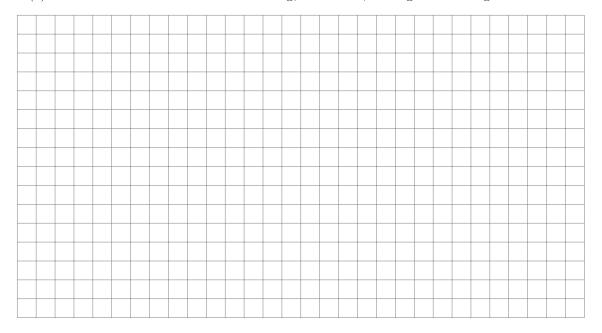
Aufgabe 1

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

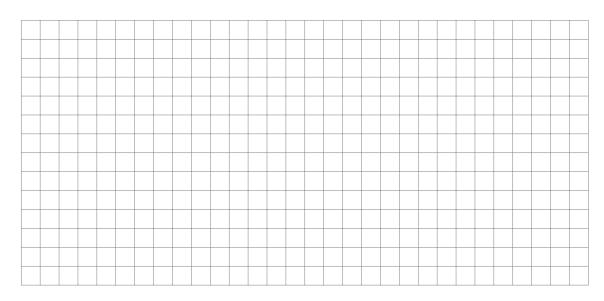
- (a) Wie groß ist seine Geschwindigkeit unmittelbar nach dem Unfall?
- (b) Welchen Kraftstoß erfuhr ein Insasse mit der Masse 70 kg?
- (c) Welche Kraft wirkte auf das Fahrzeug, wenn es 0,5 s lang beschleunigt worden ist?



Aufgabe 2

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

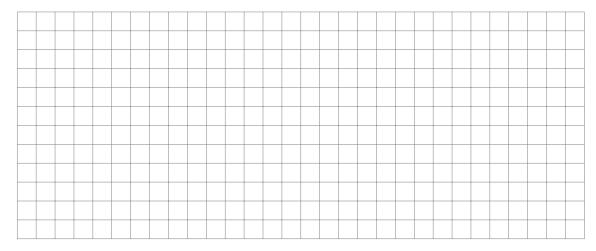
- (a) die Impulsänderung,
- (b) der Kraftstoß,
- (c) die mittlere Kraft auf den Wagen bzw. auf den Prellbock?



Aufgabe 3

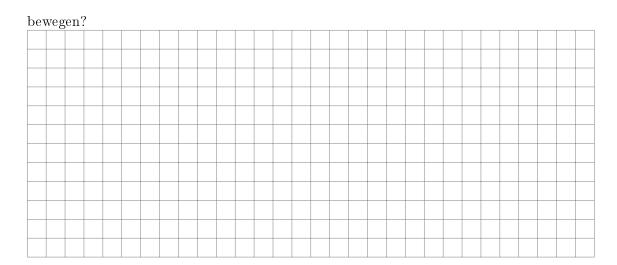
Ein Hammer (Masse $0.2\,\mathrm{kg}$) trifft mit der Geschwindigkeit 8 $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ einen Nagel, der 5 ms lang in das Holz getrieben wird. Wie groß sind

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



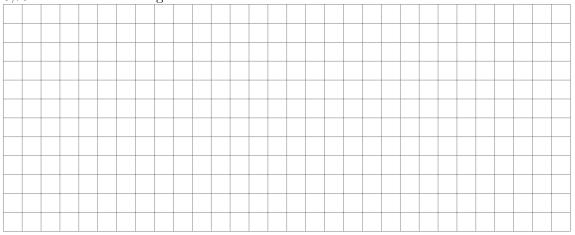
Aufgabe 4

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



Aufgabe 5

Beim Schmieden eines Werkstückes wird ein 1000 g Hammer verwendet. Die Hammergeschwindigkeit beim Auftreffen beträgt $5\,\frac{\rm m}{\rm s}$, 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 $m_2=200\,\mathrm{t}$. Bei einer Ausströmgeschwindigkeit der Gase von $v=270\,\mathrm{\frac{m}{s}}$ wird in der Sekunde $\Delta m=300\,\mathrm{kg}$ 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 Treib-	Impuls der Ra-	Gesamtimpuls des Systems
	stoff	kete	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)

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

(a)

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

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

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

(b)

$$F \cdot \Delta t = m \cdot (v_2 - v_v) = 70 \,\mathrm{kg} \cdot 1.71 \,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} = \underline{\underline{119.7 \,\mathrm{N} \,\mathrm{s}}}$$

(c)

$$F = a \cdot m = \frac{v_n - v_v}{\Delta t} \cdot m = \frac{1.71 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{0.5 \text{ s}} \cdot 1400 \text{ kg} = \underline{4800 \text{ N}}$$
oder
$$F = \frac{F \cdot \Delta t}{\Delta t} = \frac{2400 \text{ N s}}{0.5 \text{ s}} = \underline{4800 \text{ N}}$$

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)

$$\Delta p = m \cdot (v_n - v_v) = 10\,000\,\mathrm{kg} \cdot (-3.2\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}) = -32\,000\,\frac{\mathrm{kg}\,\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

(b)

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

(c)

Wagen:
$$F_W = \frac{F \cdot \Delta t}{\Delta t} = \frac{-32\,000\,\mathrm{N\,s}}{0.4\,\mathrm{s}} = \underline{-80\,000\,\mathrm{N}}$$

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

Lösung 3 (6 Punkte)

(a)

$$\Delta p = m \cdot v_n - m \cdot v_v = m \cdot (v_n - v_v) = 0.2 \,\mathrm{kg} \cdot (0 - 8 \,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}) = \underline{-1.6 \,\frac{\mathrm{kg} \,\mathrm{m}}{\mathrm{s}}}$$

(b)

$$F \cdot \Delta t = \Delta p = -1.6 \frac{\text{kg m}}{\text{s}} = \underline{-1.6 \,\text{N s}}$$

(c)

Nagel:
$$F_N \cdot \Delta t = +1.6 \,\mathrm{N\,s} \Rightarrow F_N = \frac{+1.6 \,\mathrm{N\,s}}{5 \,\mathrm{ms}} = \underline{320 \,\mathrm{N}}$$

Lösung 4 (2 Punkte)

$$v = \frac{m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2}{m_1 + m_2} = \frac{800 \,\mathrm{kg} \cdot 80 \,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}} + 15\,000 \,\mathrm{kg} \cdot 0}{800 \,\mathrm{kg} + 15\,000 \,\mathrm{kg}}$$
$$= \underbrace{4,051 \,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}}_{}$$

Lösung 5 (2 Punkte)

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

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

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

$$F = \frac{1 \text{ kg} \cdot (5 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2}{2 \cdot 0.00075 \text{ m}} = \underline{16667 \text{ N}}$$

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)

$$v_2 = -v_1 \cdot \frac{m_1}{m_2} = -270 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \frac{0.3 \text{ t}}{200 \text{ t}} = -0.405 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$
$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{-0.405 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{1 \text{ s}} = \underline{-0.405 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}$$