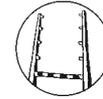


4 Die geneigte Ebene (1)



Physik – Mechanik – geneigte Ebene



Sehr einfach



Die Schüler/-innen sollen das Geheimnis der „geneigten Ebene“ lösen und die Funktionsweise qualitativ beschreiben können.



Wenige Minuten

Ein Rotationskörper rollt eine geneigte Ebene allen physikalischen Gesetzen zum Trotz scheinbar bergauf.



Geräte und Hilfsmittel

1. Spezielle geneigte Ebene bestehend aus:

- 1 kleines Scharnier
- 2 Nägel
- 1 Kette, ca. 29 cm lang
- 2 Bretter (Abbildung 1)

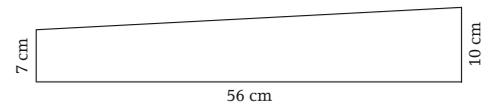


Abbildung 1

2. Rotationskörper (Abbildung 2):

- Einen solchen Rotationskörper können Sie sich von einem versierten Tischler/ Zimmerer oder einem Hobby-Drechsler anfertigen lassen.

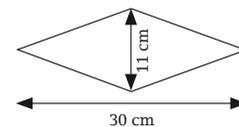


Abbildung 2



Durchführung

Bevor Sie mit der Durchführung des Experimentes beginnen können, müssen Sie sich noch die geneigte Ebene aus den oben genannten Materialien anfertigen. Dazu befestigen Sie das Scharnier an den kürzeren Seiten (7 cm) der trapezförmigen Bretter. Klappen Sie die so hergestellte geneigte Ebene so weit auseinander, dass der Kegel gerade noch auf den längeren Seiten zum Liegen kommt. An den kürzeren Seiten sind die Bretter durch das Scharnier verbunden, und an den längeren Seiten (10 cm) müssen beide Bretter nun einen Abstand von ca. 29 cm haben. Sind die Bretter so weit auseinandergeklappt, befestigen Sie die Kette mit den beiden kleinen Nägeln an den langen Bretterseiten. Dadurch ist gewährleistet, dass die geneigte Ebene nie zu weit auseinandergeklappt wird. In der Abbildung 3 sehen Sie den oben beschriebenen Rotationskörper und in der Abbildung 4 die geneigte Ebene.



Abbildung 3



Abbildung 4

Klappen Sie die geneigte Ebene, so weit es geht, auseinander und stellen Sie diese auf den Vorführtisch. Dann legen Sie den Rotationskörper auf die untere Seite der Ebene, und Sie werden sehen, dass der Doppelkegel (Rotationskörper) von allein in die andere Richtung, also scheinbar die geneigte Ebene nach oben, rollt.

4 Die geneigte Ebene (2)



Erklärung

Wenn Sie das Experiment durchführen, werden Sie sehen, dass sich bei der Bewegung des Doppelkegels die Auflagepunkte am Rotationskörper ständig ändern. Das rührt daher, dass die beiden Bretter nicht parallel, sondern in einem bestimmten Winkel α zueinander stehen. Diese Lage der Bretter ermöglicht es, dass sich die Auflagepunkte am Doppelkegel nach außen hin zu den Kegelspitzen bewegen. Infolgedessen bewegt sich der Schwerpunkt des Rotationskörpers nach unten (Abbildung 5), obwohl es den Anschein hat, der Doppelkegel würde sich nach oben bewegen.

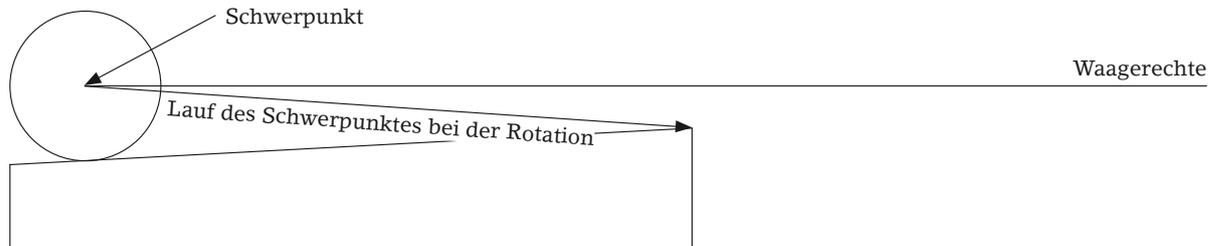


Abbildung 5

Das Experiment gelingt nicht mit allen Anordnungen. Hierfür müssen bestimmte Bedingungen erfüllt sein. Diese Bedingungen beschreiben die Größe des Rotationskörpers und die Größe der geneigten Ebene.

Es sei α der Öffnungswinkel der geneigten Ebene, also der Winkel, den die beiden trapezförmigen Bretter bilden, und β der Winkel, der den Anstieg der geneigten Ebene bestimmt. Eine weitere wichtige Größe ist der Winkel der Kegelspitze γ .

Damit der Doppelkegel nun scheinbar nach oben rollen kann, muss folgende Bedingung erfüllt sein:

$$\tan \beta < \tan \frac{\alpha}{2} \cdot \tan \frac{\gamma}{2} \quad [4]$$

Wenn Sie an der gesamten mathematischen Beschreibung interessiert sind, so finden Sie diese in der einschlägigen Fachliteratur, z. B. in [4].

Sie müssen die gesamte Vorrichtung nicht unbedingt, wie in den Abbildungen 3 und 4 zu sehen ist, aus Holz herstellen. Eine kostengünstigere, aber bei weitem nicht so stabile und haltbare Version, ist der Bau der Vorrichtung aus Papier und Pappe.

Erstmals Erwähnung fand das Doppelkegelexperiment in dem von William Jacob 's Gravesande (27. Sept. 1688 – 28. Febr. 1742) verfassten Buch „Physices Elementa Mathematica Experimentis Confirmata“, welches 1720 in Leiden veröffentlicht wurde. [4]

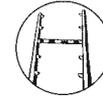
Im Jahre 1715 bereiste 's Gravesande London, wo er Isaac Newton kennenlernte. Im Jahre 1717 wurde er Professor für Mathematik und Astronomie an der Universität Leiden. Die Lehrstühle für militärische Architektur und Philosophie erhielt er 1730 und 1734.

's Gravesande entwickelte viele Geräte, die er auch anfertigen ließ. Ein Teil dieser Geräte ist heute im Museum für Wissenschaftsgeschichte in Florenz zu sehen.

5 Schwebender Luftballon



Physik – Mechanik – Auftrieb



Mittelschwer



Die Schüler/-innen können das archimedische Prinzip anwenden und damit den Versuch erklären.



10 Minuten

Ein Luftballon wird in ein Glasgefäß gegeben, wo dieser völlig frei schwebt.



Geräte und Hilfsmittel

- 1 Glasgefäß
- 1 Luftballon
- Kohlenstoffdioxid CO_2



Durchführung

Je nachdem, ob Sie den „Schwebenden Luftballon“ als Zauberkunststück oder als reinen physikalischen Versuch vorführen wollen, müssen die Vorbereitungen geheim oder während der Vorführung selbst getroffen werden.

Befüllen Sie das Glasgefäß, das so bemessen sein muss, dass ein Luftballon locker darin Platz hat, etwa bis zur Hälfte mit Kohlenstoffdioxid. Kohlenstoffdioxid gibt es in Gasflaschen z.B. in Fachgeschäften für Aquarienbedarf oder eben im einschlägigen Chemikalienhandel. Zum Prüfen, ob das Gefäß genügend mit dem Gas aufgefüllt ist, können Sie Rauch (z.B. einer Zigarette – aber bitte nicht vor Schülern) in das Gefäß blasen. Da er auf dem Gas bleibt, zeigt er die Füllstandshöhe an.

Lassen Sie den Luftballon dann vorsichtig in das Glasgefäß gleiten, so wird er im Gefäß schweben (Abbildung 1).



Abbildung 1



Erklärung

Kohlenstoffdioxid ist ein Gas, das schwerer ist als das Gasgemisch Luft. Luft hat eine durchschnittliche Dichte von $1,293 \text{ g dm}^{-3}$, Kohlenstoffdioxid hingegen von $1,977 \text{ g dm}^{-3}$ [5].

Der Luftballon erfährt im Kohlenstoffdioxid eine Auftriebskraft, da von oben ein kleinerer Schweredruck auf den Ballon wirkt als von unten. Somit steigt der Luftballon so lange, bis Auftriebskraft ($F_A = V_{\text{Luftballon}} \cdot \rho_{\text{Kohlenstoffdioxid}} \cdot g$) und Gewichtskraft F_G gleich groß sind. Es gilt das archimedische Prinzip, welches besagt, dass die Auftriebskraft F_A , die an einem Körper (hier Luftballon) angreift, der sich in einem Gas befindet, gleich der Gewichtskraft F_G des verdrängten Gases ist. Dann schwimmt er sozusagen in dem schweren Gas, hier Kohlenstoffdioxid.

Es sei hier nur kurz darauf hingewiesen, dass bei der Bestimmung der Gewichtskraft des Luftballons nicht nur die Masse der Luft, sondern natürlich auch noch die Masse des Ballongummis berücksichtigt werden muss ($F_G = V_{\text{Luft}} \cdot \rho_{\text{Luft}} \cdot g + m_{\text{Ballon}} \cdot g$).

* Die angegebenen Werte gelten unter Normalbedingungen, d.h. bei einer Temperatur von 0°C und einem Druck von $101,3 \text{ kPa}$.

Archimedes von Syrakus (um 285 v. Chr. – um 212 v. Chr.) war ein griechischer Mathematiker und Ingenieur, um den sich viele Legenden ranken. Belegt ist einzig, dass Archimedes in Alexandria Mathematik studierte und einige Maschinen, wie z.B. die archimedische Schraube [6], den Flaschenzug und Kriegsmaschinen zur Verteidigung seiner Heimat erfunden haben soll. [7], [8]

Schwebender Luftballon

Dein Lehrer zeigt dir einen verblüffenden Versuch mit einem Luftballon.

Erkläre das Schweben des Luftballons im Glasgefäß.

Berechne die Masse des Luftballons unter der Annahme, dass dieser eine Kugel bildet und einen Durchmesser von 15 cm hat. Die Masse des Ballons ohne Luft sei 1 g und die Dichte der Luft $1,293 \text{ g dm}^{-3}$.

Geg.:

Ges.:

Lös.:

Berechne das Volumen des Kohlenstoffdioxids ($\rho = 1,977 \text{ g dm}^{-3}$), das vom Luftballon verdrängt wird.

Geg.:

Ges.:

Lös.:

Wie viel Prozent des Luftballonvolumens sind das?

Geg.:

Ges.:

Lös.: