Departement Physik
Universität Basel
Prof. M. Poggio / PD Dr. M. Calame
T. Meier / C. Drechsel
tobias.meier@unibas.ch
c.drechsel@unibas.ch
Büro 3.04
Tel.: 061 207 37 30
http://adam.unibas.ch

Übungen und Ergänzungen zur Einführung in die Physik I

für Studierende

der Biologie, Pharmazie und Geowissenschaften

Serie 6 / 13. Oktober 2017 **Lösungen**

Aufgabe 22. (a) Es gelten die Gesetze des elastischen Stosses und für die Geschwindigkeit gilt: $v_1' = -v_2'$. Das negative Vorzeichen zeigt an, dass sich die beiden Körper in unterschiedliche Richtung wegbewegen. Nach Gleichungen (4-5) und (4-6) in Trautwein S. 39 für v_1' und v_2' ergibt sich damit:

$$\frac{(m_1 - m_2)v_1 + 2m_2v_2}{m_1 + m_2} = \frac{(m_2 - m_1)v_2 + 2m_1v_1}{m_1 + m_2}$$

$$\frac{(m_1 - m_2)v_1 + 0}{m_1 + m_2} = \frac{0 + 2m_1v_1}{m_1 + m_2}$$

$$\frac{(m_1 - m_2)v_1}{m_1 + m_2} = \frac{2m_1v_1}{m_1 + m_2}$$

$$(m_1 + m_2)v_1 = -2m_1v_1$$

$$m_1v_1 - m_2v_1 = -2m_1v_1$$

$$-m_2v_1 = -3m_1v_1$$

$$m_2 = 3m_1$$

$$\Rightarrow m_2 = 6\,kg$$

(b) Nach obiger Formel gilt:

$$v_1' = \frac{(m_1 - m_2)v_1 + 2m_2v_2}{m_1 + m_2}$$

$$\Rightarrow v_1' = -3.35\,m/s$$

Da $v_1' = -v_2'$ folgt $v_2' = 3.35\,m/s$. Alternativ kann v_2' direkt nach obiger Formel für v_2' berechnet werden. Der Geschwindigkeitsbetrag für beide Körper ist $3.35\,m/s$.

Aufgabe 23. Der rollende Wagen hat einen Impuls nur in horizontaler Richtung. Der Regen fällt senkrecht nach unten, hat also keinen horizontalen Impuls, der sich auf den Wagen übertragen könnte. Also ändert sich der Impuls des Wagen nicht. Die Masse des Wagens ändert sich jedoch - sie vermehrt sich um die Masse des angesammelten Regens. Ein Massenzuwachs bei konstantem Impuls hat eine Abnahme der Geschwindigkeit und somit eine Abnahme der kinetische Energie zur Folge.

Das gesammelte Wasser im Wagen hat die Masse m. Durch das Abfliessen wird Masse mit der Rate dm/dt fortgetragen. Desweiteren fliesst somit Impuls mit der Rate $dp/dt = dm/dt \cdot v$ ab. Der Impuls des Wagens ist somit $dP/dt = dM/dt \cdot v + M \cdot dv/dt$, wobei M die gesamte Masse des Wagens inklusive Wasser ist. Aufgrund der Impulserhaltung gilt $dP/dt = dp/dt$ und wegen Massenerhaltung zusätzlich noch $dM/dt = dm/dt$. Somit muss $dv/dt = 0$ sein und der Wagen fährt mit konstanter Geschwindigkeit weiter. Das abfliessende Wasser übt somit eine Kraft auf den Wagen aus, diese wird jedoch durch die Massenabnahme kompensiert.

Aufgabe 24. Die nach dem Fahrzeug-Crash (unelastischer Stoss) vorhandene gemeinsame Geschwindigkeit v' folgt aus dem Impulseralterungssatz:

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2) v' \quad \text{dann} \quad v' = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2}$$

Die dabei in Wärme umgewandelte Energie ist

$$\Delta E = \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} - \frac{(m_1 + m_2) v'^2}{2}$$

(a) Es ist $m_1 = m_2 = m$, $v_1 = v$ und $v_2 = -v$. Damit wird $v' = 0$ und $\Delta E = mv^2$, d.h., die gesamte ursprünglich vorhandene kinetische Energie der Fahrzeuge $E_{kin} = 2 \cdot (mv^2/2)$ geht als solche verloren und wird für die Deformation der Fahrzeuge verbraucht.

(b) Jetzt ist $v_1 = 2v$ und $v_2 = 0$. Die ursprünglich vorhandene kinetische Energie $(m/2)(2v)^2 = 2mv^2$ ist hier doppelt so gross wie im Fall (a). Es folgt $v' = v$ und $\Delta E = mv^2$. Es wird also die gleiche Menge an Bewegungsenergie in Zerstörungsarbeit umgesetzt wie im Fall (a), jedoch erhält jedes Fahrzeug nach dem Zusammenstoss noch eine kinetische Energie von $mv^2/2$.

Aufgabe 25. Wegen der Drehimpulserhaltung muss gelten, dass für ausgestreckte Arme $L_0 = J_0 \omega_0$ und angezogene Arme $L_1 = J_1 \omega_1$ der Impuls gleich ist, $L_0 = L_1$.
Nach Skript $105 - 11$ gilt $\omega_1 = \omega_0 \cdot \frac{J_0}{J_1}$ Mit den Trägheitsmomenten

$$J_0 = J_P + J_S + 2mr_0^2 = 1.95kg \cdot m^2 + 0.27kg \cdot m^2 + 2 \cdot 2kg \cdot 0.75^2 \tag{1}$$

und

$$J_1 = J_P + J_S + 2mr_1^2 = 1.95kg \cdot m^2 + 0.27kg \cdot m^2 + 2 \cdot 2kg \cdot 0.1^2 \tag{2}$$

und $\omega_0 = 1 \frac{\pi}{s}$ ergibt sich ω_1 zu $\approx 2 \frac{\pi}{s}$.

Aufgabe 26.
(a) Die Komponenten der Kraft F in z-Richtung und die, die senkrecht dazu in der x, y-Ebene liegt, sind:

$$F_z = F \cos\psi \qquad \text{und} \qquad F_\varphi = F \sin\psi$$

Die Komponenten in x- und y-Richtung sind:

$$F_x = F_\varphi \cos\varphi = F \sin\psi \cos\varphi \qquad \text{und} \qquad F_y = F_\varphi \sin\varphi = F \sin\psi \sin\varphi$$

Damit wird die Normalspannung senkrecht zur x, y-Eebene:

$$\sigma_{zz} = \frac{F_z}{A} = \frac{F}{A} \cos\psi = 70.7 \quad \text{MPa}$$

Die Schubspannungen in der x, y-Ebene in x- bzw. y-Richtung sind:

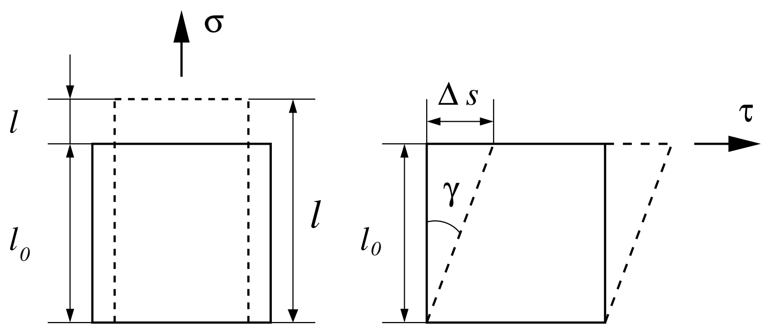
$$\tau_{zx} = \frac{F_x}{A} = \frac{F}{A} \sin\psi \cos\varphi = 61.2 \quad \text{MPa}$$
$$\tau_{zy} = \frac{F_y}{A} = \frac{F}{A} \sin\psi \sin\varphi = 35.4 \quad \text{MPa}$$

(b) Normalspannungen σ (Zug- oder Druckspannungen) erzeugen Dehnungen bzw. Stauchungen (relative Längeänderungen).

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} = \frac{l - l_0}{l_0}$$

Schubspannungen τ (Tangentialspannungen) erzeugen Scherungen (Scherwinkel):

$$\gamma \approx \tan\gamma = \frac{\Delta s}{l_0}$$



Für linear-elastische Materialien gilt das Hookesche Gesetz

$$\sigma = E\varepsilon \qquad \text{bzw.} \qquad \tau = G\gamma$$

mit E als Elastizitätmodul und G als Schub- (Scher-, Gleit- oder Torsions-)modul. Somit folgt für den Al-Würfel:

$$\varepsilon_{zz} = \sigma_{zz}/E = 9.7 \cdot 10^{-4} \text{ } (\approx 0.1\% \text{ Dehnung}) \quad \Rightarrow \quad \Delta l = \varepsilon_{zz} l_0 \approx 0.01 \quad \text{mm}$$
$$\gamma_{zx} = \tau_{zx}/G = 2.3 \cdot 10^{-3} \text{ } (\approx 0.23\% \text{ Scherung}) \quad \Rightarrow \quad \Delta s_x = \gamma_{zx} l_0 \approx 0.023 \quad \text{mm}$$
$$\gamma_{zy} = \tau_{zy}/G = 1.3 \cdot 10^{-3} \text{ } (\approx 0.13\% \text{ Scherung}) \quad \Rightarrow \quad \Delta s_y = \gamma_{zy} l_0 \approx 0.013 \quad \text{mm}$$