

Schwerkraft / Freier Fall

Der Begriff „Freier Fall“ löst gleich das Bild des Österreichers Felix Baumgartner aus, der am 14. Oktober 2012 als erster Mensch aus einer Höhe von 38.969,4 Metern von einem Heliumballon absprang und rund 36,5 km ohne Fluggerät Richtung Erde fallend zurücklegte. Die größte Geschwindigkeit, die der 43-jährige Extremsportler erreichte, war 1357,6 km/h. Eines seiner Ziele war, die sogenannte Schallmauer von Mach 1,25 (die Geschwindigkeit des Schalls liegt bei ca. 1235 km/h) zu durchbrechen, was ihm also deutlich gelang. Rund 2500 Meter über der Erde zog er an der Reißleine seines Fallschirms, um abzubremesen und schließlich sicher zu landen.

Niemand muss gleich ein solch gefährliches Abenteuer bestehen, um den freien Fall und die zugehörigen Parameter, Gesetze und Berechnungen experimentell erforschen und verstehen zu können. Eine einfache Konstruktion reicht aus.

Historie

Der römische Dichter und Philosoph Lukrez beschrieb schon ca. 55 v. Chr., dass fallende Objekte nur vom Wasser- oder Luftwiderstand gebremst werden, und daher leichte Körper langsamer, im Vakuum aber alle Körper gleich schnell fallen müssen.

Nach Meinung des griechischen Philosophen Aristoteles (384–322 v. Chr.) müssten schwere Körper schneller zu Boden fallen als weniger schwere, da sie sich im Wasser nach unten bewegen, leichte nach oben. Erst 1554 widerlegte Giovanni Battista Benedetti (1530-1590) die Annahme von Aristoteles. Er zeigte, dass zwei gleiche Kugeln, die durch eine (masselose) Stange fest miteinander verbunden sind, mit derselben Geschwindigkeit fallen wie jede der beiden Kugeln einzeln.

Die Meinung, ein Körper bewege sich während des Falles mit gleichbleibender Geschwindigkeit, stammt auch von Aristoteles. Erst 1590 stellte Galileo Galilei (1564–1642) die Gesetze des freien Falls auf: Alle Körper fallen im Vakuum unabhängig von ihrer Gestalt, Zusammensetzung und Masse gleich schnell. Ihre Fallgeschwindigkeit ist proportional zur Fallzeit, der Fallweg proportional zum Quadrat der Fallzeit. Die Beschleunigung ist dabei am selben Ort für alle Körper gleich groß. 1659 bestätigte Robert Boyle experimentell, dass Körper unterschiedlicher Masse im Vakuum gleich schnell fallen.

Definitionen

„Freier Fall“ bezeichnet die Beschleunigung eines Körpers ausschließlich durch die Erdanziehungskraft. Menschen, die aus einem Flugzeug springen, können zwar eine mehr oder weniger große Strecke fallen, werden aber durch den Luftwiderstand gebremst. Ein wirklich „freier Fall“ wäre nur in einem Vakuum möglich, in dem keine anderen Kräfte als die der Erdanziehung wirken. Eine Testumgebung für derartige Experimente stellt zum Beispiel der sogenannte „Bremer Fallturm“ bereit.

Formeln

Freier Fall (ohne Reibung): Die Kraft, die auf einen fallenden Körper wirkt, wird mit F bezeichnet und in Newton gemessen. Newton setzt sich aus der Masse des Körpers (in kg) und der Beschleunigung (in m/sec^2) zusammen, wobei die Beschleunigung gleich dem Faktor für die Gravitation der Erde ist.

$$\text{Newton} = \text{kg} * \text{m}/\text{sec}^2$$



Körper unterschiedlicher Massen fallen in einem Vakuum gleich schnell. Die allgemeine Formel des freien Falls lautet daher:

$$h(t) = h_0 - 1/2 gt^2$$

Die Berechnung ist also unabhängig vom Gewicht des Körpers. Kaum zu glauben, aber im Vakuum fällt ein Nilpferd genauso schnell wie ein Regenwurm.

h = Höhe des Körpers zum Zeitpunkt t , h_0 = Ausgangshöhe ohne Anfangsgeschwindigkeit, g = Fallbeschleunigung, t = Fallzeit in Sekunden.

$$s(t) = |h(t) - h_0| = 1/2 gt^2$$

definiert die Strecke, die ein Körper beim freien Fall in der Zeit t zurücklegt.

Die Normalbeschleunigung liegt bei $9,81 \text{ m/sec}^2$.

$V = gt$ ist die Formel zur Berechnung der Geschwindigkeit im freien Fall. V ist dabei die Fallgeschwindigkeit in Meter pro Sekunde, g die Erdbeschleunigung (Normalbeschleunigung) in Meter pro Sekunde zum Quadrat und t die Fallzeit in Sekunden.

Bei unseren Experimenten haben wir jedoch kein Vakuum, sondern müssen die Luftreibung berücksichtigen. Daher werden unsere Experimente auch nicht die korrekte Normalbeschleunigung für den freien Fall liefern.

Fall mit Luftwiderstand

Auf einen fallenden Gegenstand wirken zwei entgegengesetzte Kräfte: die Gewichtskraft und die Widerstandskraft (im Vakuum ist die Widerstandskraft = 0).

Daraus lässt sich die Maximalgeschwindigkeit eines Gegenstandes ableiten. Die Maximalgeschwindigkeit ist nämlich genau dann erreicht, wenn die beiden gegensätzlichen Kräfte gleich stark sind und infolgedessen der Gegenstand beim Fallen nicht weiter beschleunigt wird. Eine höhere Maximalgeschwindigkeit beim Fall mit Luftwiderstand lässt sich erreichen, wenn entweder der Luftwiderstand verkleinert oder die Masse des Körpers vergrößert wird. Im Fall mit Luftwiderstand gilt: Je schwerer ein Gegenstand, desto höher seine maximale Fallgeschwindigkeit (bei gleichbleibender Form und Oberflächenbeschaffenheit).

Felix Baumgartner war bemüht, in seinem Schutzanzug wenig Luftwiderstand zu bieten, um möglichst schnell eine Überschallgeschwindigkeit zu erreichen. Danach hat er den Widerstand erhöht, indem er den Fallschirm geöffnet hat, um abzubremsen und nicht auf der Erde aufzuschlagen.

Mit dem Thema verbundene Personen

- Galileo Galilei
- Isaac Newton
- Robert Boyle
- Giovanni Battista Benedetti

Informative Webseiten findet man unter den folgenden Stichworten

- Freier Fall
- Fallturm Bremen
- Parabelflug
- Luftwiderstand

