

III Mechanik eines einzelnen Massenpunktes3.1. Das Newton'sche GrundgesetzDas Newton'sche Axiom I

Wie bewegt sich ein Körper auf einer ebenen Unterlage, wenn er sich völlig selbst überlassen bleibt

Aristoteles: $v \rightarrow 0$ für $F=0$

Newton: Ein Körper verharrt in Ruhe oder in gleichförmiger Bewegung für $F=0$

„Trägheitsgesetz“

$\vec{v} = \text{const.}$ wenn $\vec{F} = 0$ (von Reibung abgesehen)

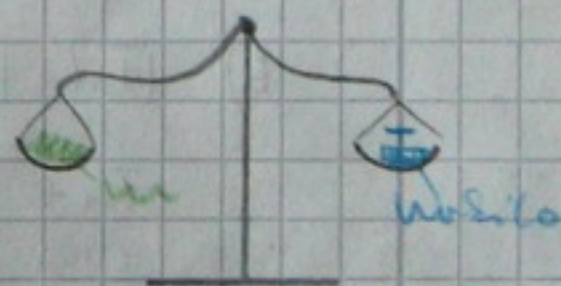
Massen- und Kraftmessung

Relativistische Masse:

$$m(v) = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

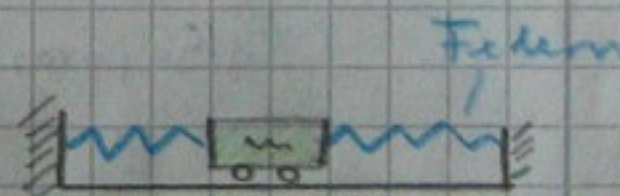
0 Massenbestimmung

1) Schwere Masse: Vergleich mit Referenzmasse (bzw. UrEis)



Auf beide Massen wirkt das Schwerfeld der Erde gleichermaßen: \boxed{mg}

2) Träge Masse:



Auslenkung \rightarrow Schwingung $\rightarrow T \sim \sqrt{m}$

Vergleich mit Referenz-T bspw. von UrEis.

T hängt von Trägheit der Masse ab: $\boxed{m_T}$

Beide Verfahren messen unterschiedliche Eigenschaften des Stoffes! Experimente zeigen aber, dass 2 Körper der gleichen schweren Masse die gleiche träge Masse haben \Rightarrow „Äquivalenzprinzip“ Nicht zu beweisen, nur durch Experimente zu zeigen. Im Folgenden: $\underline{m_T = m_g = m}$

z.B.:

$$F = m_g a = G = m_g \cdot g$$

Im Fall der freien Fallbewegung:

$$s = \frac{1}{2} g t^2$$

$$t = \sqrt{\frac{2s}{g}} = \sqrt{\frac{2s \cdot m_g}{m_T \cdot a}}$$

$$\frac{m_T}{m_g} \rightarrow 1$$

31.10.08

• Kraftmessung

Messverfahren mittels Deformierbarkeit von Körpern auf

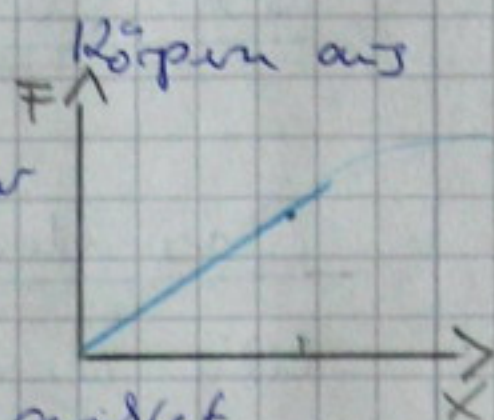
z.B. Verformung einer Zug- oder Schraubenfeder

Körper sind elastisch \Rightarrow Dehnung reversibel

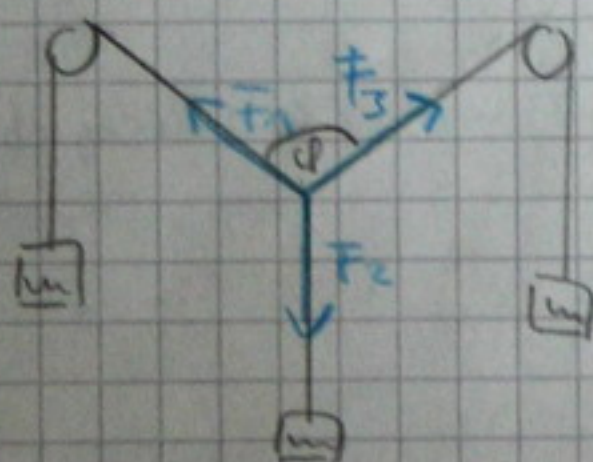
\Rightarrow 2 Kräfte sind gleich, wenn sie gleich gerichtet

sind und die gleiche Dehnung bewirken.

Bei Federn gilt: $F \sim x$



Vektordarstellung der Kraft



a) Es liegt ein Kräftegleichgewicht vor:

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = 0$$

$$|\vec{F}_1| = |\vec{F}_2| = |\vec{F}_3|$$

$$\Rightarrow \varphi = 120^\circ$$



b) $|\vec{F}_1| : |\vec{F}_2| : |\vec{F}_3| = 3 : 5 : 4$

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_3 = -\vec{F}_2$$

Für $\varphi = 90^\circ$: $|\vec{F}_1|^2 + |\vec{F}_3|^2 = |\vec{F}_2|^2$

(Pythagoras) $\Rightarrow \varphi = 90^\circ$

Das Newton'sche Axiom II

Wenn ein Körper beschleunigt werden soll,

muss eine Kraft auf ihn einwirken

Versuch mit konstant beschleunigten



Wagen: Beschleunigung umso größer je

1) größer die Kraft F ist, die auf ihn einwirkt $a \sim F$

2) je kleiner die beschleunigte Masse ist $a \sim \frac{1}{m}$

Folgerung: $\vec{a} \propto \frac{\vec{F}}{m} \Rightarrow \vec{F} = \text{const.} \cdot m \cdot \vec{a}$

Kraft-Einheiten: so wählen, dass $\text{const.} = 1$:

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

Maßeinheit der Kraft im SI-System

$$1 \text{ Newton} = 1 \text{ N} = 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}$$

Ein Newton:

Kraft die auf ein kg wirkt, wenn sie eine Beschleunigung von $1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ herführt (die eine eine solche Beschleunigung bewirkt).

$\hat{=}$ Kraft die auf eine Masse von ca. 102 g im Schwerfeld der Erde wirkt: $g = \frac{\vec{F}}{m} = \frac{1 \text{ N}}{0,102 \text{ kg}} = 9,8 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \approx g$

Erdbeschleunigung g unabhängig von Masse

$$s = \frac{1}{2} g t^2 \Rightarrow \text{alle Körper fallen gleich schnell!}$$

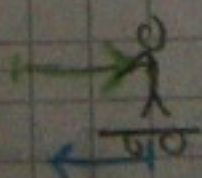
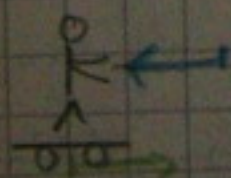
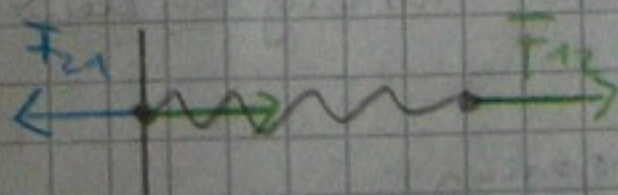
Anmerkung: Für $F=0$ gilt $a=0 \Rightarrow$ das II. Newt.

Ar. beinhaltet das I. Newt. Ar.

Das Newton'sche Axiom III

Die Kräfte \vec{F}_{12} und \vec{F}_{21} , die Körper 1 und Körper 2 wechselseitig aufeinander ausüben, sind entgegengesetzt gleich (und wirken an unterschiedlichen Orten an):

Actio = Reactio



3.2 Schwerkraft

$$\vec{F}_G = m \cdot \vec{g}$$

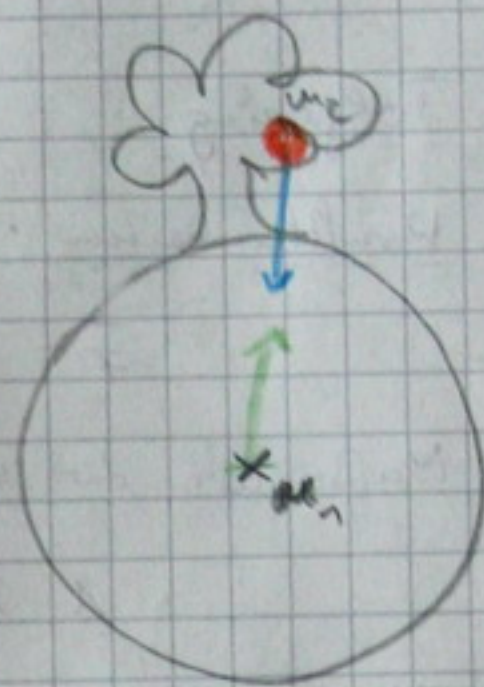
← Gravitation

Ursache (Newton, 1665):

Erdausziehung Apfel-Erde:

m_1 : Erde; m_2 : Apfel

$$|\vec{F}_{12}| = |\vec{F}_{21}|$$



Warum fällt der Apfel zur Erde und nicht umge-

kehrt? Nach II. Newt. Ax (2. U. A): $F = ma$

$$a_{\text{Erde}} \cdot m_{\text{Erde}} = a_{\text{Apfel}} \cdot m_{\text{Apfel}}$$

$$\text{Da } m_{\text{Erde}} \gg m_{\text{Apfel}} \Rightarrow a_{\text{Apfel}} \gg a_{\text{Erde}}$$

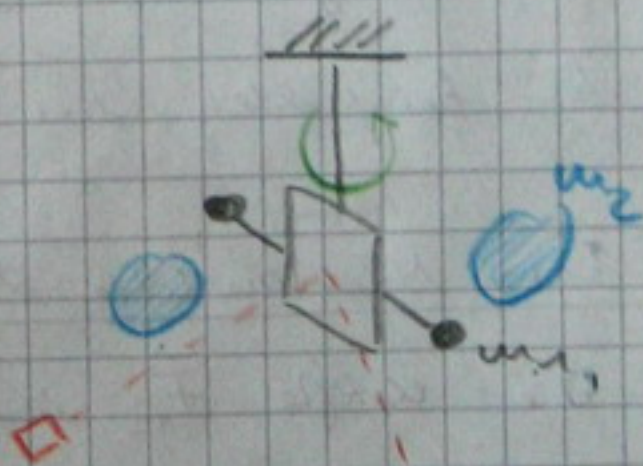
\Rightarrow Beide Körper „fallen“, der Apfel aber wesentlich wesen-

tlich länger.

Gravitationswaage:

Die Waage ist durch m_2 einge-
pendelt. Trägt man m_1 hinzu,
so werden m_1 davon angezogen
und der Faden wird gedehnt

(Bildung). Dadurch wird der Laserstrahl in eine
andere Richtung abgelenkt.



Ursprung:

Die Schwerkraft ist eine von 4 grundlegenden (funda-
mental)en Kräften in der Physik

Eigenschaften der Erwerkraft

- $F_G \sim m_1 \cdot m_2$
- immer attraktiv (anziehend)
- Abhängig vom Abstand: $F_G \sim \frac{1}{r^2}$ Aus Beobachtungen von Planetenbahnen

$$\vec{F}_G = \gamma \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

γ : Gravitationskonstante

$$\gamma = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{m}^3}{\text{kg} \cdot \text{s}^2}$$

r : Abstand der Massenmittelpunkte

Bsp.: Masse von 1kg auf Erdoberfläche:

$$\begin{aligned} \vec{F}_G &= \gamma \frac{m \cdot m_E}{r_E^2} & m_E &= 5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}; & r_E &= 6,37 \cdot 10^6 \text{ m} \\ &= \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 1 \cdot 5,97 \cdot 10^{24}}{(6,37 \cdot 10^6)^2} & &= 9,81 \text{ N} \end{aligned}$$

\Rightarrow Die Masse von 1kg wird mit der Kraft von 9,81 N zum Erdmittelpunkt gezogen.

Schreibweise: $\vec{F}_G = m \cdot \underbrace{\left(\frac{m_E}{r_E^2} \gamma \right)}_{\text{Erdbeschleunigung}} = m \cdot g$

Verschiedene Arten von Kräften

- Gewicht-/Schwerkraft $F_G = m \cdot g$

$$\vec{F}_G = \vec{F}_H + \vec{F}_V \quad \sin \alpha = \frac{\vec{F}_H}{\vec{F}_G} \Rightarrow \vec{F}_H = \sin \alpha \cdot \vec{F}_G = \sin \alpha \cdot m \cdot g$$

- Reibungskräfte \vec{F}_R

wird entgegengesetzt zur Geschwindigkeit

