

zu 3. Dynamik: Kraft, Impuls, Reibung

Letzte Stunde

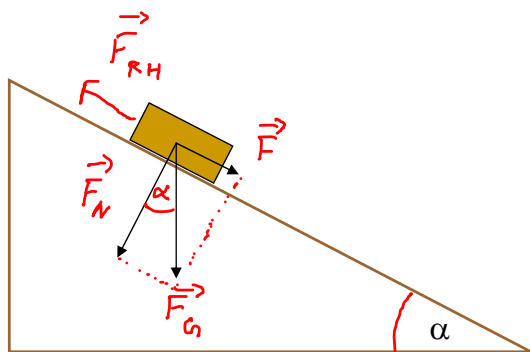
- Reaktionsgesetz: $\vec{F}_{\text{actio}} = -\vec{F}_{\text{reactio}}$
Kräfte treten immer paarweise auf
- Impuls p $\vec{p} = m\vec{v}$
- Impulserhaltung $\sum \vec{p}_i = \text{const.}$
- Hookesches Gesetz $\vec{F}_F = -k \cdot \vec{s}$ Federkonstante k
- Reibung: Haftreibung $F_{RH} \leq \mu_0 \cdot F_N$

Heute

- Haftreibung, Gleitreibung
- Trägheitskräfte und Bezugssysteme

3.8 Reibungskräfte

Versuch: schiefe Ebene



$$\vec{F}_G = \vec{F} + \vec{F}_N$$

$$F = F_G \cdot \sin \alpha$$

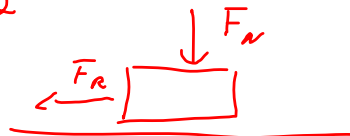
$$F_N = F_G \cdot \cos \alpha$$

$$\hookrightarrow F_G = \frac{F_N}{\cos \alpha}$$

$$|\vec{F}_{RH}| = F = F_G \cdot \sin \alpha$$

$$= \frac{F_N}{\cos \alpha} \cdot \sin \alpha = F_N \cdot \underline{\underline{\tan \alpha}}$$

$$F_{RH} \leq \mu_0 \cdot F_N$$



$$\mu_0 = \tan \alpha$$

$$\tan 10^\circ = 0,18$$

$$\tan 20^\circ = 0,36$$

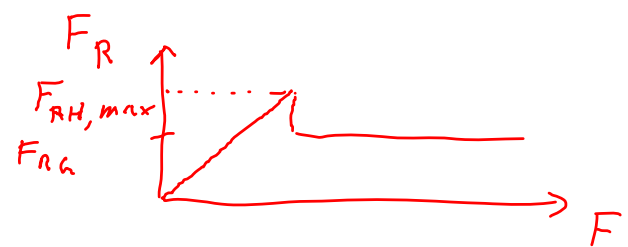
$$\tan 30^\circ = 0,58$$

$$\tan 40^\circ = 0,83$$

Reibungskräfte 

- Haftreibung $F_{RH} \leq \mu_0 \cdot F_N$

- Gleitreibung $F_{RG} = \mu \cdot F_N$



μ, μ_0 unabhängig von der Auflagefläche
 - Gleitreibung: μ_0 unabhängig von v

Reibung: Materialien

Materialkombination	Haftreibung	Gleitreibung
	μ_0	μ
Stahl auf Stahl	0,15	0,1
Stahl auf Eis	0,027	0,014
Teflon auf Stahl	0,04	0,02
Holz auf Holz	0,65	0,4...0,2
Metall auf Holz	0,6...0,5	0,5...0,2
Gummi auf Asphalt	0,9	0,85

Grund der Reibung:
 Mikroskopische Rauigkeit.



Beispiel Haftreibung

Fußgänger: maximale Beschleunigung?



Gummi sohle
Asphalt

$$F = m \cdot a_{\max}$$

$$F_{RH, \max} = \mu_0 \cdot F_N$$

$$F_N = m \cdot g$$

$$|F| = |F_{RH, \max}|$$

~~$$a_{\max} = \mu_0 \cdot g$$~~

$$a_{\max} = \mu_0 \cdot g$$

$$\mu_0 = 0,9$$

Gummi
auf
Asphalt

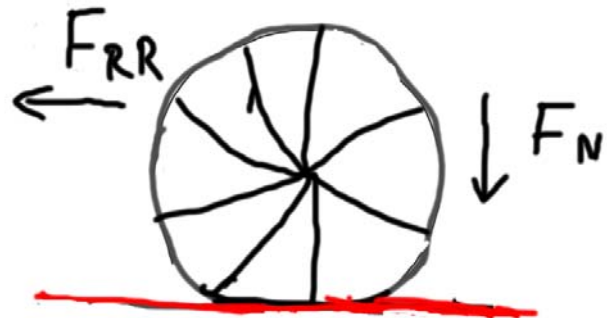
$$a_{\max} = 0,9 \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 9 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

100m Lauf

$$a = \frac{2 \cdot s}{t^2} = \frac{2 \cdot 10 \text{m}}{1,8^2 \text{s}^2} = 6 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Auto: $0 \rightarrow 100 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ in $3,6 \text{ s}$
 $\leadsto a = 7,7 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

Rollreibung



Rad verformt sich.

$$F_{RR} = \mu_{RR} F_N$$

Autoreifen auf Asphalt:

$$\mu_{RR} = 0.025.$$

800kg Auto entspricht 20 kg
bzw. ca. 196 N.

Räder mit großem Durchmesser
haben geringeren Rollwiderstand

$$F_{RR} = F_N f/r$$

Stahl auf Stahl: $f = 5 \times 10^{-4} \text{ m}$
(Eisenbahn)

Stahl auf Stahl: $f = 5 \times 10^{-6} \text{ m}$
(Kugellager)

3.9 Trägheitskraft und Bezugssysteme

Inertialsystem: System in dem das

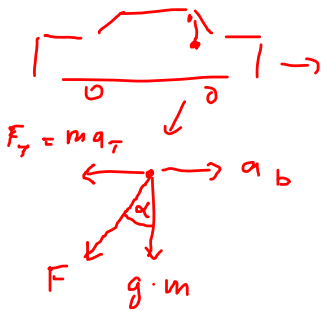
1. Newtonsche Axiom gilt

$$F = 0 \rightarrow v = \text{const.}$$

$v = \text{const.}$

Beschleunigte Bezugssysteme:

$$\boxed{\text{Trägheitskraft} \quad F_T = -m \cdot a_B}$$



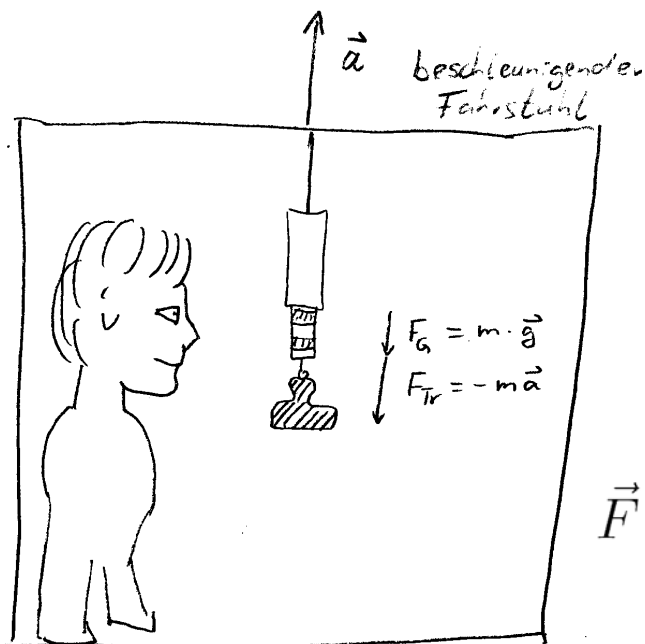
$$a_B = 4 \text{ m/s}^2$$

$$g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$\tan \alpha = \frac{m a_T}{m g} = \frac{4 \text{ m/s}^2}{9,81 \text{ m/s}^2} = 0,41$$

$$\alpha = 22^\circ$$

Kraft in beschleunigtem Bezugssystem



Beobachter sieht auf
Newtonmeter Gewichtskraft
+ Trägheitskraft.

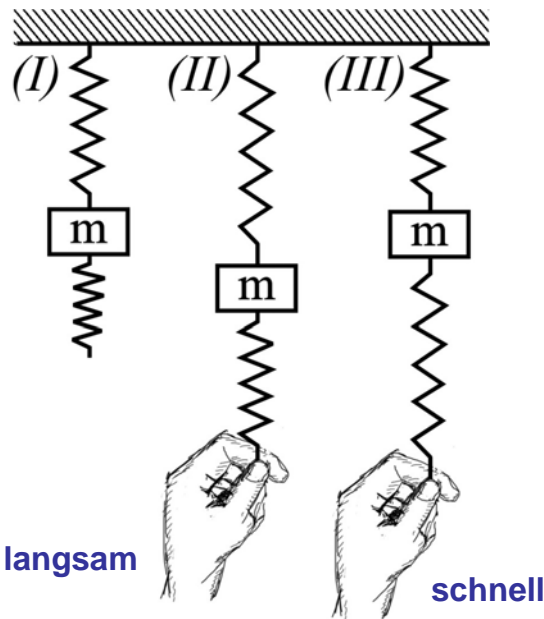
$$\vec{F} = m(\vec{g} - \vec{a})$$

Falls $\vec{a} = \vec{g}$ folgt

$$\vec{F} = 0 \text{ (Schwerelosigkeit)}$$

Beobachter in beschleunigten Bezugssystem kann nicht zwischen Gewichtskraft und Trägheitskraft unterscheiden (wichtig in Einsteins Gravitationstheorie).

Beispiele für Trägheitskräfte



Vorlesungsversuch mit Fäden zeigt das gleiche Verhalten.

Versuch: Klorolle

- (I) Ausgangssituation
- (II) Langsames ziehen, obere Feder reißt.
- (III) Schnelles ziehen, untere Feder reißt.

Erklärung:

Bei (III) muss die (träge) Masse schnell beschleunigt werden. Dies erfordert große Kraft in der unteren Feder \Rightarrow Feder reißt unten.

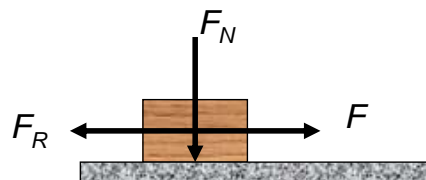
Bei (II) muss die Masse (fast) nicht beschleunigt werden, nur die Kraft für die weitere Auslenkung der oberen Feder ist erforderlich. Da diese zusätzlich die Masse trägt, reißt sie zuerst.

Zusammenfassung

- Reibungskräfte

- Haftreibung $F_{RH} \leq \mu_0 \cdot F_N$

- Gleitreibung $F_{RG} = \mu \cdot F_N$



- Inertialsystem: Bezugssysteme die dem Trägheitsgesetz ($\vec{F} = 0 \Rightarrow \vec{v} = const.$) genügen

- Trägheitskraft F_T auf Körper der Masse m im mit a_B beschleunigten Bezugssystem $\vec{F}_T = -m \vec{a}_B$