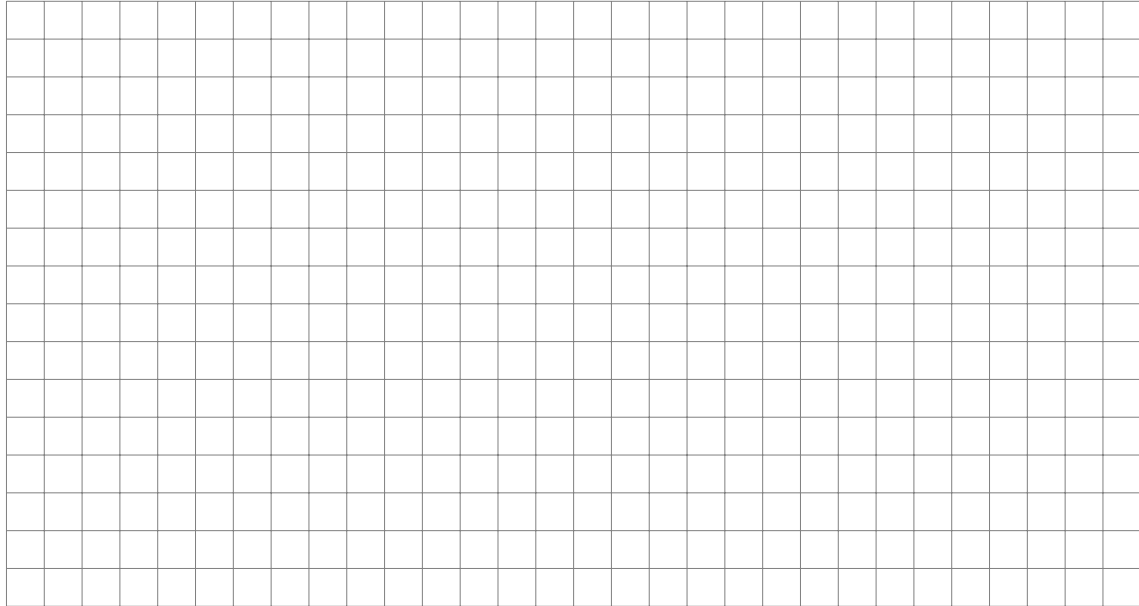


Aufgabe 1

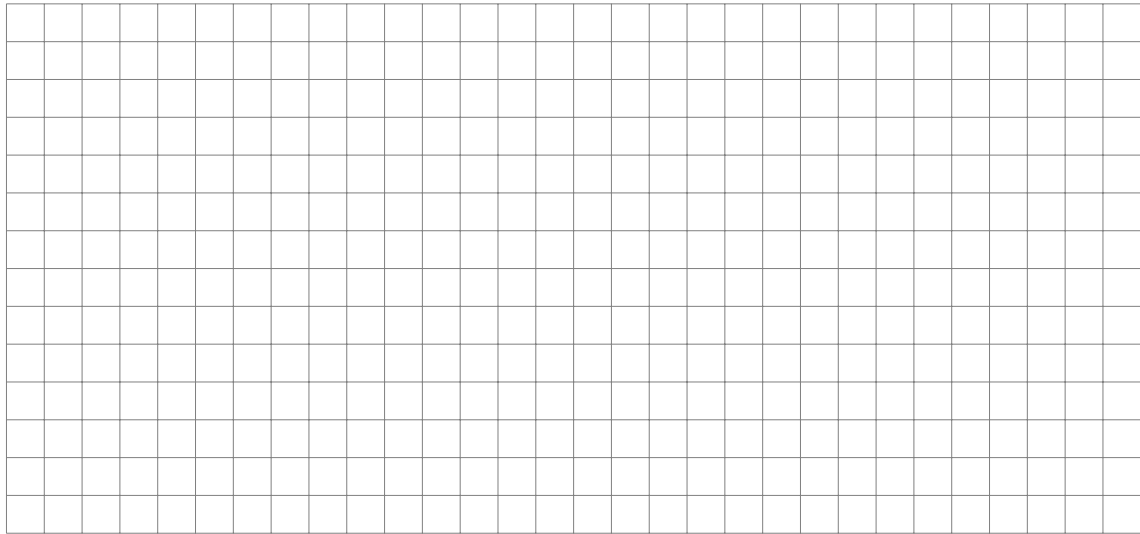
Ein PKW mit der Masse 1400 kg und der Geschwindigkeit $36 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ erhält von einem von hinten auffahrenden Wagen einen Kraftstoß 2400 N s.

- (a) Wie groß ist seine Geschwindigkeit unmittelbar nach dem Unfall?
- (b) Welchen Kraftstoß erfuhr ein Insasse mit der Masse 70 kg?
- (c) Welche Welche Kraft wirkte auf das Fahrzeug, wenn es 0,5 s lang beschleunigt worden ist?

**Aufgabe 2**

Ein Eisenbahnwagen mit der Masse 10 t rollt mit einer Geschwindigkeit $1,6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ gegen einen Prellbock, von dem er nach 0,4 s gleich schnell zurückprallt. Wie groß sind

- (a) die Impulsänderung,
- (b) der Kraftstoß,
- (c) die mittlere Kraft auf den Wagen bzw. auf den Prellbock?

**Aufgabe 3**

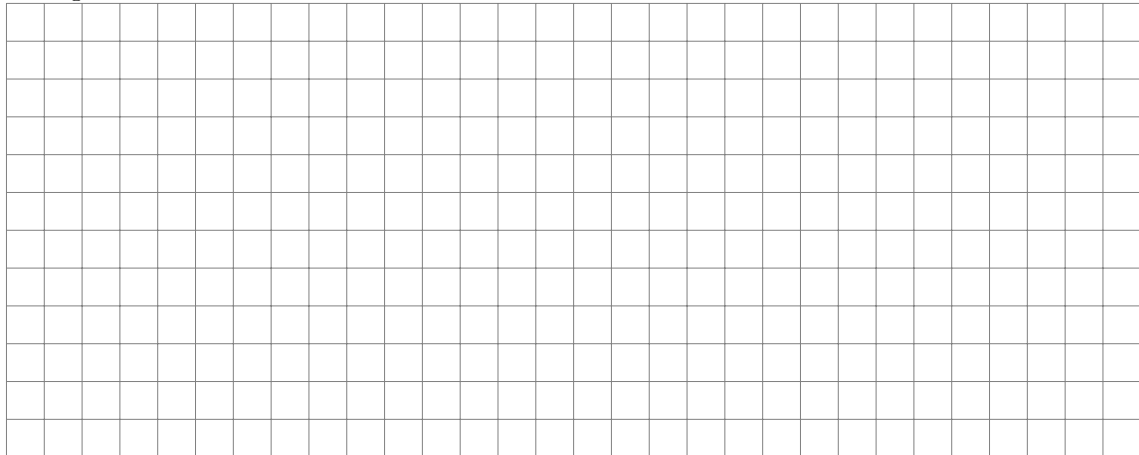
Ein Hammer (Masse $0,2\text{ kg}$) trifft mit der Geschwindigkeit $8\frac{\text{m}}{\text{s}}$ einen Nagel, der 5 ms lang in das Holz getrieben wird. Wie groß sind

- (a) die Impulsänderung des Hammers,
- (b) der Kraftstoß auf den Hammer,
- (c) die Kraft auf den Nagel?

**Aufgabe 4**

Ein Auto mit der Masse $m_1 = 800\text{ kg}$ fährt frontal mit einer Geschwindigkeit $v = 80\frac{\text{km}}{\text{h}}$ gegen einen Brückenpfeiler. Es verhält sich dabei vollkommen plastisch, was die totale Zerstörung des Autos zur Folge hat. Der Brückenpfeiler hat eine Masse $m_2 = 15\,000\text{ kg}$. Wie groß ist die hypothetische Geschwindigkeit v , mit der sich kurzzeitig beide Massen

bewegen?

**Aufgabe 5**

Beim Schmieden eines Werkstückes wird ein 1000 g Hammer verwendet. Die Hammergeschwindigkeit beim Auftreffen beträgt $5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, und der Schmiedeweg (Maß der Werkstückdeformation) beträgt 0,75 mm. Dies bedeutet, dass der Hammer auf einem Weg von 0,75 mm vollkommen abgebremst wird. Berechnen Sie die mittlere Hammerkraft.

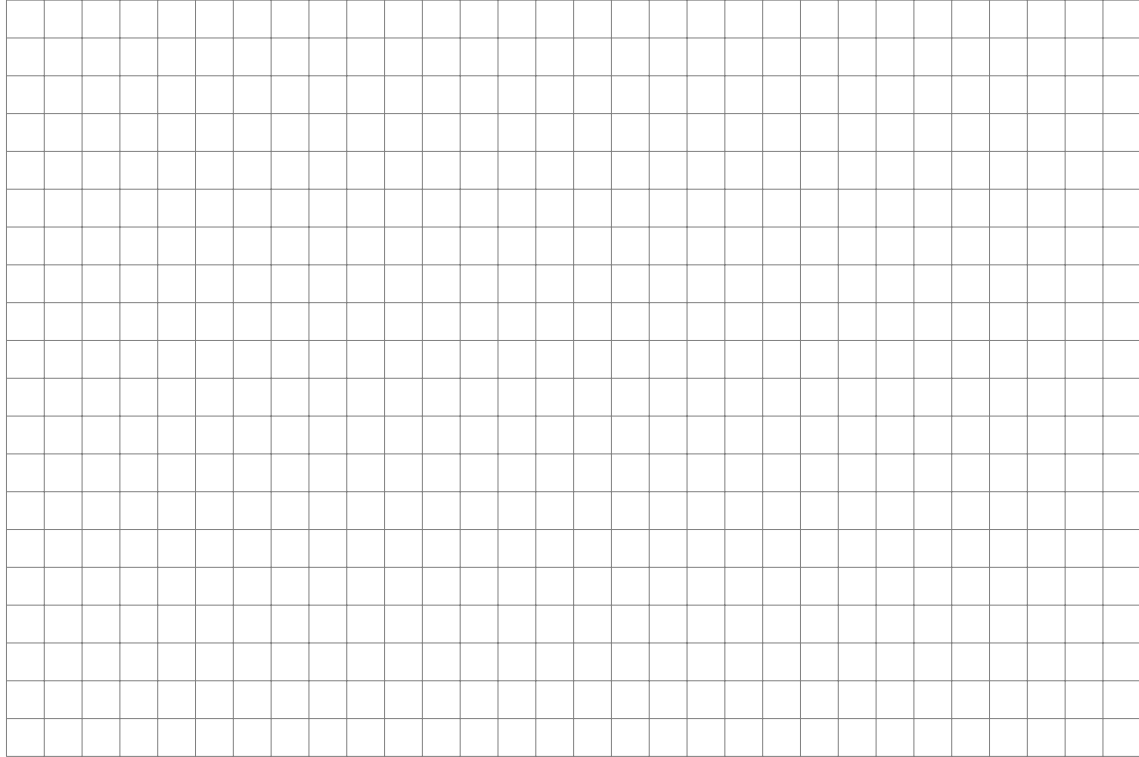
**Aufgabe 6**

Ein Rakete hat eine Masse von $m_2 = 200 \text{ t}$. Bei einer Ausströmgeschwindigkeit der Gase von $v = 270 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ wird in der Sekunde $\Delta m = 300 \text{ kg}$ Raketentreibstoff verbrannt.

- (a) Stellen Sie eine Impulsbilanz für das System Rakete/Treibstoff auf, und zwar für den Zustand vor dem Start und für den Zustand nach dem Start, bei dem die Verbrennungsgase mit v_1 ausströmen.

	Impuls Treibstoff	Impuls der Rakete	Gesamtimpuls des Systems Rakete/Treibstoff
vor dem Start	$p_1 =$	$p_2 =$	$p =$
nach dem Start	$p_1 =$	$p_2 =$	$p =$

- (b) Ermitteln Sie eine Funktion für die Geschwindigkeit $v_2 = f(v_1, m_1, m_2)$, wobei zu Beginn Rakete und Treibstoff in Ruhe waren.
- (c) Wie groß ist die Raketenbeschleunigung a ?



Lösungen zu den Aufgaben

Lösung 1 (6 Punkte)

$$v_v = 36 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

(a)

$$F \cdot \Delta t = m \cdot v_n - m \cdot v_v = m \cdot (v_n - v_v) \Rightarrow$$

$$v_n - v_v = F \cdot \frac{\Delta t}{m} = \frac{2400 \text{ N s}}{1400 \text{ kg}} = 1,71 \frac{\text{m}}{\text{s}} \Rightarrow$$

$$v_n = v_v + 1,71 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}} + 1,71 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 11,71 \frac{\text{m}}{\text{s}} = \underline{\underline{42,2 \frac{\text{km}}{\text{h}}}}$$

(b)

$$F \cdot \Delta t = m \cdot (v_2 - v_v) = 70 \text{ kg} \cdot 1,71 \frac{\text{m}}{\text{s}} = \underline{\underline{119,7 \text{ N s}}}$$

(c)

$$F = a \cdot m = \frac{v_n - v_v}{\Delta t} \cdot m = \frac{1,71 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{0,5 \text{ s}} \cdot 1400 \text{ kg} = \underline{\underline{4800 \text{ N}}}$$

$$\text{oder } F = \frac{F \cdot \Delta t}{\Delta t} = \frac{2400 \text{ N s}}{0,5 \text{ s}} = \underline{\underline{4800 \text{ N}}}$$

Lösung 2 (6 Punkte)

$$v_v = 1,6 \frac{\text{m}}{\text{s}}; \quad v_n = -1,6 \frac{\text{m}}{\text{s}}; \quad v_n - v_v = -3,2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

(a)

$$\Delta p = m \cdot (v_n - v_v) = 10\,000 \text{ kg} \cdot (-3,2 \frac{\text{m}}{\text{s}}) = \underline{\underline{-32\,000 \frac{\text{kg m}}{\text{s}}}}$$

(b)

$$F \cdot \Delta t = \Delta p = -32\,000 \frac{\text{kg m}}{\text{s}} = \underline{\underline{-32\,000 \text{ N s}}}$$

(c)

$$\text{Wagen: } F_W = \frac{F \cdot \Delta t}{\Delta t} = \frac{-32\,000 \text{ N s}}{0,4 \text{ s}} = \underline{\underline{-80\,000 \text{ N}}}$$

$$\text{Prellbock: } F_P = \underline{\underline{+80\,000 \text{ N}}}$$

Lösung 3 (6 Punkte)

(a)

$$\Delta p = m \cdot v_n - m \cdot v_v = m \cdot (v_n - v_v) = 0,2 \text{ kg} \cdot (0 - 8 \frac{\text{m}}{\text{s}}) = \underline{\underline{-1,6 \frac{\text{kg m}}{\text{s}}}}$$

(b)

$$F \cdot \Delta t = \Delta p = -1,6 \frac{\text{kg m}}{\text{s}} = \underline{\underline{-1,6 \text{ N s}}}$$

(c)

$$\text{Nagel: } F_N \cdot \Delta t = +1,6 \text{ N s} \Rightarrow F_N = \frac{+1,6 \text{ N s}}{5 \text{ ms}} = \underline{\underline{320 \text{ N}}}$$

Lösung 4 (2 Punkte)

$$\begin{aligned} v &= \frac{m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2}{m_1 + m_2} = \frac{800 \text{ kg} \cdot 80 \frac{\text{km}}{\text{h}} + 15\,000 \text{ kg} \cdot 0}{800 \text{ kg} + 15\,000 \text{ kg}} \\ &= \underline{\underline{4,051 \frac{\text{km}}{\text{h}}}} \end{aligned}$$

Lösung 5 (2 Punkte)

$$F \cdot t = m \cdot \Delta v$$

$$\text{gleichmäßig beschleunigte Bewegung: } s = \frac{\Delta v \cdot t}{2} \rightarrow t = \frac{2s}{\Delta v}$$

$$\rightarrow F \cdot \frac{2s}{\Delta v} = m \cdot \Delta v \rightarrow F = \frac{m \cdot \Delta v^2}{2 \cdot s}$$

$$F = \frac{1 \text{ kg} \cdot (5 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2}{2 \cdot 0,000\,75 \text{ m}} = \underline{\underline{16\,667 \text{ N}}}$$

Lösung 6 (6 Punkte)

	Impuls Treibstoff	Impuls der Rakete	Gesamtimpuls des Systems Rakete/Treibstoff
(a) vor dem Start	$p_1 = m_1 \cdot 0 = 0$	$p_2 = m_2 \cdot 0 = 0$	$p = p_1 + p_2 = 0$
nach dem Start	$p_1 = m_1 \cdot v_1$	$p_2 = m_2 \cdot v_2$	$p = p_1 + p_2 = m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2$

(b)

$$I = F \cdot t = \Delta p = m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2 = 0$$

(da in einem abgeschlossenen System der Gesamtimpuls konstant ist und dieser ja Null ist).

Somit:

$$m_1 \cdot v_1 = -m_2 \cdot v_2 \rightarrow v_2 = -v_1 \cdot \frac{m_1}{m_2}$$

Minuszeichen: v_2 ist v_1 entgegengerichtet

(c)

$$v_2 = -v_1 \cdot \frac{m_1}{m_2} = -270 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \frac{0,3 \text{ t}}{200 \text{ t}} = -0,405 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{-0,405 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{1 \text{ s}} = \underline{\underline{-0,405 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}}$$