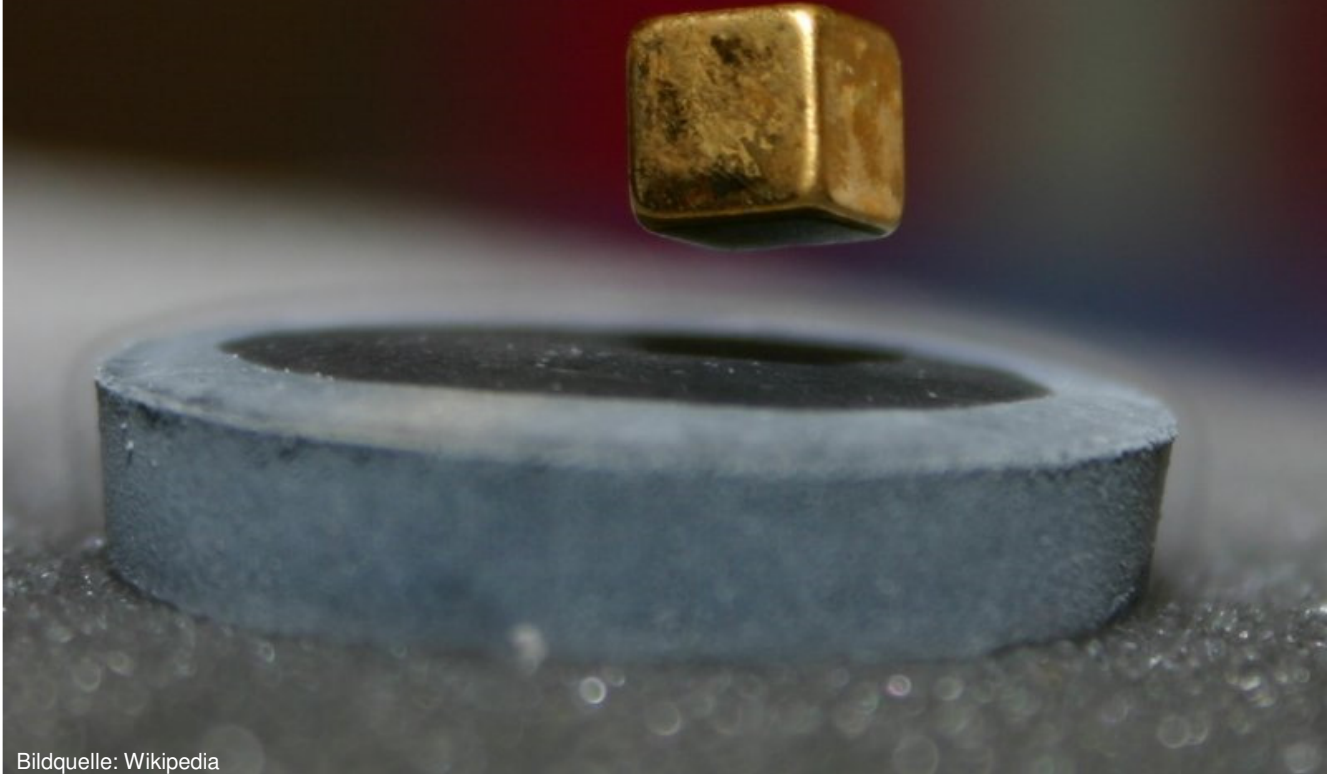


Kraft und Gegenkraft



Bildquelle: Wikipedia

Lernziele

- Sie können ohne Hilfsmittel den Unterschied zwischen Gewicht und Masse erklären.
- Sie können aus Einzelkräften die resultierende Kraft berechnen.
- Sie können an einem Beispiel das Konzept von Kraft und Gegenkraft erklären.

Gewichtskraft und Trägheit

Kräfte sind die Ursachen von Beschleunigungen.

Die Gewichtskraft ist die Ursache für das Fallen von Körpern auf der Erde!

Experimentelle Feststellung:

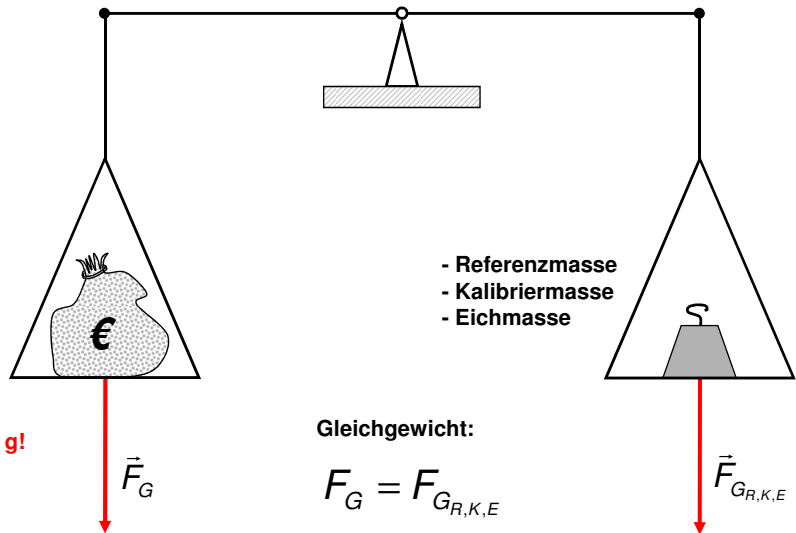
Unabhängig von der Art, der Form und Grösse, der Stoffzusammensetzung, etc., erfahren alle Körper auf der Erde im freien Fall, am gleichen Ort, die gleich grosse Beschleunigung, $a = g$!

$$\frac{F_{G1}}{m_1} = g, \quad \frac{F_{G2}}{m_2} = g$$

$$\frac{F_{G3}}{m_3} = \dots = \frac{F_{Gi}}{m_i} = g = \text{konst.}$$

→ Für F_G muss gelten: $F_G \sim m$

$$F_G = m \cdot g$$



Gleichgewicht:

$$F_G = F_{G_{R,K,E}}$$

$$m \cdot \cancel{g} = m_{R,K,E} \cdot \cancel{g_{R,K,E}}$$

$$m = m_{R,K,E} \rightarrow$$

Eine Balkenwaage ermöglicht einen direkten Vergleich von Massen.

Falls die beiden Massen sich am gleichen Ort befinden, die beiden Gewichtskräfte daher am gleichen Ort wirken, sind die beiden Fallbeschleunigungen gleich!

Gewichtskraft und Trägheit

© B&J

Die spezifische Trägheit

Dichte ρ bei 20 °C

Die spezifische Trägheit oder Dichte eines Stoffes ist der vom Volumen unabhängige Quotient aus der Masse und des von diesem Stoff eingenommene Volumen.

Dichte: $\rho = \frac{m}{V}$

Masse (Trägheit) des Stoffes

beanspruchtes Volumen

Einheit der Dichte: $[\rho] = \frac{[m]}{[V]} = \frac{kg}{m^3}$

Man beachte den Unterschied in den Grössenordnungen der Dichten von typischen Feststoffen, Flüssigkeiten und Gasen!

Lithium	0.543 · 10 ³	kg/m ³
Natrium	0.971 · 10 ³	kg/m ³
Aluminium	2.72 · 10 ³	kg/m ³
Eisen	≈ 7.5 · 10 ³	kg/m ³
Blei	11.34 · 10 ³	kg/m ³
Gold	19.29 · 10 ³	kg/m ³
Platin	21.5 · 10 ³	kg/m ³
Holz	0.3...1.1 · 10 ³	kg/m ³
Glas	2.5 · 10 ³	kg/m ³
Quecksilber	13.5457 · 10 ³	kg/m ³
Wasser	0.998205 · 10 ³	kg/m ³
Benzin	0.70 · 10 ³	kg/m ³
Wasserstoff	0.090	kg/m ³
Luft	1.293	kg/m ³
Helium	0.179	kg/m ³
CO ₂	1.977	kg/m ³
Cl ₂	3.22	kg/m ³

Die spezifische Trägheit

© B&J

Gewichtskraft und Masse


$$F_{G\text{Erde}} \neq F_{G\text{Mond}}$$

- gleiche Massen

aber
- unterschiedliche Gewichtskräfte

Gewichtskraft und Masse

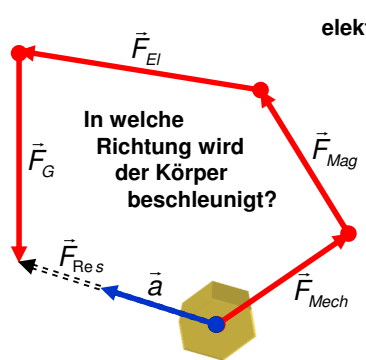
© BÖJ

Kräfte als Vektoren

Wie verhält sich ein Körper, der dem Einfluss von mehreren Kräften ausgesetzt ist?

(Der Angriffspunkt der Kräfte sei im Schwerpunkt.)

Die vollständigen Beschreibung einer Kraft erfordert neben der Angabe ihres Betrages auch noch die Kennzeichnung ihrer Richtung.



Additionsaxiom: Kräfte haben Vektoreigenschaften!

$$\vec{F}_{Mech} + \vec{F}_{Mag} + \vec{F}_{El} + \vec{F}_G = \vec{F}_{Res} \quad \rightarrow \quad \vec{F}_{Res} = m \cdot \vec{a}$$

Greifen an ein und demselben Punkt gleichzeitig mehrere Kräfte an, so verhält sich der Körper unter dem Einfluss aller dieser Einzelkräfte gleich wie unter dem Einfluss der resultierenden Kraft, welche die vektorielle Summe dieser Einzelkräfte ist.

Kräfte als Vektoren

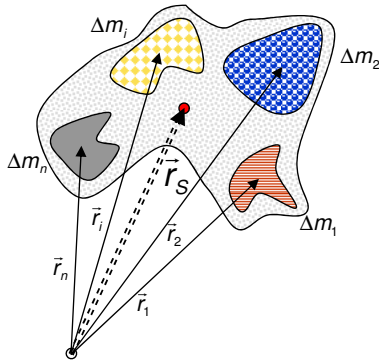
© BÖJ

Schwerpunkt

Welche Eigenschaft zeichnet den Massenmittelpunkt oder Schwerpunkt eines Körpers aus?

Der Massenmittelpunkt oder Schwerpunkt eines Körpers ist derjenige Punkt, in dem man den Körper unterstützen muss, damit er unter der Einwirkung der Schwerkraft in jeder Lage im Gleichgewicht ist.

Quantitative Ermittlung des Massenmittelpunktes



$$\text{Ortsvektor: } \vec{r}_S = \frac{\sum_{i=1}^n \vec{r}_i \cdot \Delta m_i}{\sum_{i=1}^n \Delta m_i}$$

Falls der Koordinatenursprung im Schwerpunkt liegt, gilt:

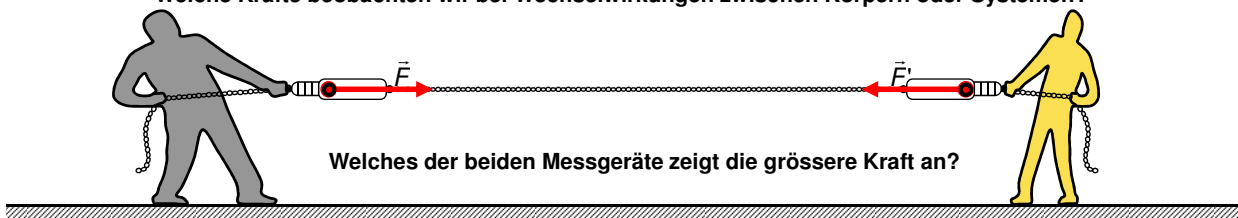
$$\sum_{i=1}^n \vec{r}_i \cdot \Delta m_i = 0$$

Schwerpunkt

© BôJ

Beobachtung über das Auftreten von Kräften

Welche Kräfte beobachten wir bei Wechselwirkungen zwischen Körpern oder Systemen?



Welches der beiden Messgeräte zeigt die grössere Kraft an?

Auf welche Seite wirkt der grössere Teil der Federkraft?



Welche der beiden magnetischen Kräfte ist stärker?



Drittes Newtonsches Axiom (actio = reactio): Wechselwirkungsgesetz

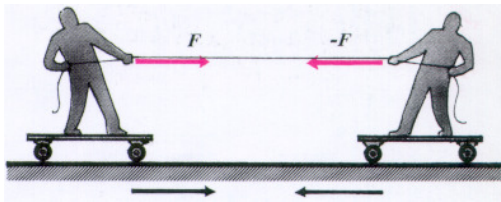
Zu jeder Kraft \vec{F} existiert eine Gegenkraft oder Reaktionskraft \vec{F}' .
Beide Kräfte sind gleich gross aber einander entgegengerichtet, $\vec{F} = -\vec{F}'$.

Die Angriffspunkte von \vec{F} und \vec{F}' liegen **nicht** im gleichen Körper!

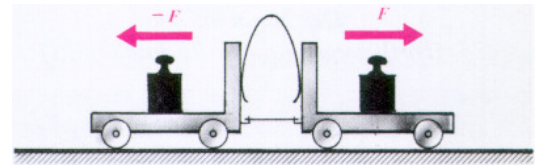
Beobachtung über das Auftreten von Kräften

© BôJ

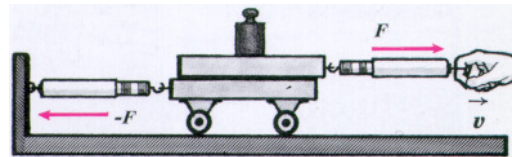
Das allgemeine Wechselwirkungsgesetz ...



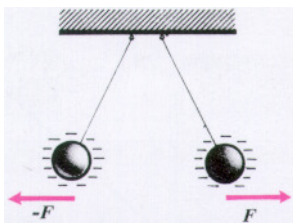
... für Muskelkräfte



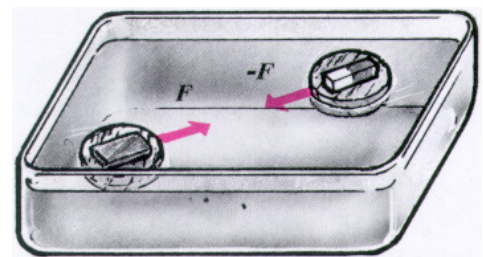
... für Federkräfte



... für Reibungskräfte



... für elektrische Kräfte



... für magnetische Kräfte

Das allgemeine Wechselwirkungsgesetz ...

© B&J

Das allgemeine Wechselwirkungsgesetz ...



Mit der gleich grossen Kraft mit der die Läuferin die Erde wegstösst, wirkt die Erde auf diese zurück und beschleunigt sie in die entgegengesetzte Richtung.

... Fortbewegung durch Rückstoss



Drittes Newtonsches Axiom (actio = reactio): Wechselwirkungsgesetz

Zu jeder Kraft \vec{F} existiert eine Gegenkraft oder Reaktionskraft \vec{F}'
Beide Kräfte sind gleich gross aber einander entgegengerichtet, $\vec{F} = -\vec{F}'$

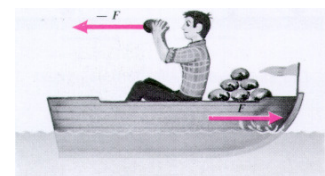
Die Angriffspunkte von \vec{F} und \vec{F}' liegen nicht im gleichen Körper!



... durch Reibungskräfte



... durch Rückstoss



... durch Rückstoss

... Fortbewegung durch Rückstoss

© B&J