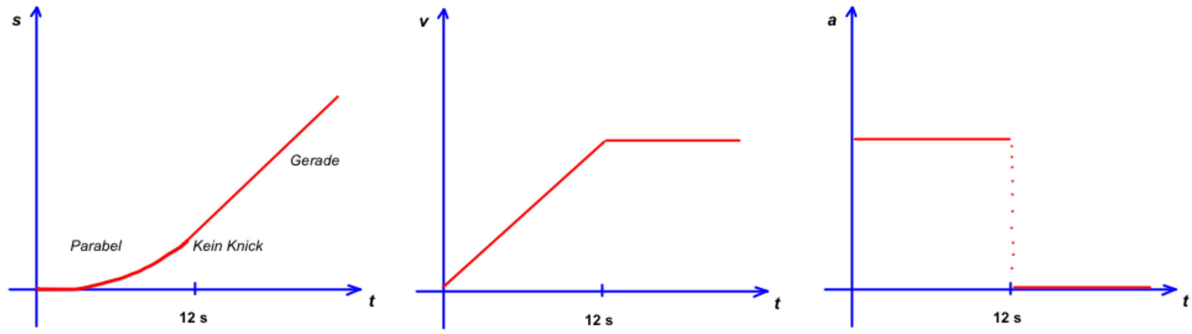
Lösungen zur Prüfung Physik 2 für CIB/BTB, WS 2015/2016

Autor: Dipl.-Phys. Marc Güßmann

Aufgabe 1: (19P)

a) (3P)



b) $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{(100:3{,}6)\,\mathrm{ms^{-1}}}{12\,\mathrm{s}} = \frac{27{,}78\,\mathrm{ms^{-1}}}{12\,\mathrm{s}} = 2{,}31\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$ (2P)

c) $s = \frac{1}{2} a \cdot t_1^2 + v \cdot t_2 = \frac{1}{2} \cdot 2{,}31\,\mathrm{ms^{-2}} \cdot (12\,\mathrm{s})^2 + 27{,}78\,\mathrm{ms^{-1}} \cdot 5\,\mathrm{s} = 166{,}32\,\mathrm{m} + 138{,}9\,\mathrm{m} = 305{,}22\,\mathrm{m}$

(3P)

d) Kurvenradius grob abgeschätzt: $r \approx 260\,\mathrm{m}$

Bedingung dafür, dass die Kurve gerade noch durchfahren werden kann, ist, dass die Zentripetalkraft durch die maximale Haftreibungskraft der Reifen auf dem Asphalt aufgebracht wird:

$$F_Z = F_{\mathrm{Reib,max}} \Rightarrow m\frac{v_{\mathrm{max}}^2}{r} = \mu \cdot mg \Rightarrow v_{\mathrm{max}} = \sqrt{\mu g r}$$

trockene Straße: $v_{\mathrm{max}} = \sqrt{0{,}7 \cdot 9{,}81\,\mathrm{ms^{-2}} \cdot 260\,\mathrm{m}} = 42{,}3\,\mathrm{ms^{-1}} = 152{,}3\,\mathrm{km/h} > 100\,\mathrm{km/h}$

nasse Straße: $v_{\mathrm{max}} = \sqrt{0{,}25 \cdot 9{,}81\,\mathrm{ms^{-2}} \cdot 260\,\mathrm{m}} = 25{,}2\,\mathrm{ms^{-1}} = 90{,}7\,\mathrm{km/h} < 100\,\mathrm{km/h}$

Wie zu erwarten kann die Kurve im Fall trockener Straße sicher, im Fall nasser Fahrbahn nicht mehr sicher mit 100 km/h durchfahren werden.
(Je nach Abschätzung des Kurvenradius kommt man natürlich zu anderen Werten.) (6P)

e) $s = \frac{1}{2} a t^2$ und $v = at$ liefern für die Bremsverzögerung $a = \frac{v^2}{2s} = \frac{(27{,}78\,\mathrm{ms^{-1}})^2}{2 \cdot 1{,}5\,\mathrm{m}} = 257{,}2\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$

Die Kraft berechnet sich gemäß dem zweiten Newtonschen Axiom:

$F = ma = 75\,\mathrm{kg} \cdot 257{,}2\,\mathrm{ms^{-2}} = 19290\,\mathrm{N} \approx 19{,}3\,\mathrm{kN}$ (3P)

f) $F = ma = m \cdot \frac{v^2}{2s} \Rightarrow F \sim v^2$

Aufgrund des quadratischen Zusammenhangs geht bei Halbierung der Geschwindigkeit die einwirkende Kraft auf ein Viertel - sprich 25 % - des ursprünglichen Wertes zurück. Dies bedeutet, dass die Kraft auf die einwirkende Person bei 50 km/h um 75 % geringer ist als bei 100 km/h. (2P)

Lösungen zur Prüfung Physik 2 für CIB/BTB, WS 2015/2016

Autor: Dipl.-Phys. Marc Güßmann

Aufgabe 2: (17P)

a) Die Luft strömt auf der Vorderseite in das Rohr. Durch die Verengung des Querschnitt erhöht sich die Strömungsgeschwindigkeit. Dadurch steigt an der Stelle 2 der Staudruck und es sinkt gemäß Bernoulli der statische Druck. Die Druckdifferenz der beiden statischen Drücke an den Stellen 1 und 2 hat eine Höhendifferenz in der Quecksilbersäule zur Folge, so dass die Anströmgeschwindigkeit gemessen werden kann. (4P)

b) Es handelt sich um die Kontinuitätsgleichung. Sie besagt, dass das Medium an einer engeren Stelle (geringerer Querschnitt) schneller fließt, das Produkt aus der Strömungsgeschwindigkeit v und der Querschnittsfläche A bezeichnet man auch als Volumenstrom, dieser bleibt konstant. Für Luft ist diese Formel nur näherungsweise gültig, da Luft im Gegensatz zu Wasser nicht inkompressibel ist. (3P)

c) Bernoulli: $p_1 + \frac{1}{2}\rho_L \cdot v_1^2 = p_2 + \frac{1}{2}\rho_L \cdot v_2^2$

Verwendet man die Kontinuitätsgleichung $A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2 \Leftrightarrow v_2 = v_1 \cdot \frac{A_1}{A_2}$, so erhält man für die Druckdifferenz

$$\Delta p = p_1 - p_2 = \frac{1}{2}\rho_L\left(v_2^2 - v_1^2\right) = \frac{1}{2}\rho_L\left(\left(\frac{A_1}{A_2}\right)^2 v_1^2 - v_1^2\right) = \frac{1}{2}\rho_L \cdot v_1^2 \cdot \left(\left(\frac{A_1}{A_2}\right)^2 - 1\right)$$

Nach Umformung erhält man: $v_1 = \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta p}{\rho_L((A_1/A_2)^2 - 1)}}$ (5P)

d) Druckdifferenz: $\Delta p = \rho_{Hg} \cdot g \cdot h = 13{,}6 \cdot 10^3\,\mathrm{kg\,m^{-3}} \cdot 9{,}81\,\mathrm{ms^{-2}} \cdot 0{,}016\,\mathrm{m} = 2134{,}7\,\mathrm{Pa}$

Querschnittsflächen: $A_1 = 4A_2 \Leftrightarrow \frac{A_1}{A_2} = 4,\ \text{da } r_1 = 2r_2 \text{ und Kreisfläche } A = \pi \cdot r^2$

Strömungsgeschwindigkeit: $v_1 = \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta p}{\rho_L((A_1/A_2)^2 - 1)}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 2134{,}7\,\mathrm{Pa}}{1{,}28\,\mathrm{kg\,m^{-3}} \cdot (4^2 - 1)}} = 14{,}9\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$

Volumenstrom:

$$\dot{V} = A_1 v_1 = \pi \cdot r_1^2 \cdot v_1 = \pi \cdot \left(10^{-2}\,\mathrm{m}\right)^2 \cdot 14{,}9\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} = 4{,}68 \cdot 10^{-3}\,\frac{\mathrm{m}^3}{\mathrm{s}} = 4{,}69\,\frac{\text{Liter}}{\mathrm{s}} = 280{,}9\,\frac{\text{Liter}}{\mathrm{min}}$$

(5P)

Lösungen zur Prüfung Physik 2 für CIB/BTB, WS 2015/2016

Autor: Dipl.-Phys. Marc Güßmann

Aufgabe 3: (24P)

a) Barometrische Höhenformel:

$$p(h) = p_0 \cdot e^{-\frac{\rho_0 g h}{p_0}} = \frac{1}{10} p_0 \Rightarrow h = \frac{p_0 \ln 10}{\rho_0 g} = \frac{10^5\,\mathrm{Pa} \cdot \ln 10}{1{,}28\,\mathrm{kg\,m^{-3}} \cdot 9{,}81\,\mathrm{ms^{-2}}} = 18{,}3\,\mathrm{km} \qquad \text{(3P)}$$

b) EES:

$$E_{pot} = E_{kin,trans} + E_{kin,rot} \Rightarrow mgh = \frac{1}{2} m v^2 + \frac{1}{2} J \omega^2$$ mit $J = \frac{2}{5} m r^2$ und $v = r\omega$ folgt:

$$mgh = \frac{1}{2} m v^2 + \frac{2}{5} m r^2 \cdot \frac{v^2}{r^2} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2gh}{1+\frac{2}{5}}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 9{,}81\,\mathrm{ms^{-2}} \cdot 1\mathrm{m}}{1+\frac{2}{5}}} = 3{,}74\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

Zeit über Durchschnittsgeschwindigkeit:

$$\bar{v} = \frac{1}{2} v \Rightarrow s = \bar{v} t = \frac{1}{2} v t \Rightarrow t = \frac{2s}{v} = \frac{2 \cdot h}{v \cdot \sin 30°} = \frac{2 \cdot 1\,\mathrm{m}}{3{,}74\,\mathrm{ms^{-1}} \cdot \frac{1}{2}} = 1{,}07\,\mathrm{s} \qquad \text{(5P)}$$

c) Leistung: (3P)

$$P = F \cdot v = \frac{1}{2} c_W A \rho v^2 \cdot v = \frac{1}{2} \cdot 0{,}25 \cdot 2\,\mathrm{m}^2 \cdot 1{,}28\,\mathrm{kg\,m^{-3}} \cdot \left(\frac{250}{3{,}6}\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right)^3 = 107{,}2\,\mathrm{kW} \cong 145{,}7\,\mathrm{PS}$$

d) $R_{12} = R_1 + R_2 = 60\,\Omega \qquad \frac{1}{R_{45}} = \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5} \Rightarrow R_{45} = 83{,}3\,\Omega \qquad R_{345} = R_3 + R_{45} = 153{,}3\,\Omega$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_{12}} + \frac{1}{R_{345}} \Rightarrow R = 43{,}1\,\Omega \qquad I = \frac{U}{R} = \frac{230\,\mathrm{V}}{43{,}3\,\Omega} = 5{,}3\,\mathrm{A} \qquad \text{(5P)}$$

e) Flugdauer über Höhe: $h = \frac{1}{2} g t^2 \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 5\,\mathrm{m}}{9{,}81\,\mathrm{ms^{-2}}}} = 1\,\mathrm{s}$

Geschwindigkeit in x-Richtung: $v_x = \frac{x}{t} = \frac{12{,}5\,\mathrm{m}}{1\,\mathrm{s}} = 12{,}5\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$

Geschwindigkeit in y-Richtung: $v_y = g \cdot t = 9{,}81\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} \cdot 1\,\mathrm{s} = 9{,}81\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$

Auftreffwinkel am Boden: $\alpha = \arctan\left(\frac{v_y}{v_x}\right) = \arctan\left(\frac{9{,}81}{12{,}5}\right) = 38{,}1°$ (4P)

(90° - 38,1° = 51,9° wäre auch in Ordnung.)

f) Energiemenge: $E = mc \cdot \Delta\vartheta = 1500\,\mathrm{g} \cdot 4{,}18\,\mathrm{Jg^{-1}K^{-1}} \cdot 75\,\mathrm{K} = 470{,}25\,\mathrm{kJ}$

Zeit: $P = \frac{E}{t} \Leftrightarrow t = \frac{E}{P} = \frac{470250\,\mathrm{J}}{3000\,\mathrm{W}} = 157\,\mathrm{s} \approx 2{,}5\,\mathrm{min}$

Stromkosten: $E = P \cdot t = 3\mathrm{kW} \cdot \frac{157}{3600}\,\mathrm{h} = 0{,}13\,\mathrm{kWh} \Rightarrow 0{,}13\,\mathrm{kWh} \cdot 27\,\frac{\mathrm{ct}}{\mathrm{kWh}} \approx 3{,}5\,\mathrm{ct}$

(4P)