

Klassische Physik 1

Johannes Blümer

WS 2014/15

VO9, 18.11.14

KIT-Centrum Elementarteilchen- und Astroteilchenphysik KCETA



Zusammenfassung v08

- (Gesamt-)Impulserhaltung, falls **keine äußere Kraft auf System wirkt**

$$\sum_i \vec{p}_i = \text{konst.}$$

- (Gesamt-)Energieerhaltung, falls **keine äußere Arbeit am System verrichtet wird**

$$\sum_i E_i = \text{konst.}$$

- Raketengleichung: Beschleunigung eines Körpers durch Massenausstoß

$$v = v_G \ln \frac{m_0}{m_1}$$

v Endgeschwindigkeit der Rakete m_0 Anfangsmasse
 v_G Ausströmgeschwindigkeit m_1 Endmasse

- Stoßgesetze (Nutzung von Impuls und Energieerhaltung)

- **Elastischer Stoß**: kinetische Energie bleibt erhalten

$$\sum_i \vec{p}_i = \sum_i \vec{p}_i' \quad \sum_i E_{\text{kin},i} = \sum_i E'_{\text{kin},i}$$

Bei zwei Körpern
 $v_1 - v_2 = -(v_1' - v_2')$

- **(Völlig) Inelastischer Stoß**: kinetische Energie wird umgewandelt

$$\sum_i \vec{p}_i = \sum_i \vec{p}_i' \quad v_i' = v'$$

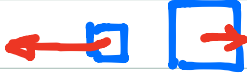
Bei zwei Körpern und $v_2 = 0$

$$v' = \frac{m_1}{m_1 + m_2} v_1 \quad W_{\text{stoss}} = E_{\text{kin}}^{(1)} \left(1 - \frac{m_1}{m_1 + m_2} \right)$$

V9 Einfacher Fall $v_2 = 0$



$$v_1' = v_1 \cdot \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}$$



$$v_2' = v_1 \cdot \frac{2m_1}{m_1 + m_2}$$

gleiche Massen $m_1 = m_2$: $v_1' = 0$ $v_2' = v_1$

"Massive Wand" $m_2 \gg m_1$

$v_2' = 0$, $v_1' = -v_1$: Reflektion

Elastizität e = Verhältnis der Geschwindigkeiten:

$$e = \frac{\text{rel. Rückstoßgeschw.}}{\text{rel. Annäherungsgeschw.}} = \frac{v_2' - v_1'}{v_2 - v_1}$$

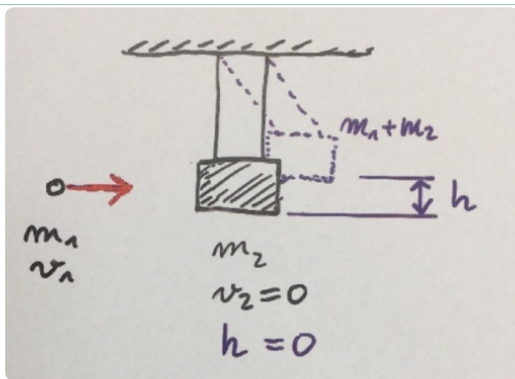
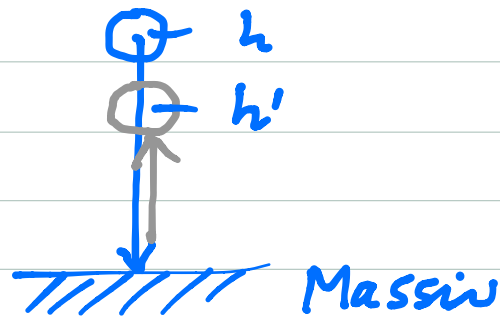
"völlig inelastisch" $| 0 \leq e \leq 1 |$ "elastisch"

Beispiel Messung

$$v_1 = \sqrt{2gh}$$

$$v_1' = \sqrt{2gh'}$$

$$e = \frac{0 - \sqrt{2gh'}}{0 - \sqrt{2gh}} = \sqrt{\frac{h'}{h}}$$



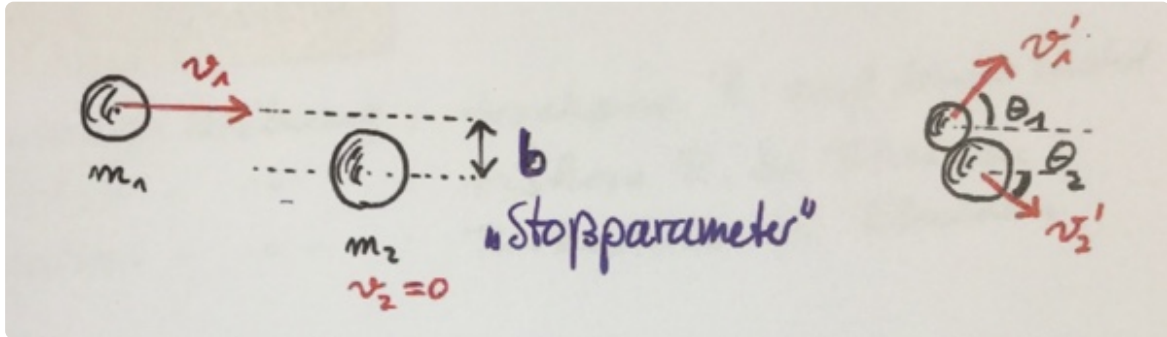
Ballistisches Pendel

Geschoss bleibt im
Absorber stecken:
inelast. Stoß,
Impulserhaltung

$$E_{kin}^{(1+2)} = E_{pot} = (m_1 + m_2)gh$$

$$\hookrightarrow v_1 = \frac{m_1 + m_2}{m_1} \sqrt{2gh}$$

Nichtzentrale Stöße



Stoßparameter

2 Vektoren in einer Ebene $\rightarrow$ 2-dim ✓
Impulssatz geht vektoriell! ($\vec{v}_2 = 0$)

$$m_1 \vec{v}_1 = m_1 \vec{v}_1' + m_2 \vec{v}_2'$$



Komponenten!

$$x: m_1 v_1 = m_1 v_1' \cos \theta_1 + m_2 v_2' \cos \theta_2$$

$$y: m_1 \cdot 0 = m_1 v_1' \sin \theta_1 - m_2 v_2' \sin \theta_2$$

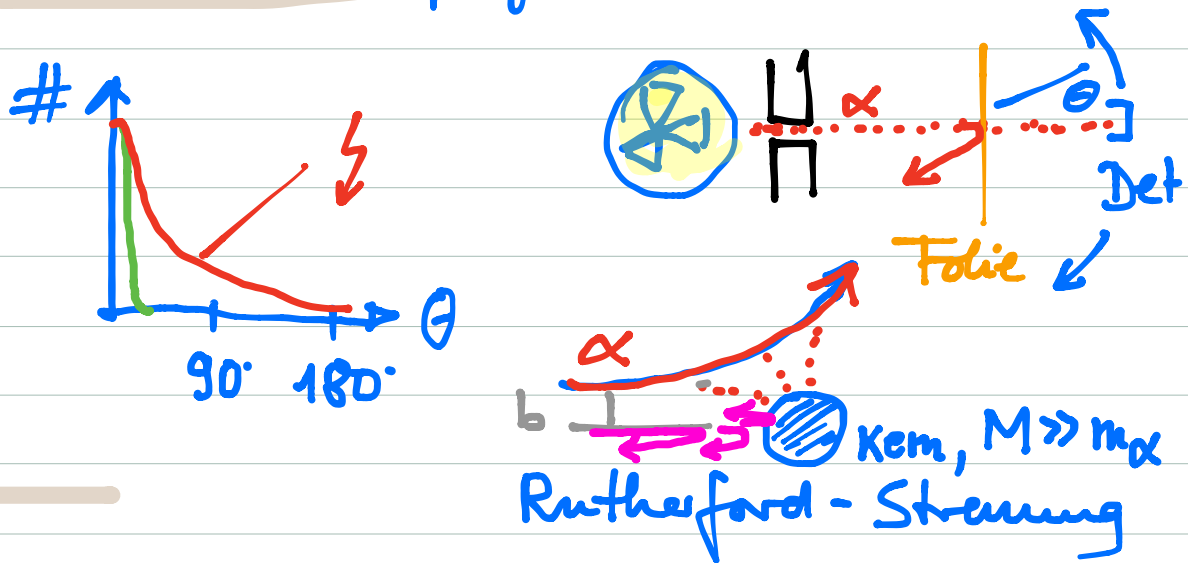
$$\text{elastischer Fall: } \frac{1}{2} m_1 v_1^2 = \frac{1}{2} m_1 v_1'^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2'^2$$

$\hookrightarrow$ 3 Glu mit 4 Unbekannten

$$v_1', v_2', \theta_1, \theta_2$$

fehlt 4. Relation ... $\leftrightarrow$ Zush. mit "b"

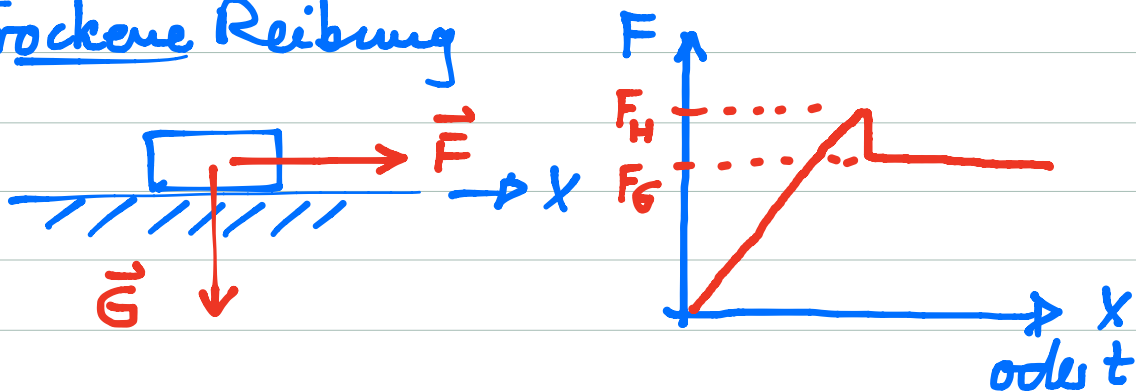
Exkurs → Kernphysik



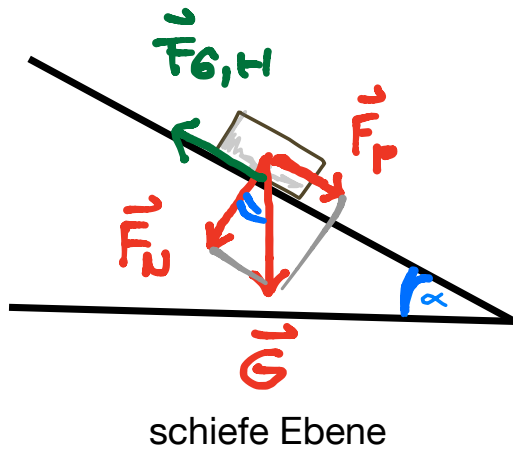
Reibung

- Unterlage
- 1) Coulomb - Reibung: 'trockene' R. auf fester
 - 2) Stokes - " : viskose R. in Fluiden
 - 3) Newton - " : Turbulenz in Fluiden

Trockene Reibung



$F_H > F_G$ Haftreibung > Gleitreibung



$$\vec{G} = \text{Gewichtskraft} \\ = m \cdot \vec{g}$$

$$\vec{F}_N \text{ Normalkraft} \\ \perp \text{ Oberfläche}$$

$$\vec{F}_P \text{ Parallelkraft} \\ \parallel \text{ Oberfläche}$$

$$F_G = \mu_G \cdot F_N$$

$$F_H = \mu_H \cdot F_N$$

'Rollreibung': $F_R \approx \text{konst} \ll F_G, F_H$

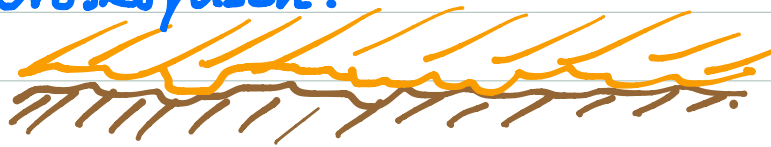
Stillstand: $\sum F_x = 0 \quad \sum F_y = 0$
auf d. schiefen Ebene

$$\left. \begin{array}{l} x: mg \sin \alpha - F_H = 0 \\ y: F_N - mg \cos \alpha = 0 \end{array} \right\} F_H = F_N \cdot \tan \alpha$$

$\alpha \rightarrow \alpha_{\max}$ bis Körper rutscht

$$\hookrightarrow \mu_H = \tan \alpha_{\max}$$

mikroskopisch:



"Verzahnungen"

$$\mu_H > \mu_B$$

Techn. Materialpaarungen

	μ_H	μ_B		μ_r
Stahl-Stahl	0.7	0.6		0.001 *
Juni-Beton	1.0	0.8	trocken	0.01 **
	0.3	0.25	nass	
Kupfer-Juni	1.1	0.3		
Teflon-Teflon	0.04	0.04		
- Stahl				

* Zug
** Auto

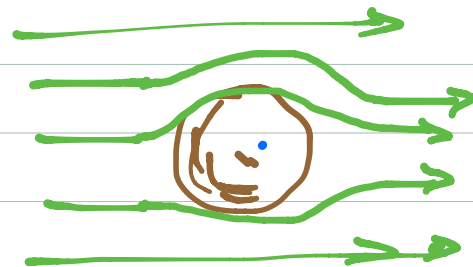
Viskose Reibung

"nicht zu große
Körper, die sich
nicht zu schnell
durch ein Fluid bewegen"

L gas, Flüssigkeit

ohne

Turbulenz



$$\vec{F}_R = -6\pi \eta r \vec{v}$$

für eine Kugel mit Radius r

$F_R \propto v$! η "Viskosität"

Newton-Reibung

Turbulente Strömung

$$\vec{F}_R = -\frac{1}{2} C_w \rho A v \vec{v}$$



Querschnitt des Körpers

Widerstandskoeff. C_w -Wert



ρ Dichte

$$F_R \propto C_w \cdot v^2 A$$

technisch
optimieren

"Schade"