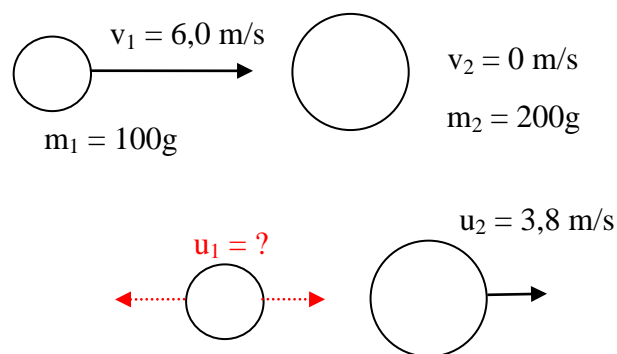


# Physik \* Jahrgangsstufe 10 \* Impulserhaltung

## 1. Zentraler Stoß zweier Kugeln

$v_1$  und  $v_2$  geben die Geschwindigkeiten der beiden Kugeln vor dem Stoß,  $u_1$  und  $u_2$  die Geschwindigkeiten nach dem Stoß an.



- Bestimmen Sie die Geschwindigkeit  $u_1$  der stoßenden Kugel nach dem Stoß. In welche Richtung bewegt sich diese Kugel?
- Welcher Prozentsatz der ursprünglich vorhandenen mechanischen Energie geht bei diesem Stoß „verloren“? Was geschieht mit dieser Energie?
- Für Experten: Können Sie  $u_1$  und  $u_2$  so ermitteln, dass neben dem Impulserhaltungssatz auch noch der Energieerhaltungssatz gilt?

## 2. Nichtzentraler Stoß zweier Kugeln

$v_1$  und  $v_2$  geben die Geschwindigkeiten der beiden Kugeln vor dem Stoß,  $u_1$  und  $u_2$  die Geschwindigkeiten nach dem Stoß an.

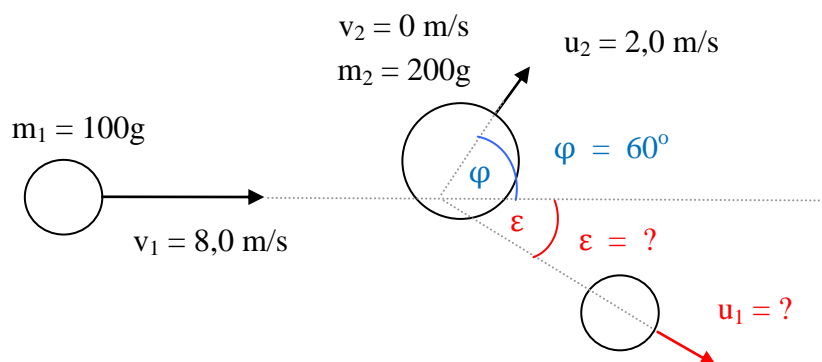
Die kleine Kugel trifft die zunächst ruhende große Kugel nicht zentral und stößt diese unter einem Winkel von  $\varphi = 60^\circ$  zur Geschwindigkeitsrichtung von  $v_1$  weg.

Auch hier gilt der Impulserhaltungssatz, allerdings müssen hier die Impulse der Kugeln als vektorielle Größen dargestellt und berechnet werden.

Bestimmen Sie die Richtungsänderung und die neue Geschwindigkeit  $u_1$  der stoßenden Kugel mit Hilfe einer möglichst genauen maßstäblichen Vektorzeichnung!

(Verwenden Sie als Maßstab  $0,10 \text{ Ns} \hat{=} 1,0 \text{ cm}$ .)

Welcher Prozentsatz der mechanischen Energie geht beim Stoß verloren?



Physik \* Jahrgangsstufe 10 \* Impulserhaltung \* Lösung

1. a)  $p_{\text{vorher}} = p_{\text{nachher}} \Leftrightarrow m_1 \cdot v_1 = m_1 \cdot u_1 + m_2 \cdot u_2 \Leftrightarrow u_1 = \frac{m_1 \cdot v_1 - m_2 \cdot u_2}{m_1} \Leftrightarrow$

$$u_1 = \frac{100\text{g} \cdot 6,0 \frac{\text{m}}{\text{s}} - 200\text{g} \cdot 3,8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{100\text{g}} = 6,0 \frac{\text{m}}{\text{s}} - 7,6 \frac{\text{m}}{\text{s}} = -1,6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Die stoßende Kugel bewegt sich also zurück nach links.

b)  $E_{\text{vorher}} = \frac{1}{2} \cdot m_1 \cdot v_1^2 = \frac{1}{2} \cdot 0,10\text{kg} \cdot (6,0 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2 = 1,8\text{J}$

$$E_{\text{nachher}} = \frac{1}{2} \cdot m_1 \cdot u_1^2 + \frac{1}{2} \cdot m_2 \cdot u_2^2 = \frac{1}{2} \cdot 0,10\text{kg} \cdot (1,6 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2 + \frac{1}{2} \cdot 0,20\text{kg} \cdot (3,8 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2 = 1,6\text{J}$$

$$\frac{\Delta E}{E_{\text{vorher}}} = \frac{E_{\text{nachher}} - E_{\text{vorher}}}{E_{\text{vorher}}} = \frac{1,6\text{J} - 1,8\text{J}}{1,8\text{J}} = \frac{-0,2}{1,8} = -0,11 = -11\%$$

11 % der mechanischen Energie gehen „verloren“. Diese Energie dient zum Verformen der Kugeln und zu deren Erwärmung.

c) (1)  $m_1 \cdot v_1 = m_1 \cdot u_1 + m_2 \cdot u_2 \Leftrightarrow v_1 = u_1 + 2 \cdot u_2$  (wegen  $m_2 = 2 \cdot m_1$ )

(2)  $\frac{1}{2} \cdot m_1 \cdot v_1^2 = \frac{1}{2} \cdot m_1 \cdot u_1^2 + \frac{1}{2} \cdot m_2 \cdot u_2^2 \Leftrightarrow v_1^2 = u_1^2 + 2 \cdot u_2^2$

Setze  $u_1 = v_1 - 2 \cdot u_2$  aus (1) in (2) ein:

$$v_1^2 = (v_1 - 2u_2)^2 + 2u_2^2 \Leftrightarrow v_1^2 = v_1^2 - 4u_2v_1 + 4u_2^2 + 2u_2^2 \Leftrightarrow 0 = 6u_2^2 - 4u_2v_1 \Leftrightarrow$$

$$0 = 2u_2 \cdot (3u_2 - 2v_1) \Leftrightarrow u_2 = \frac{2}{3}v_1 = 4,0 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad (\text{oder } u_2 = 0, \text{ d.h. Kugel trifft nicht!})$$

$$u_1 = v_1 - 2 \cdot u_2 = v_1 - 2 \cdot \frac{2}{3}v_1 = -\frac{1}{3}v_1 = -\frac{1}{2} \cdot u_2 = -2,0 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

2. Vektordiagramm der Impulse

Impuls vorher

$$p_1 = m_1 \cdot v_1 = 0,10\text{kg} \cdot 8,0 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 0,80\text{Ns}$$

Impuls nachher:

$$p_2' = m_2 \cdot u_1 = 0,20\text{kg} \cdot 2,0 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 0,40\text{Ns}$$

$p_1' \approx 0,69\text{Ns}$ , da der rote Vektor im Diagramm die Länge 6,9cm hat.

$$u_1 = \frac{p_1'}{m_1} = \frac{0,69\text{Ns}}{0,10\text{kg}} = 6,9 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Nach dem Diagramm wird die kleine Kugel um  $30^\circ$  aus der ursprünglichen Bewegungsrichtung abgelenkt.

$$E_{\text{vorher}} = \frac{1}{2} \cdot m_1 \cdot v_1^2 = \frac{1}{2} \cdot 0,10\text{kg} \cdot (8,0 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2 = 3,2\text{J}$$

$$E_{\text{nachher}} = \frac{1}{2} \cdot m_1 \cdot u_1^2 + \frac{1}{2} \cdot m_2 \cdot u_2^2 = \frac{1}{2} \cdot 0,10\text{kg} \cdot (6,9 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2 + \frac{1}{2} \cdot 0,20\text{kg} \cdot (2,0 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2 = 2,8\text{J}$$

$$\frac{\Delta E}{E_{\text{vorher}}} = \frac{E_{\text{nachher}} - E_{\text{vorher}}}{E_{\text{vorher}}} = \frac{2,8\text{J} - 3,2\text{J}}{3,2\text{J}} = \frac{-0,4}{3,2} \approx -0,13 = -13\%$$

Ungefähr 13% der mechanischen Energie gehen verloren.

