

27. PHYSIKOLYMPIADE DES LANDES THÜRINGEN 2017/2018
LÖSUNGEN **2. Runde** - **KLASSENSTUFE 11** -

Lösung 27.2.11.1 (10 Punkte)

Das System wird bis die Feder entspannt ist (0,3 m) ungleichmäßig beschleunigt. (1)

Die Spannenergie der Feder $E_{Sp} = \frac{1}{2} \cdot D \cdot x_0^2 = 0,63 \text{ Nm}$ wird auf $x_0 = 0,3 \text{ m}$

umgewandelt in E_{kin} des Systems und E_{pot} des Wägestücks. (2)

$$E_{Sp} = E_{kin} + E_{pot} = \frac{1}{2} (M + m) \cdot v_0^2 + m \cdot g \cdot x_0 \Rightarrow$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{2(E_{Sp} - m \cdot g \cdot x_0)}{M + m}} = \sqrt{\frac{2(0,63 \text{ Nm} - 0,05 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,3 \text{ m})}{0,25 \text{ kg}}} = \underline{1,97 \frac{\text{m}}{\text{s}}}$$

Mit v_0 löst sich der Wagen von der Feder. (2)

Die weitere Bewegung ist durch die Gewichtskraft von m gleichmäßig verzögert und es gilt: (1)

$$(M + m) \cdot a = m \cdot g \Rightarrow a = \frac{m \cdot g}{(M + m)} = 1,96 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \text{ für den Betrag der Beschleunigung,}$$

$$t = \frac{v_0}{a} = 1 \text{ s für die Bremszeit und } x_1 = \frac{1}{2} a \cdot t^2 = 0,98 \text{ m für den Bremsweg. (2)}$$

Somit hat sich der Wagen insgesamt um 1,28 m nach rechts bewegt und das Wägestück wurde um 1,28 m gehoben. (1)

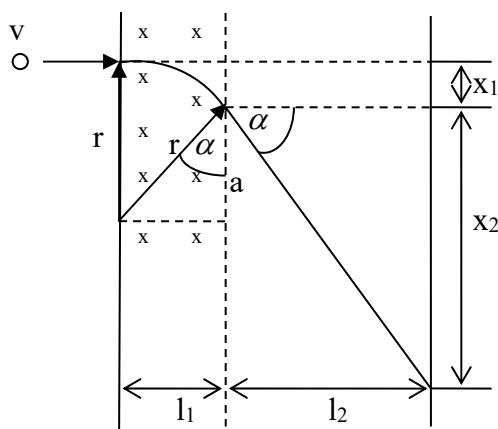
$$\text{(oder über Energieansatz: } \frac{1}{2} \cdot D \cdot x^2 = m \cdot g \cdot h \Rightarrow h = 1,28 \text{ m)}$$

Die Bewegung kehrt sich nun bis zur Ausgangslage um und beginnt von vorn. (1)

Lösung 27.2.11.2 (10 Punkte)

$$\text{a) } v = \sqrt{\frac{2 \cdot e \cdot U}{m_e}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ As} \cdot 2500 \text{ V}}{9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}}} = 2,97 \cdot 10^7 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad (2)$$

b) Man kann z.B. davon ausgehen, dass durch das Feld 1 die Ablenkung in x-Richtung und durch das Feld 2 in y-Richtung erfolgt.



$$x_1 = r_1 - a; \quad r_1 = \frac{m_e \cdot v}{e \cdot B_1}; \quad a = \sqrt{r^2 - l_1^2}$$

Mit $v = 2,97 \cdot 10^7 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, $B_1 = 2,6 \cdot 10^{-3} \text{ T}$ und $l_1 = 0,04 \text{ m}$ folgt

$$x_1 = \frac{m_e \cdot v}{e \cdot B_1} - \sqrt{\frac{m_e^2 \cdot v^2}{e^2 \cdot B_1^2} - l_1^2} = 1,38 \text{ cm} \quad (2)$$

Mit $r_1 = 6,5 \text{ cm}$ folgt

$$x_2 = l_2 \cdot \tan \alpha; \quad \sin \alpha = \frac{l_1}{r}; \quad \alpha_1 = 38,0^\circ \quad x_2 = 15,63 \text{ cm} \quad (2)$$

$$x = x_1 + x_2 = 1,38 \text{ cm} + 15,63 \text{ cm} = 17,01 \text{ cm} \quad (1)$$

Analog ergibt sich für das Feld 2:

$$\text{mit } v = 2,97 \cdot 10^7 \frac{\text{m}}{\text{s}}, B_2 = 3,2 \cdot 10^{-3} \text{ T}, l_1 = 0,04 \text{ m und } r_2 = 5,28 \text{ cm}$$

$$y_1 = 5,28 \text{ cm} - 3,44 \text{ cm} = 1,84 \text{ cm}$$

$$\alpha_2 = 49,25^\circ \quad y_2 = 23,21 \text{ cm};$$

$$y = 25,05 \text{ cm} \quad (2)$$

$$\text{Abstand: } c = \sqrt{(17,01 \text{ cm})^2 + (25,05 \text{ cm})^2} = \underline{30,28 \text{ cm}} \quad (1)$$

Lösung 27.2.11.3 (10 Punkte)

Aus dem Diagramm:

Erwärmung des Wassers: in 10 min um 3 K (2)

$$\Rightarrow \text{zugeführte Wärme in 10 min: } Q = m \cdot c \cdot \Delta\vartheta = 10 \text{ kg} \cdot 4,19 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 3 \text{ K} = 125,7 \text{ kJ} \quad (3)$$

Pro Minute werden also aus dem Raum 12,57 kJ von der Mischung aufgenommen.

Zum Schmelzen des Eises wurden somit 502,8 kJ verwendet. (2)

$$\Rightarrow m_{\text{Eis}} = \frac{Q_s}{q_s} = \frac{502,8 \text{ kJ} \cdot \text{kg}}{334 \text{ kJ}} = 1,5 \text{ kg} \quad (2)$$

Im Kübel befanden sich 1,5 kg Eis und 8,5 kg Wasser. (1)

Lösung 27.2.11.4 (10 Punkte)

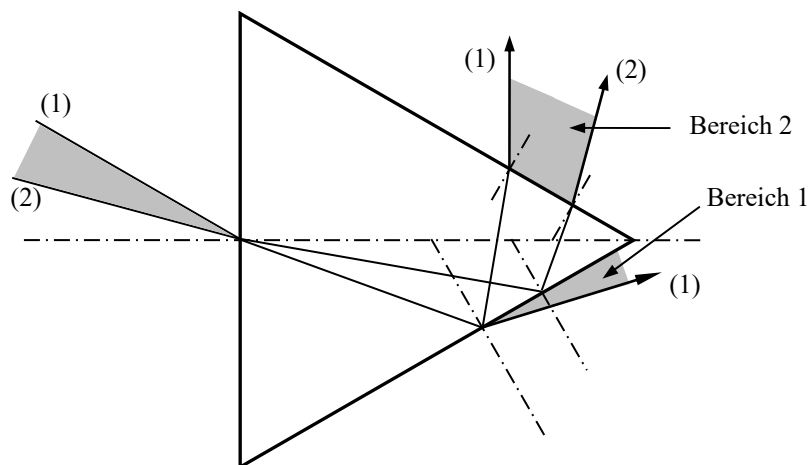
Es gelten das Brechungsgesetz: $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1}$ und das Reflexionsgesetz $\alpha = \alpha'$

Grenzwinkel der Totalreflexion: $\alpha_{\text{Grenz}} = 41,8^\circ$ (1)

Strahl (1): $\alpha_1 = 30^\circ \beta_1 = 19,5^\circ \alpha_2 = 40,5^\circ \beta_2 = 77^\circ$ (2)

Für $30^\circ < \alpha < \alpha_{\text{Grenz}}$ ist $77^\circ < \beta_2 < 90^\circ \Rightarrow$ Bereich 1 (2)

Strahl (2): $\alpha_1 = 15^\circ \beta_1 \approx 10^\circ \alpha_2 = \alpha_2' \approx 50^\circ \alpha_3 \approx 10^\circ \beta_3 = 15^\circ \Rightarrow$ Bereich 2 (2)



Zeichnung: (3)

Lösungen, die den Grenzwinkel der Totalreflexion noch stärker berücksichtigen, sind gleichwertig.
(Zeichnung hier nicht im geforderten Maßstab)