian Ucke

Vortrag und Workshop in Ebersberg am 8. Okt. 2003

Inhalt

- 50' 1) Präsentation einiger physikalischer Spielzeuge zur Einführung
- 30' 2) Spielpause mit oder ohne Kaffee
- 20' 3) Ein Spielzeug zum Bauen bzw. mit Experimenten
 - a) Büroklammerkreisel
- 20' 4) Literatur und links für physikalische Spielzeuge

Im vorab zu diesem Vortrag wurde ich schon gefragt, was ich unter physikalischem Spielzeug verstehe. Zunächst ein Spielzeug, das erkennbar einen physikalischen Hintergrund hat, bei dem zur Erklärung der Wirkungsweise Physik beiträgt. Im weiteren erklärt sich das durch die Beispiele, die ich zeige bzw. erwähne.

Mit physikalischem Spielzeug beschäftige ich mich seit etwa zwanzig Jahren mehr als Hobby. Mittlerweile findet dieses Hobby auch Eingang in Fortbildungsaktivitäten für Lehrer. Nicht nur in Deutschland besteht das Problem, dass Physik in der Schule ein ungeliebtes Fach ist. Spielzeuge stellen eine Möglichkeit dar, Interesse für physikalische Fragen zu wecken.

Zunächst möchte ich einige Spielzeuge ohne lange Erklärung zeigen. Die meisten eignen sich auch für den Einsatz in der Schule. Sie demonstrieren auch die Bandbreite von Spielzeugen bzw. Objekten mit spielerisch-physikalischem Hintergrund. Am Ende des Vortrags kann man sich die Spielzeuge selbstverständlich ansehen.

Dann werde ich ein Spielzeug etwas genauer behandeln. Am Ende werde ich etwas über Literatur zu physikalischen Spielzeugen erzählen, auch Hinweise wo man solche Objekte bekommt und auch auf links zu physikalischem Spielzeug im Internet eingehen.

Physikalisches Spielzeug?

FRM2 = Forschungsreaktor 2 / München Techn. Univ. München



Spielzeug für Große?

großes Spielzeug
für Physiker?

Physiker bezeichnen häufig ihre sehr teuren Geräte oder Forschungseinrichtungen als ihr 'Spielzeug'. Haben aber natürlich was anderes im Sinn als ein Kind. Ein spielerisches Element steht jedoch auch dahinter.

Physikalisches Spielzeug (klein)

Partygag



Steckt man hier den Finger hinein, lässt er sich kaum noch herausziehen.
Das kann man sogar selbst flechten! Herausforderung für Eigenaktivität.

Physikalisches Spielzeug

Mädchenfänger/Extensionshülse



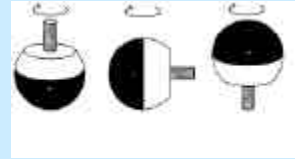
In der Chirurgie wird der 'Mädchenfänger' für Operationen am Handgelenk verwendet.

Offiziell heißt das Ding Extensionshülse, aber kein Chirurg benutzt das Wort.



W. Pauli und **N. Bohr**
betrachten einen
Stehaufkreisel
(Engl. tippe-top)

Universität Lund
31.05.1951



Es ist immer gut, zur einführenden Unterstützung berühmte Physiker zur Hand zu haben. Hier schauen Bohr und Pauli anlässlich der Eröffnung des Instituts für theoretische Physik an der Universität Lund auf einen Stehaufkreisel (Englisch tippe-top). Den Kreisel als Stehaufkreisel zu identifizieren, ist aus diesem Bild heraus kaum möglich.

Tatsächlich sind aber Bohr und Pauli in diesem Fall höchstens eine visuelle Unterstützung. Es ist nicht überliefert, ob sie zu diesem Spielzeug in diesem Moment etwas bemerkt haben. Noch haben sie dazu etwas veröffentlicht.

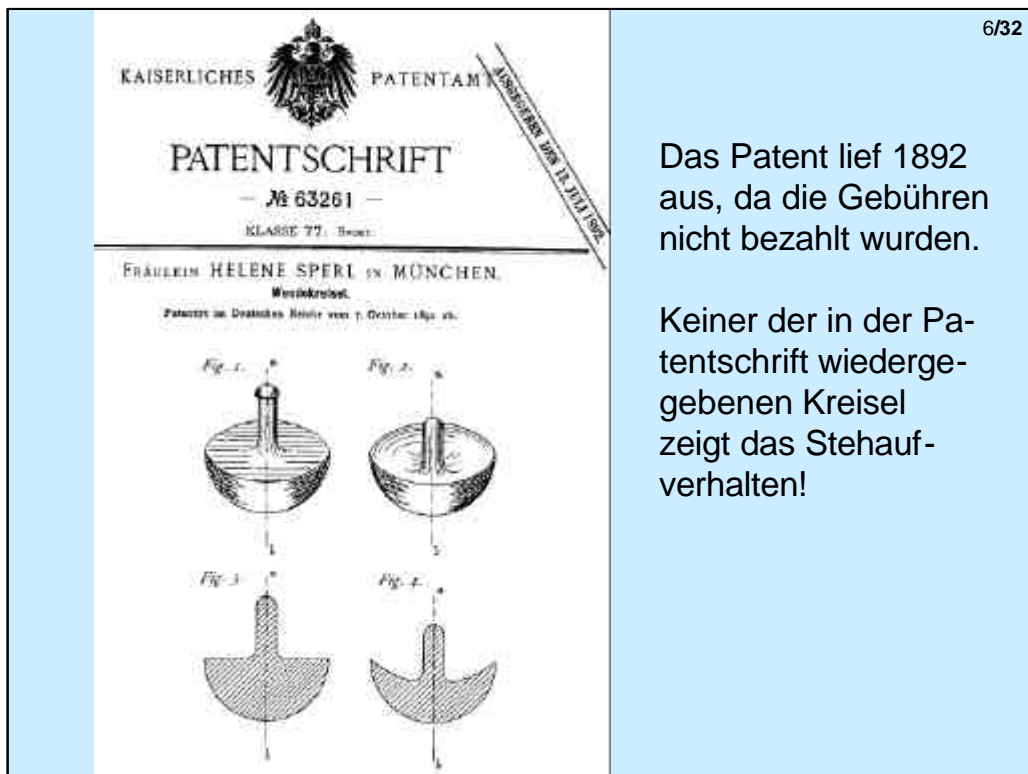
Die Konstruktion eines Stehaufkreisels ist von bestechender Einfachheit. Die Physik dazu ist sehr kompliziert. Es gibt viele Publikationen über diesen Kreisel. Und noch immer werden neue Überlegungen veröffentlicht.

Es gibt meines Wissens aber keine einfache, plausible Erklärung für das Stehaufverhalten dieses Kreisels. Und das ist natürlich nicht befriedigend, insbesondere nicht für Lehrer.

Für Physik-Studenten ist der Stehaufkreisel als Übungsaufgabe in dem Lehrbuch von F. Kuypers: Mechanik enthalten.

Mein Interesse gilt besonders solchen Spielzeugen, die einerseits von der Physik her einfach genug sind, um sie auch in der Schule behandeln zu können, die aber – falls möglich – auch Erweiterungen auf höherer Ebene zulassen.

Eine verblüffende und nicht immer bekannte Beobachtung ist, dass sich die Drehrichtung des Kreisels in Bezug auf den Kreisel selbst ändert. Anders formuliert bleibt die Drehrichtung bezüglich eines raumfesten



Das Patent lief 1892 aus, da die Gebühren nicht bezahlt wurden.

Keiner der in der Patentschrift wiedergegebenen Kreisel zeigt das Stehaufverhalten!

Der Stehaufkreisel wurde 1891 von Fräulein Helene Sperl aus München patentiert. Das Patent lief 1892 wieder aus, da die Gebühren nicht bezahlt wurden. Im Patent sind fünf Zeichnungen von Stehaufkreiseltypen vorhanden. Ich habe die in unserer Institutswerkstatt nachbauen lassen. Keiner von denen zeigt das Stehaufverhalten. Dies hat mich zur Nachfrage beim Deutschen Patentamt veranlasst, ob sein könne, was nicht sein dürfe. Ich bekam allerdings nur eine etwas vage Antwort, dass die Prüferkollegen damals vielleicht doch nicht so sorgfältig waren, wie sie es hätten sein sollen. Ich glaube eigentlich gerade das Gegenteil. Früher wurde sorgfältiger geprüft. Was aber der Grund für die Erteilung dieses Patents trotz Nichtfunktionierens war, bleibt unklar.

Berechnetes Verhalten eines Stehaufkreisels

Zulassungsarbeit zum Staatsexamen von C. Friedl/Univ. Augsburg 1997



Der Kreisel dreht sich links herum (entgegen dem Uhrzeigersinn)

Es ist mit heutigen Rechnern gut möglich, das Verhalten eines Stehaufkreisels zu berechnen und in einer Simulation zu veranschaulichen. Hier ist so ein Multi-Media-Beispiel erstellt im Rahmen einer Zulassungsarbeit zum Staatsexamen an der Universität Augsburg.

Dieses Beispiel lässt sich aus dem Internet herunterladen unter der URL:
<http://www.physik.uni-augsburg.de/~wobsta/tippetop/movie.shtml.de>

Es gibt weitere Beispiele für Animationen:
<http://www-hotz.cs.uni-sb.de/silvia/kreisel.html>



Griechischer Junge spielt Yo-Yo

Vasendekoration 450 B.C.
Antikemuseum Berlin



Physiker spielt Yo-Yo

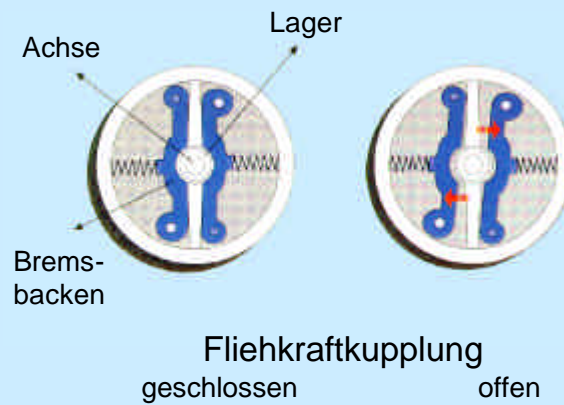
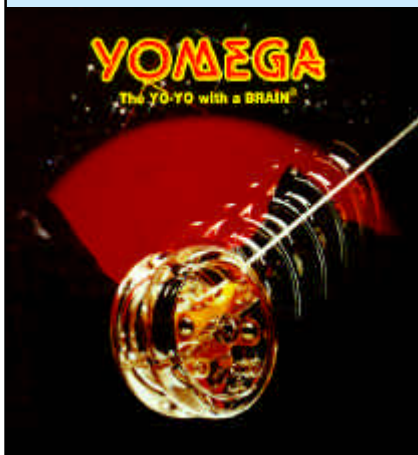
W. Bürger: Das Jojo,
ein physikalisches Spielzeug
Phys. Blätt. **39** (1993), 401-404

Paralyse
durch
Analyse?

Ein sehr populäres Spielzeug ist das Jo-jo. Links sieht man einen griechischen Jungen damit spielen. Vermutlich konnte er gut damit umgehen, wusste aber nichts über die Physik. Der Mann auf der rechten Seite kennt hingegen offenbar die Physik perfekt – die Formel in der Sprechblase beschreibt jedenfalls die Bewegung eines Jo-jos. Ob er das Spielzeug beherrscht sei dahingestellt. Die Wortschöpfung 'Paralyse durch Analyse' stammt aus einem Aufsatz über die Physik des Golfs aus den Physikalischen Blättern und soll verdeutlichen, dass zuviel Physik vermutlich hinderlich für das Spielen ist. Die meisten Menschen werden vermutlich in der Mitte zwischen diesen beiden Extremen stehen: Weder können sie gut mit dem Jo-jo umgehen, noch denken sie intensiv an Physik.

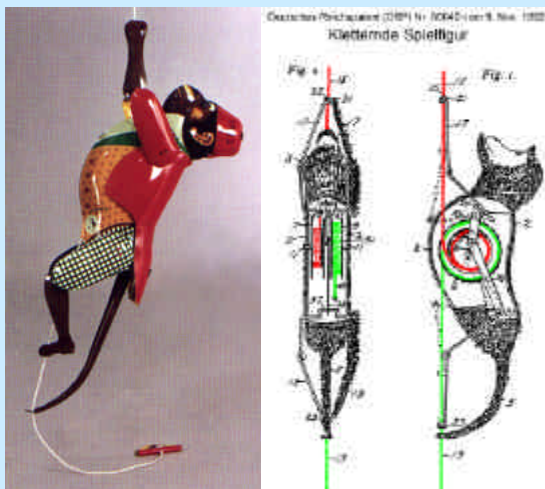
Die Physik des Jo-jos ist vielfach beschrieben und nicht sehr kompliziert. Es gibt eine Menge Publikationen darüber, wie man das dem Jo-jo äquivalente Maxwell'sche Rad im Schulunterricht einsetzen kann. Zum Yo-yo kann man auch diverse historische Bezüge herstellen.

Yo-Yo



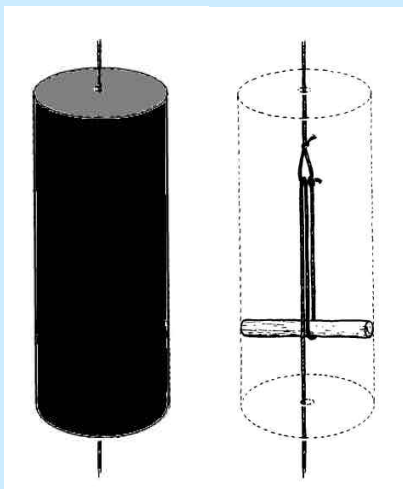
Wie gut muss man Lehrer das vorgeführte Spielzeug selbst beherrschen?
Häufig sind Schüler viel besser!

Kletteraffe



Die geheimnisvolle Röhre

Nat.Wiss. im Unterricht 9, Febr. 1998



Für Kinder – und nicht nur für Kinder – ist es immer interessant, wenn ein Spielzeug ein Überraschungsmoment enthält. Der Kletteraffe auf der linken Seite ist eine Konstruktion aus dem 19. Jahrhundert. Zieht man an der Schnur nach unten klettert der Affe nach oben. Wie ist das möglich?

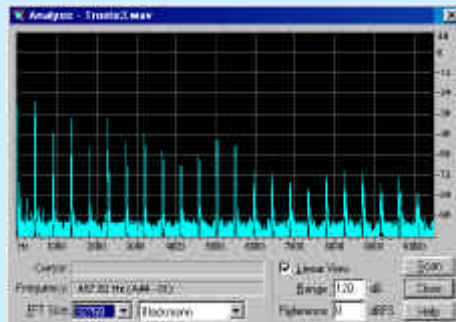
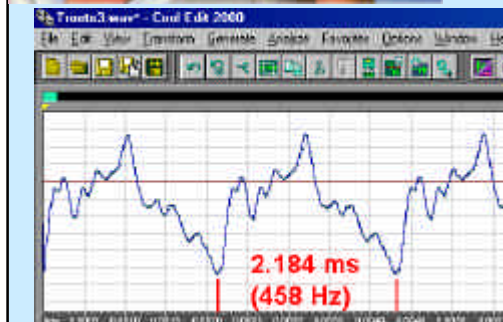
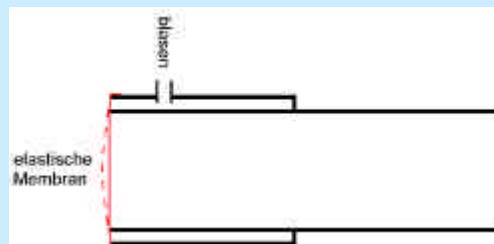
Bei diesem Zylinder führt ein Ziehen an der unteren Schnur ebenfalls zu einer Aufwärtsbewegung. Wenn man hineinsieht, ist fast nichts drin.

In beiden Fällen ist eine Art Flaschenzug enthalten. Das Blechspielzeug sollte man besser nicht öffnen, um das Innere zu erforschen. Es ist schwierig es wieder zusammenzubauen.

Ich gehe jetzt nicht weiter auf Einzelheiten ein. So sollte ein Lehrer es nicht machen. Hier möchte ich ja nur eine kleine Auswahl von Spielzeugen zeigen.



Funfare (Fanfare)



Die meisten Spielzeuge stammen aus der Mechanik. Aber hier ist eins aus der Akustik. Bitte nicht erschrecken. Es ist ziemlich laut. Die Frequenz lässt sich ändern durch Variation der Länge der Röhre.

Die Konstruktion ist sehr einfach: eine elastische Membran schwingt beim Hineinblasen.

Man kann mittels Rechner und Soundkarte schnell eine Fourieranalyse machen und die gemessenen mit den berechneten Resonanzfrequenzen vergleichen. Die ermittelte Grundfrequenz stimmt überhaupt nicht überein mit der Grundfrequenz einer an einem Ende offenen Röhre.

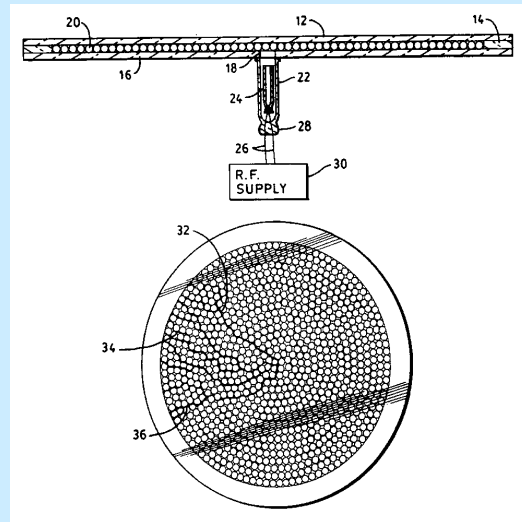
Warum nicht?

Man kann das Spielzeug in Fußballstadien verwenden (Tröte), aber auch ernsthaft als Nebelhorn.

Plasmascheibe – Luminous Display Device



United States Patent 5,383,295 Jan 24 1995



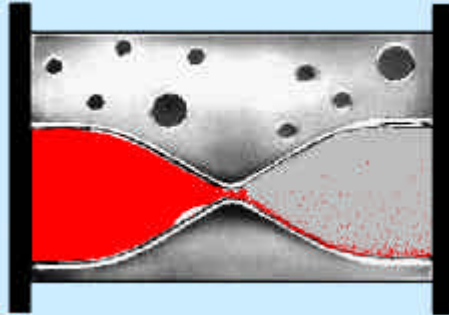
Spannungen von einigen Kilovolt führen bei einer Frequenz von etwa 40kHz zu Plasmaentladungen. Edelgase wie Xenon und Neon werden bei einem Druck von etwa 1 bis 100hPa zum Leuchten angeregt. Glaskügelchen zwischen den Glasscheiben sind mit einem fluoreszierendem Belag versehen, der ein Kontinuumsspektrum abstrahlt.

Warum verändert sich die Erscheinung, wenn man mit dem Finger antippt?
Warum wird die Fingerspitze warm, wenn man die Mitte der Scheibe berührt?

Eine Publikation dazu ist im Internet (<http://www.physik.uni-augsburg.de/epp/>) zugänglich und in der Zeitschrift 'Physik in unserer Zeit' erschienen.



Paradoxe Sanduhr



Eine weiß-blaue, bayerische Sanduhr. Natürlich läuft sie anders herum als normal. Wie kann das sein?

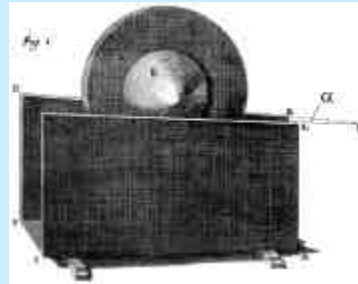
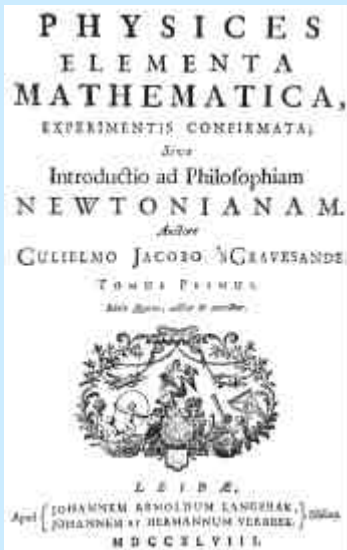
Die Sanduhr gibt es auch in rot und weiteren Farben.

Im Inneren befinden sich kleine Kügelchen aus Polyethylen in einer gesättigten Lösung von Kalziumchlorid in Wasser. Die Dichte der Kügelchen ist kleiner als die der Flüssigkeit.

Dreht man die Sanduhr zur Seite, kann man sogar einzelne Kügelchen aufwärts schweben sehen.

Als Uhr nicht besonders gut geeignet. Wegen der starken Abhängigkeit der Viskosität von der Temperatur keine konstanten Durchlaufzeiten.

Aufwärtsrollender Doppelkegel



EXPERIMENTUM 10.

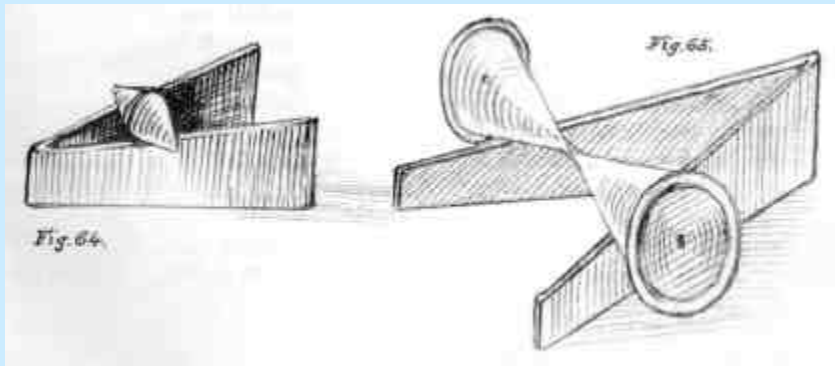
Duo Plana IHLM & FDE verticalia, ita disponuntur, ut angulum contineant; quare distantia EL minor est distantia DH; puncta autem D, H, magis elevata sunt quam E, L. TAB. VII.
Fig. 1.

Inter hæc Plana ponitur rota A, cujus axis B formatur ex duobus conis, quorum bases ipsi rotæ applicatæ sunt. Rota à lateribus DE, HL, Planorum sustinetur, & sponte DH versus, ubi elevatio maxima est, tendit.

Propter majorem inter Plana distantiam in DH, Rota A, cujus axis ab utraq; parte est conus, magis descendit inter Plana, quando illam partem versus movetur; idèò Gravitate suâ huc fertur, si modò descensus inter Plana superet ascensum, ex anguli HCD inclinatione ad horizontem oriundum.

Der holländische Naturforscher Gravesande hat bereits 1748 in seinem Buch das Prinzip des aufwärtsrollenden Doppelkegels veröffentlicht.

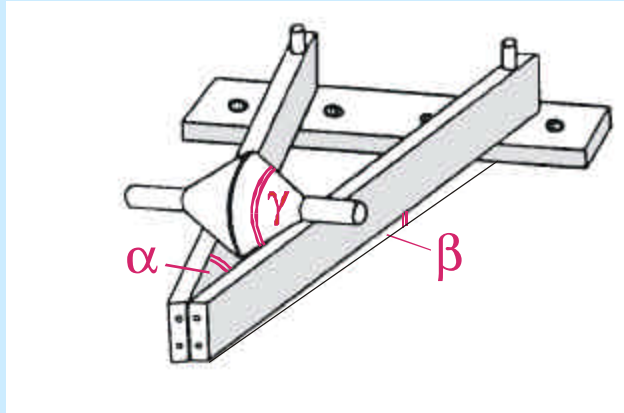
Aufwärtsrollender Doppelkegel



G. Dussler: Spiel und Spielzeug im Physikunterricht,
Verlag Otto Salle, Frankfurt a.M. 1933

Auch mit einem Diabolo lässt sich ein Aufwärtsrollen realisieren.

Aufwärtsrollender Doppelkegel

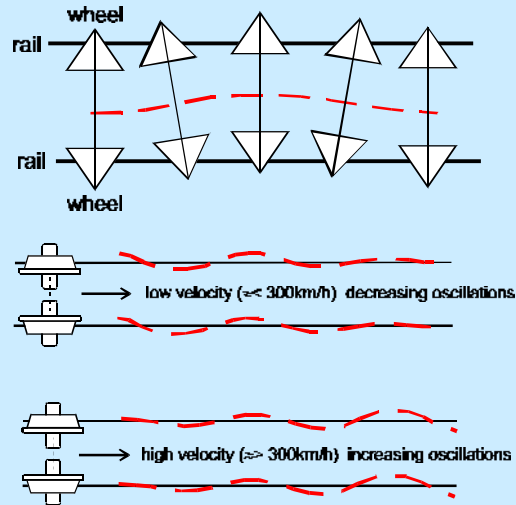


$$\tan\beta < \tan(\alpha/2) \cdot \tan(\gamma/2)$$

Ist diese Bedingung erfüllt, rollt der Doppelkegel aufwärts

Aufwärtsrollender Doppelkegel

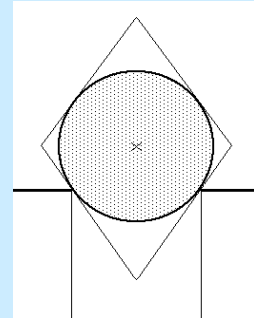
Oscillations of the wheels (axis) of a railway



Eisenbahnräder sind etwas konisch gedreht. Beim Rollen auf den Schienen stabilisiert sich dadurch der Lauf in die Mitte – aber nur bei niedrigen Geschwindigkeiten. Bei mehr als 300km/h ist das Rollen ohne Zusatzmaßnahmen instabil und schaukelt sich bis zum Crash auf.

Aufwärtsrollender Doppelkegel

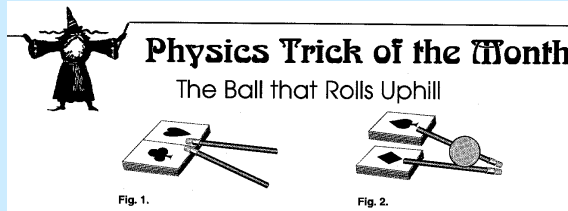
Sisyphus



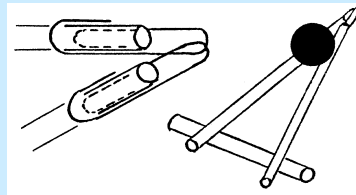
Bei diesem Spielzeug ist das gleiche Prinzip des aufwärtsrollenden Doppelkegels verwirklicht.

Aufwärtsrollender Doppelkegel

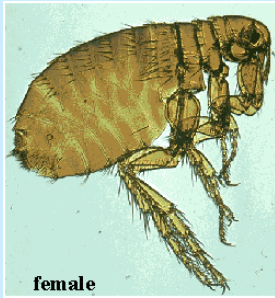
Construction with pencils, deck of cards and table-tennis ball
The Physics Teacher **34** (1996), page 461



Construction with straws, paper-clips and marble
The Physics Teacher **16** (1978), page 16



Springtiere



2mm
≈

Pulex irritans
(= Menschenfloh)

Sprunghöhe $h \approx 0,5m$

Beschleunigungstrecke $d \approx 2mm$

Beschleunigung $a = h \cdot g / d = 2500ms^{-2}$
 $\approx 250g$

(gleichförmige Beschleunigung vorausgesetzt;
 $g \approx 10ms^{-2}$)

Mensch $\approx 3g$

Aus $v = \sqrt{2gh}$ und $v = \sqrt{2ad}$

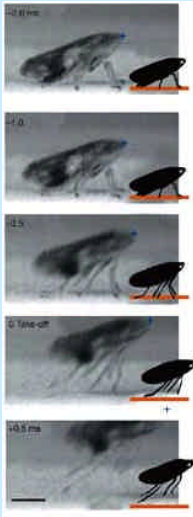
ergibt sich $a = \frac{h}{d} g$

A flea jumps up to a height of about $h = 0.5m$. It accelerates along a distance of about $d = 2mm$. This leads to an acceleration of $a = h \cdot g / d = 0.5m \cdot g / 0.002m \approx 250g$ ($g = 10ms^{-2}$; uniform acceleration assumed).

Wie macht der Floh das?

Since the jumping height of a flea is strongly influenced by air resistance, it has, in reality, a greater initial acceleration. There are other animals with an even higher acceleration. The jumps of fleas and other animals are difficult to measure and not very reproducible. A man can only achieve up to 3g with a standing high jump.

Springtiere



Philaenus spumarius
(= Wiesen-Schaumzikade)

Sprunghöhe $h \approx 0,7\text{m}$

Beschleunigungstrecke $d \approx 2\text{mm}$

Beschleunigung $a = h \cdot g / d = 3500\text{ms}^{-2}$
 $\approx 350g$

(gleichförmige Beschleunigung vorausgesetzt;
 $g \approx 10\text{ms}^{-2}$)

$$\text{Aus } v = \sqrt{2gh} \quad \text{und} \quad v = \sqrt{2ad}$$

$$\text{ergibt sich } a = \frac{h}{d} g$$

Eine abspringende Wiesen-Schaumzikade, *Philaenus spumarius*, neuer Weltrekordhalter im tierischen Hochsprung, beschleunigt sich mit 400facher Erdbeschleunigung auf bis zu 70 Zentimeter Sprunghöhe. Auf Hochgeschwindigkeitsfilmen mit 2000 Bildern pro Sekunde zeigen nur zwei den blitzartigen, millisekundenlangen Absprungvorgang. Ihren Name verdankt die Wiesen-Schaumzikade übrigens ihren Jugendstadien: Die Larven verstecken sich vor Fressfeinden in einem selbst produzierten, volkstümlich als "Kuckucksspeichel" oder "Hexenspucke" bezeichneten Schaum.

© Malcolm Burrows, University of Cambridge



← käufliche Exemplare

Eigenbau →



Ein kleines, vermutlich 1970 in Deutschland erstmals entwickeltes Spielzeug besteht aus einer Feder mit einem Gummisauger. Drückt man die Feder mit dem Gummisauger auf die Basis, löst sich nach einer kaum vorhersagbaren Zeit der Sauger und das Spielzeug springt hoch.

Verschiedene käufliche Versionen sind gezeigt.

Es läßt sich auch mit passablen Aufwand aus üblichen Saugern für Bad/Küche selbst bauen. Da wird die Basis beim Absprung allerdings nicht mit hochgezogen.

Noch einfacher ist die Verwendung von Kugelschreibern, bei denen sich der Vorderteil abschrauben lässt.

Sprunghöhe $h = 1.2\text{m}$ ($\pm 10\%$)

$$\Rightarrow E_{\text{pot}} = mgh = 0.0145\text{kg} \cdot 10\text{ms}^{-2} \cdot 1.2\text{m} = \mathbf{0.17\text{J}}$$

Zusammendrücken auf einer Waage

$$F \approx 19\text{N} (= 1.9\text{kg}; \pm 10\%); \quad d \approx 3.2\text{cm} (\pm 10\%)$$

Federsteife $c = F/d \approx 590\text{Nm}^{-1}$

$$\Rightarrow E_{\text{Feder}} = 0.5 \cdot c \cdot d^2 = 0.5 \cdot 590\text{Nm}^{-1} \cdot 0.032^2\text{m}^2 = \mathbf{0.30\text{J}}$$

$$(\Rightarrow h = E_{\text{Feder}}/mg = 2.1\text{m})$$

Startbeschleunigung des Kopfes $a = F/m_1 - g \approx 190g$

$$(m_1 = \text{Kopf} + \text{Gummisauger} + 1/3\text{Feder} = 0.00984\text{kg})$$

Startbeschleunigung der Basis $a = F/m_3 - g \approx 525g \quad !!!$

$$(m_3 = \text{Basis} + 1/3\text{Feder} = 0.00369\text{kg})$$



Das erste und für Kinder/Schüler motivierendste Experiment ist, das Spielzeug hochspringen zu lassen und die Sprunghöhe zu messen.

Auf einer Waage lassen sich die Massen der Einzelteile bestimmen und auch die Kraft, die zum Zusammendrücken erforderlich ist. Daraus lässt sich die Federkonstante berechnen, woraus sich wiederum die in der Feder gespeicherte Energie ermitteln lässt.

Die potentielle Energie der Sprunghöhe stimmt nicht mit der in der Feder gespeicherten Energie überein! Darauf komme ich noch zurück.

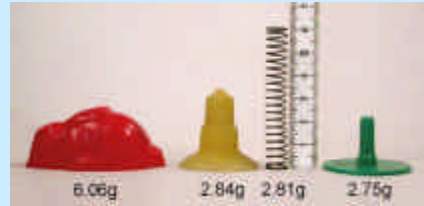
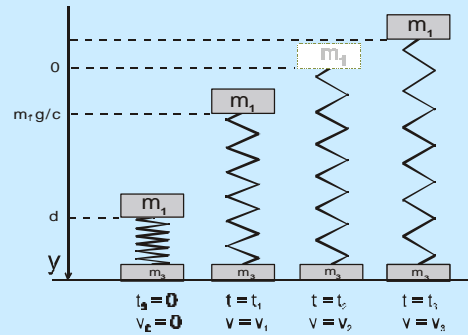
Sehr einfach kann man auch die Startbeschleunigung des Kopfes berechnen, wobei sich sehr große Werte ergeben. Da die Basis eine noch kleinere Masse hat, ist ihre Beschleunigung noch viel größer.

Maximalgeschwindigkeit des Kopfes

$$\frac{c}{2}d^2 - \frac{c}{2}\left(\frac{m_1g}{c}\right)^2 = m_1g\left(d - \frac{m_1g}{c}\right) + \frac{m_1}{2}v_1^2$$

Feder – potentiell e kinetische
energie Energie Energie

$$v_1 = -\sqrt{\frac{c}{m_1}\left(d - \frac{m_1g}{c}\right)} \approx 8\text{ms}^{-1} \approx 30\text{kmh}^{-1}$$



Um die Maximalgeschwindigkeit des Kopfes zu berechnen, kann man die Energien betrachten.

The spring is compressed, and at the time $t_0 = 0$ the head starts with maximum acceleration. The time t_1 is when the mass m_1 (head + rubber cup) achieves the position where the head is in the equilibrium situation.

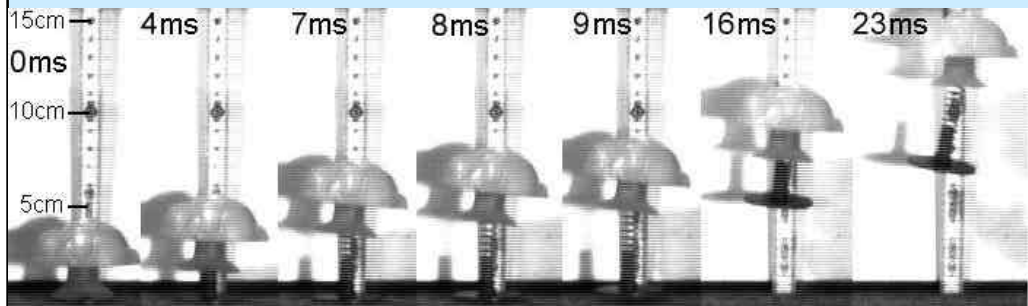
Equilibrium means the situation, when the spring is not compressed and the head is in equilibrium with the spring. The time t_2 characterizes the position of the end of the spring without m_1 ; it is the equilibrium position of the spring without m_1 . t_3 should be when the bottom mass m_3 leaves the floor.

The head will achieve its maximum velocity v_1 at the time t_1 . Conservation of energy leads to the following equation.

If you calculate the velocity results $v_1 = 8\text{ms}^{-1}$.

How can you measure that?

Bilder aus einem digitalen Video mit 1000 Bildern/Sekunde



Video

2000 pictures/second
146 pictures = 73 ms



Mit einer digitalen High-Speed-Kamera wurde der Startvorgang aufgenommen (1000 bzw. 2000 Bilder/s). Daraus lassen sich quantitativ Daten extrahieren. Hier sind nur einige Bilder aus dem Video zusammengestellt. Die Bilder sind nicht scharf, da die Auflösung der Kamera mit zunehmender Frequenz sinkt. Das Video ist von meiner homepage herunterladbar.

Bei 0ms startet der Kopf (löst sich der Gummisauger); nach 7ms erreicht der Kopf seine Maximalgeschwindigkeit; nach 8ms hebt die Basis vom Boden ab; nach 9ms ist die Feder maximal gedehnt; nach 16ms ist die Feder maximal komprimiert; nach 23ms ist die Feder wieder maximal gedehnt.

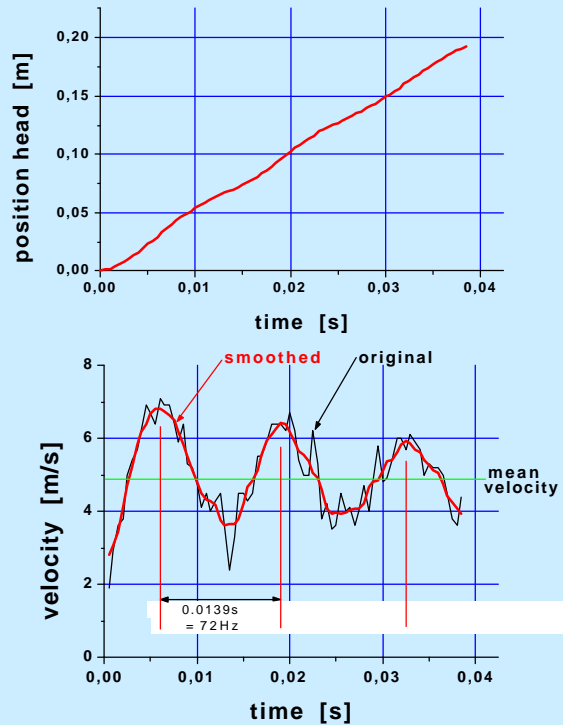
Die Feder schwingt mit einer Frequenz von etwa 70Hz. Das kann mit dem bloßem Auge nicht wahrgenommen werden.

Springenspielzeug

experimentelle Ergebnisse
mit Hilfe einer Analyse des
Videos
Auswertung mit Origin

Geschwindigkeit

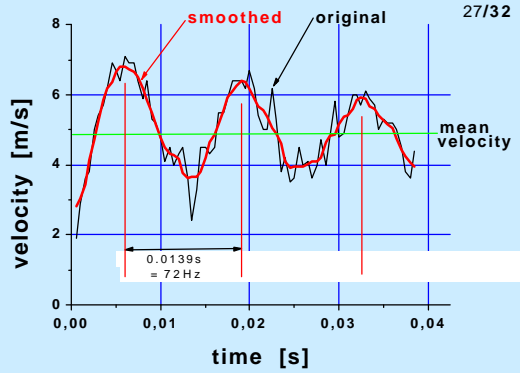
als Ableitung aus dem Diagramm
für die Position



Mit Videoauswerteprogrammen (DIVA, COACH5 usw.) können die Bilder quantitativ ausgewertet werden. Im oberen Bild ist die Position des Kopfes als Funktion der Zeit aufgetragen.

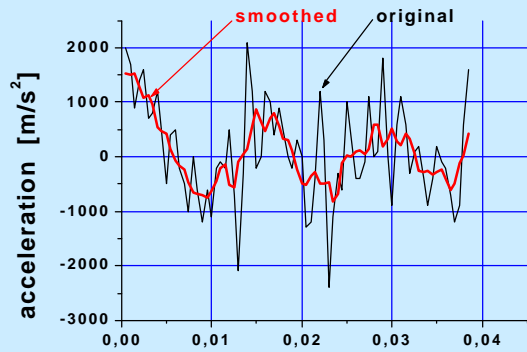
Daraus wurde mit Hilfe des Auswerteprogrammes Origin die Geschwindigkeit ermittelt. Die Maximalgeschwindigkeit von etwa 7m/s stimmt näherungsweise mit der berechneten Maximalgeschwindigkeit von 8m/s überein.

Springenspielzeug



Beschleunigung

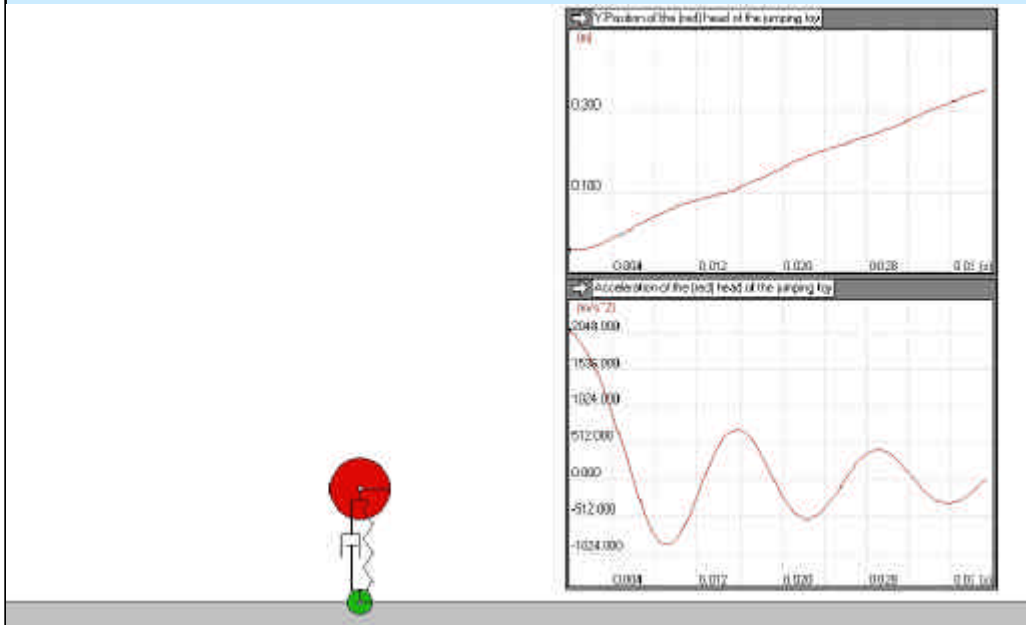
als Ableitung aus dem Diagramm für die Geschwindigkeit



Aus der Geschwindigkeit lässt sich die Beschleunigung ermitteln. Wegen der relativ starken Datenunsicherheiten ergibt sich keine glatte Kurve. Mit Glättung sieht die Kurve etwas ansprechender aus.

Es ergibt sich eine Startbeschleunigung von etwa 2000m/s-2. Das entspricht wiederum hinreichend dem berechneten Wert.

Modellierung und Simulation mit Interactive Physics



Mit dem amerikanischen Programm ,Interactive Physics‘ lassen sich sehr gute Simulationen erzielen

Es gibt gar nicht so viele Spielzeuge mit so vielen Vorteilen

- 1) **billig**
- 2) **Interessant und motivierend für Kinder/Schüler**
- 3) **Einfache, klare Konstruktion**
- 4) **Relativ leichter Selbstbau**
- 5) **Interdisziplinäre Bezüge**
- 6) **Vergleich Experiment – Theorie**
- 7) **Modellierung und Simulation**
- 8) **Unterschiedliche Schwierigkeitsstufen**

Jedoch nichts ohne Nachteil:

- 1) **Gewisses Gefahrenpotential**
- 2) **Nicht immer direkt käuflich**

Dyna-Bee, Roller-Ball, Power Ball, Gyrotwister

Gyroscopic Device, US-Patent No 3,726,146 vom 10. April 1973



DynaBee
POWER CONDITIONER
TV
GYRO EXERCISER

Get the Competitive Edge!

USA



GYROTWISTER

Vorsicht: Suchtgefahr!

Der Gyrotwister ist das Trainingsgerät, das süchtig macht.

Das Gyrotwister-Training ist ein einzigartiges Training, das die Muskulatur des gesamten Körpers in 10 Minuten trainiert. Es ist ein Training, das die Muskulatur des gesamten Körpers in 10 Minuten trainiert. Es ist ein Training, das die Muskulatur des gesamten Körpers in 10 Minuten trainiert.

Das Gyrotwister-Training ist ein einzigartiges Training, das die Muskulatur des gesamten Körpers in 10 Minuten trainiert. Es ist ein Training, das die Muskulatur des gesamten Körpers in 10 Minuten trainiert. Es ist ein Training, das die Muskulatur des gesamten Körpers in 10 Minuten trainiert.

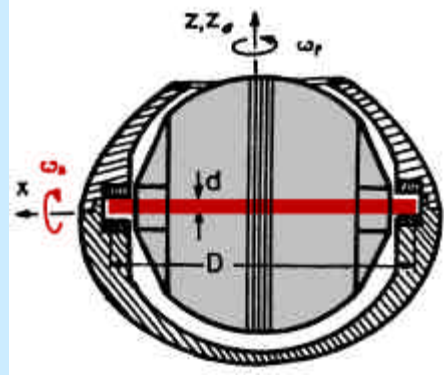
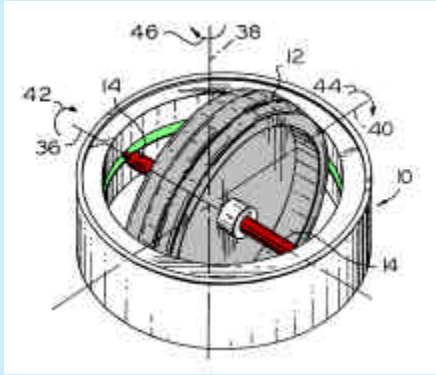
www.macht-suechtig.de

© 1998 11.08.01

Dyna-Bee, Roller-Ball, Power Ball, Gyrotwister

Gyroscopic Device,
US-Patent No 3,726,146
April 10., 1973

Schweitzer, G.: Antrieb eines Spiel-
kreisels durch Taumelbewegungen
seines Gehäuses
Festschrift zum 70. Geburtstag von
Prof. K. Magnus, München, Nov. 1982



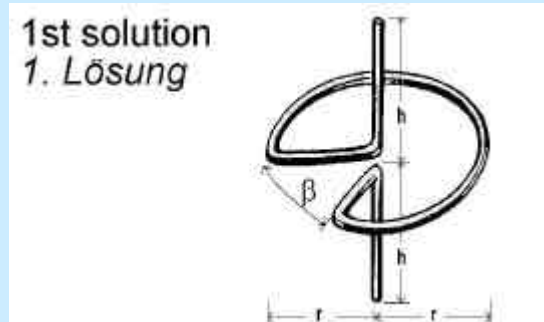
Wie bei einem rotierenden Fahrradreifen, den man versucht an der Achse zu verdrehen, setzt der Rotor einer Verkippung der Achse einen Widerstand entgegen und weicht senkrecht zur Verkippung aus

mail: cucke@ph.tum.de

Pause

Der Büroklammerkreisel (Sakai-Kreisel)

T. Sakai: Topics on tops which enable anyone to enjoy himself,
Mathematical Sciences (Surikagaki = 数理科学) 271, 18-26 (1986)



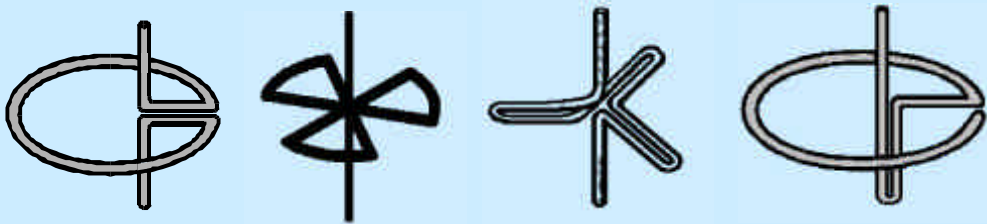
$$\beta = 53.13^\circ$$

Wie lässt sich aus einer Büroklammer ein Kreisel machen. Die Büroklammer ist nur als Beispiel für einen leicht erhältlichen Draht definierter Länge gemeint. Prof. Sakai aus Japan hat dazu eine Idee entwickelt, die er als Übungsaufgabe für seine Studenten gedacht hat. Ob die Studenten sehr erfreut waren, ist zweifelhaft.

Seine Lösung sieht sehr einfach aus. Man erkennt die Achse des Kreisels. Um ein möglichst großes Trägheitsmoment zu erhalten, sollte der Draht einen möglichst großen Abstand von der Drehachse haben. Die Speichen sind notwendig, um den Ring zu halten. Wie groß muss der Winkel β sein, damit der Schwerpunkt von Speichen und Ring in der Achse liegt?

Der Büroklammerkreisel (Sakai-Kreisel)

weitere Möglichkeiten



There are many further possibilities for constructing a top out of a paper clip.

Here I have special paper clips with a soft wire. These are not so good paper clips but they are perfect for making tops only with your fingers. Please take one sample and try it. I have made these example tops by myself

Der Büroklammerkreisel (Sakai-Kreisel)

unvollkommene Version

Auch dieser Kreisel funktioniert sehr gut, obwohl der Bogen nicht besonders gut rund ist und der Winkel auch nicht stimmt.

Wichtig ist nur, dass die beiden Teile der Achse in einer geraden Linie liegen und senkrecht zur Ebene des Kreisbogens durch den Schwerpunkt des Gebildes gehen.



This top rotates also very well.

As you can see the arc is not perfect and also the angle is not correct.

To make the tops in reality it is not so important to have exactly this angle. This would be difficult. It is also not so easy to make a perfect arc. It is important to have the centre of gravity in the axis. After making some tops you will get a feeling for how to construct them so that they will rotate well.

As you can see, the arc is not perfect and the angle is also not correct. The only important thing is that the two parts of the axis form a straight line which goes perpendicularly through the centre of gravity of the plane formed by the arc and the spokes.

Der Büroklammerkre Konstruktion

Hier sind alle Schritte zur
Herstellung gezeigt.



A simple way to build Sakai1-tops is to divide the total length of the straight bended paper clip wire into ten parts. Thus you can start with the first half axis if you bend one tenth in a right angle and then go on bending another one tenth in a right angle. Then bend the arc and at the end repeat the same procedure from the beginning.

For the total length l results with $h = r$

$$\begin{aligned}l &= r + r + (2 \cdot \pi - \downarrow) \cdot r + r + r \\ &= 4r + 5.35r \\ &= 9.35r\end{aligned}$$

this means $r = l/9.35 \approx 1/10$

(total length divided through ten)

mail: cucke@ph.tum.de

www.ucke.de



Vorstellung

Name: Christian Ucke

Technische Universität München

Fakultät für Physik

Tätig in der Lehre (Physikalisches Praktikum für Physiker)

Forschung + Hobby: Physik von Spielzeugen