

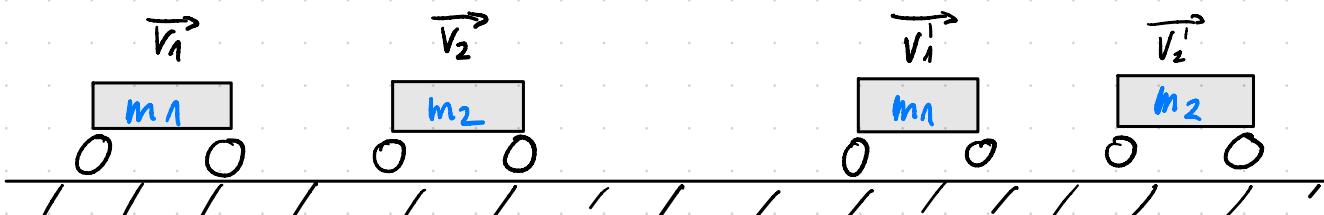
### 8.4.1 Güterwagen 1

Ein Güterwagen von 30 Tonnen Masse stößt auf einer horizontalen Strecke elastisch mit einer Geschwindigkeit von 5 km/h gegen einen zweiten Güterwagen von 50 Tonnen Masse. Bestimme die Geschwindigkeiten beider Wagen nach dem Stoß!

elastischer Stoß gegen einen ruhenden Körper:  $m_1 = 30t$ ;  $m_2 = 50t$

$$v_1 = 5 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

Vorher



Nachher

Formeln:

$$\vec{v}_1' = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} \cdot \vec{v}_1 \quad \text{und} \quad \vec{v}_2' = \frac{2m_1}{m_1 + m_2} \cdot \vec{v}_1$$

Projektion auf ( $Ox$ ):

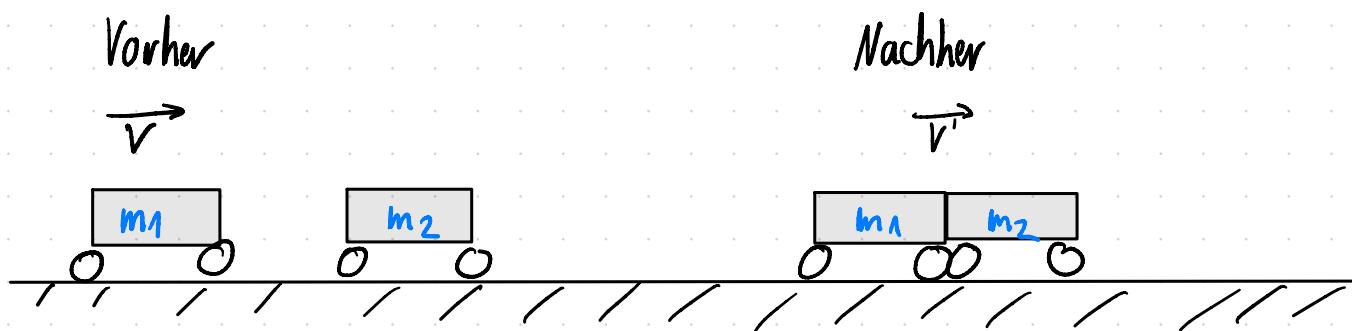
$$\begin{aligned} v_1' &= \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} \cdot v_1 \\ &= \frac{30t - 50t}{30t + 50t} \cdot 5 \frac{\text{km}}{\text{h}} \\ &= -1,25 \frac{\text{km}}{\text{h}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} v_2' &= \frac{2m_1}{m_1 + m_2} \cdot v_1 \\ &= \frac{2 \cdot 30t}{30t + 50t} \cdot 5 \frac{\text{km}}{\text{h}} \\ &= 3,75 \frac{\text{km}}{\text{h}} \end{aligned}$$

### 8.4.2 Güterwagen 2

Ein Güterwagen von 30 Tonnen Masse stößt auf einer horizontalen Strecke mit einer Geschwindigkeit von 5 km/h gegen einen zweiten Güterwagen von 50 Tonnen Masse. Dabei koppeln sich beide Wagen. Bestimme die Zunahme der thermischen Energie beider Wagen!

## unelastischer Stoß:



Impulserhaltung:

$$\vec{P} = \vec{P}' \Leftrightarrow m_1 \cdot \vec{v}_1 = (m_1 + m_2) \cdot \vec{v}'$$

$$\Leftrightarrow \vec{v}' = \frac{m_1}{m_1 + m_2} \cdot \vec{v}_1$$

Projektion auf ( $Ox$ ):

$$v' = \frac{m_1}{m_1 + m_2} \cdot v$$

$$= \frac{30t}{30t + 50t} \cdot 5 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

$$= 1,8 \text{ g } \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

$$= 0,52 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

### 8.4.3 Kugeln aus Stahl

Eine Kugel aus Stahl stößt auf einer Schiene geführt gegen mehrere identische Kugeln, die hintereinander liegen und sich gegenseitig berühren. Begründe, dass nur die letzte Kugel in der Reihe wegfliegt!

Das System ist geschlossen, daher gelten der Impulserhaltungssatz sowie Energieerhaltungssatz.

Stößt die Kugel auf die anderen Kugeln so überträgt sich der Impuls komplett auf die anderen Kugeln. Da der Impuls hier:  $\vec{P} = m \cdot \vec{v}$  ist und jede Kugel über die gleiche Masse verfügt, stößt also nur eine Kugel der mehreren ab, also hier die letzte der Kugeln.

#### 8.4.4 Projektil und Holzklotz

Ein Geschoss der Masse  $m = 10 \text{ g}$  trifft auf einen Holzklotz der Masse  $M = 5 \text{ kg}$  und bleibt in diesem stecken. Dabei verrutscht der Holzklotz horizontal um die Strecke  $d = 5 \text{ cm}$ . Die Gleitreibungszahl zwischen dem Holzklotz und der Unterlage beträgt  $\mu = 0,6$ .

- Bestimme die Geschwindigkeit des Holzklotzes, kurz nachdem er getroffen wurde!
- Bestimme den Betrag  $v$  der ursprünglichen Geschwindigkeit des Geschosses

Gegeben:

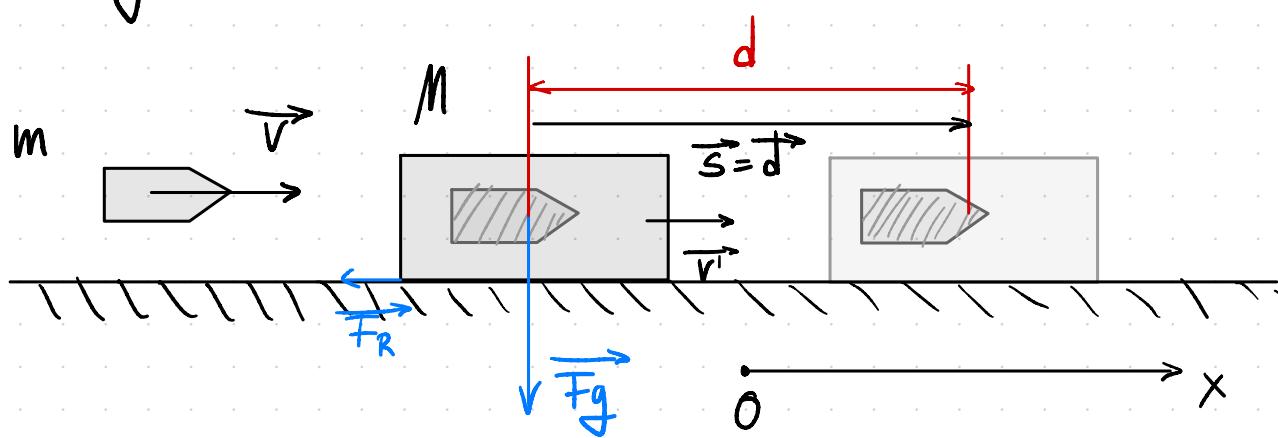
Masse des Geschosses:  $m = 10 \text{ g}$

Masse des Holzklotzes:  $M = 5 \text{ kg}$

Strecke:  $s = d = 5 \text{ cm}$

Gleitreibungszahl:  $\mu = 0,6$

Zeichnung:



a. Zuerst wird der Energiesatz für den gerade vom Geschoss getroffen und rutschenden Holzblock angewandt.

System: Erde + Holzblock (mit Geschoss). Äussere wirkende Kraft: Gleitreibungskraft  $\vec{F}_r$  zwischen Holzklotz und Boden. Es gilt  $W(\vec{F}_r) \neq 0$ . Daher bleibt die mechanische Energie nicht erhalten,  $\Delta E \neq 0$  und es gilt für die Änderung der mechanischen Energie:

$$\Delta E = W(\vec{F}_r) \Leftrightarrow E_{\text{End}} - E_{\text{Anf}} = W(\vec{F}_r)$$

$$\Leftrightarrow E_{\text{End}} - E_{\text{Anf}} = -F_r \cdot s$$

$$\Leftrightarrow O - E_{\text{kin}} = -F_r \cdot s$$

$$\Leftrightarrow -\frac{1}{2} \cdot (M+m) \cdot v'^2 = -M(M+m) \cdot g \cdot s$$

$$\Leftrightarrow \frac{1}{2} v'^2 = M \cdot g \cdot s$$

$$\Leftrightarrow v' = \sqrt{2 \cdot M \cdot g \cdot s}$$

$$= \sqrt{2 \cdot 0,6 \cdot 9,81 \cdot 0,05} \frac{m}{s}$$

$$= 0,767 \frac{m}{s}$$

b.

Dann wird der Impulserhaltungssatz für das Geschoss und den noch rutschenden Holzklotz angewandt.

unelastischer Stoß → Projektil bleibt stecken

$$\vec{p}_{\text{vor}} = \vec{p}_{\text{nach}} \Leftrightarrow \vec{p}_{\text{Geschoss}} + \vec{0} = \vec{p}_{\text{Holzklotz}}$$

$$\Leftrightarrow m \cdot \vec{v} = (M+m) \cdot \vec{v}'$$

$$\Leftrightarrow \vec{v} = \frac{M+m}{m} \cdot \vec{v}'$$

Da alle Körper sich nach rechts bewegen, kann projiziert und mit den Beträgen gearbeitet werden:

$$\Rightarrow v = \frac{M+m}{m} \cdot v'$$

$$= \frac{5+0,010}{0,010} \cdot 0,767 \frac{m}{s}$$

$$= 384 \frac{m}{s}$$

#### 8.4.4 Messung der Geschwindigkeit eines Projektils

Die Geschwindigkeit eines Projektils kann bestimmt werden, indem man es in einen Pendelkörper schießt, in dem das Projektil stecken bleibt. Der Pendelkörper und das darin steckende Geschoss führen dann eine Schwingung durch.

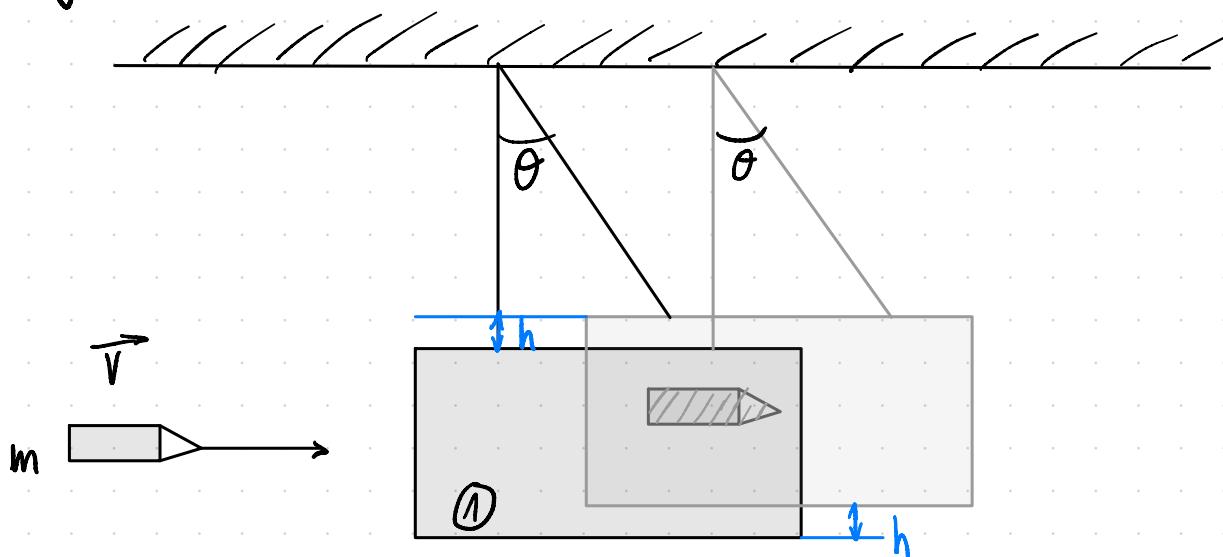
Bestimme die Geschwindigkeit des Projektils vor dem Aufprall, wenn die Masse des Projektils  $m = 9,5 \text{ g}$  beträgt, die des Pendelkörpers  $M = 5,5 \text{ kg}$  und das Pendel eine maximale Hubhöhe von  $6,3 \text{ cm}$  erreicht!

Masse des Geschosses:  $m = 9,5 \text{ g}$

Masse des Holzklotzes:  $M = 5,5 \text{ kg}$

Hubhöhe:  $h = 6,3 \text{ cm}$

Zeichnung:



Zuerst wird der Impulserhaltungssatz für das Projektil und den Holzklotz angewandt.

unelastischer Stoß → Projektil bleibt stecken

$$\overrightarrow{P_{\text{vor}}} = \overrightarrow{P_{\text{nach}}} \Leftrightarrow \overrightarrow{P_{\text{Projektil}}} + \overrightarrow{0} = \overrightarrow{P_{\text{Holzklotz}}}$$

$$\Leftrightarrow m \cdot \overrightarrow{v} = (M+m) \cdot \overrightarrow{v'}$$

$$\Leftrightarrow \overrightarrow{v} = \frac{M+m}{m} \cdot \overrightarrow{v'}$$

Da alle Körper sich nach rechts bewegen, kann projiziert und mit den

Beträgen gearbeitet werden.

$$\Rightarrow v = \frac{M+m}{m} \cdot v' \quad ①$$

Dann kann der Energieerhaltungssatz für den sich bewegende Holzklotz angewandt werden. System: Erde + Holzklotz (mit Geschoss). Keine äußeren wirkenden Kräfte. Daher bleibt die mechanische Energie erhalten,  $\Delta E = 0$ .

$$\Delta E = 0 \Leftrightarrow E_{\text{End}} - E_{\text{Anf}} = 0$$

$$\Leftrightarrow E_{\text{Lage}} - E_{\text{kin}} = 0$$

$$\Leftrightarrow E_{\text{kin}} = E_{\text{Lage}}$$

$$\Leftrightarrow \frac{1}{2} (M+m) \cdot v'^2 = (M+m) \cdot g \cdot h$$

$$\Leftrightarrow \frac{1}{2} v'^2 = g \cdot h$$

$$\Leftrightarrow v' = \sqrt{2 \cdot g \cdot h} \quad ②$$

Durch Einsetzen von ① in ② kann die Geschwindigkeit  $v$  des Geschosses in Abhängigkeit der Hubhöhe  $h$  bestimmt werden.

$$① \text{ in } ② \Leftrightarrow v = \frac{M+m}{m} \cdot \sqrt{2gh}$$

$$= \frac{5 + 0,095}{0,095} \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 0,063} \quad \frac{m}{s}$$

$$= 586 \frac{m}{s}$$