AP 2007 I (Lösung)

1.1 Es gilt: $F_{max} = D \cdot s_{max} \Rightarrow s_{max} = \frac{F_{max}}{D}$ (1)

ferner: $W_{Sp} = \frac{1}{2} D \cdot s_{max}^2 \overset{(1)}{=} \frac{1}{2} D \cdot \left(\frac{F_{max}}{D}\right)^2 = \frac{F_{max}^2}{2 \cdot D} = \frac{(42{,}0\,\text{N})^2}{2 \cdot 7{,}00 \cdot 10^2\,\frac{\text{N}}{\text{m}}} = 1{,}26\,\text{J}$

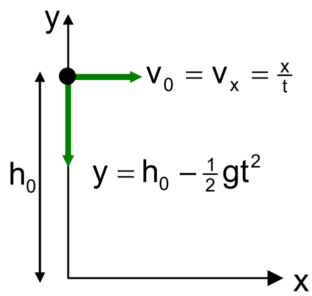
1.2 Es gilt der Energieerhaltungssatz:

$$E_{kin} = W_{Sp}$$

$$\frac{1}{2} m_1 \cdot v_0^2 = W_{Sp}$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{2 \cdot W_{Sp}}{m_1}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1{,}26\,\text{J}}{0{,}020\,\text{kg}}} = 11{,}2\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$$

1.3.1 In x-Richtung gilt: $x = v_0 t \Rightarrow t = \frac{x}{v_0}$ (2)



In y-Richtung gilt:

$$y = h_0 - \frac{1}{2} g t^2 \overset{(2)}{=} h_0 - \frac{1}{2} g \left(\frac{x}{v_0}\right)^2 = h_0 - \frac{g}{2 v_0^2} \cdot x^2$$

$$y(x) = 1{,}50\,\text{m} - \frac{9{,}81\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{2 \cdot \left(11{,}2\,\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2} \cdot x^2 = 1{,}50\,\text{m} - 0{,}0391\,\frac{1}{\text{m}} \cdot x^2$$

1.3.2 $y(x_w) = y(s) = 1{,}50\,\text{m} - 0{,}0391\,\frac{1}{\text{m}} \cdot s^2 = 0$

$$\Rightarrow \quad s^2 = \frac{1{,}50\,\text{m}}{0{,}0391\,\frac{1}{\text{m}}} \quad \Rightarrow \quad s = \sqrt{\frac{1{,}50\,\text{m}}{0{,}0391\,\frac{1}{\text{m}}}} = 6{,}19\,\text{m}$$

1.3.3 Es gilt: $F_W = m_1 \cdot a_W \Rightarrow a_W = \frac{F_W}{m_1}$ (3)

Für eine beschleunigte Bewegung gilt:

$$s(t) = \underbrace{s_0}_{0} + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 \underset{a=-a_W}{=} v_0 t - \frac{1}{2} a_W t^2 \overset{(3)}{=} v_0 t - \frac{1}{2} \cdot \frac{F_W}{m_1} \cdot t^2$$

Die Fallzeit erhält man aus der Gleichung:

$$y(t) = h_0 - \frac{1}{2} g t^2 \quad \Rightarrow \quad y(t_F) = h_0 - \frac{1}{2} g t_F^2 = 0 \quad \Rightarrow \quad t_F = \sqrt{\frac{2 \cdot h_0}{g}} \qquad (4)$$

Somit folgt:

$$s_w = s(t_F) = v_0 t_F - \frac{1}{2} \cdot \frac{F_W}{m_1} \cdot t_F^2 \overset{(4)}{=} v_0 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot h_0}{g}} - \frac{1}{2} \cdot \frac{F_W}{m_1} \cdot \frac{2 \cdot h_0}{g} = v_0 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot h_0}{g}} - \frac{F_W \cdot h_0}{m_1 \cdot g}$$

$$s_w = 11{,}2\,\frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 1{,}50\,\text{m}}{9{,}81\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}}} - \frac{50 \cdot 10^{-3}\,\text{N} \cdot 1{,}50\,\text{m}}{0{,}020\,\text{kg} \cdot 9{,}81\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 5{,}8\,\text{m}$$

2.1

$$\text{kin. Energie der Kugel} \rightarrow \begin{cases} \text{kin. Energie des Pendels} \\ \text{Wärme} \\ \text{Verformungsarbeit} \end{cases}$$

2.2 Der Stoß des Geschosses mit dem Pendelkörper erfolgt vollkommen unelastisch $\Rightarrow$ Impulserhaltungssatz

$$p_v = p_n$$

$$m_G \cdot v_G = (m_G + m) \cdot u$$

$$v_G = \frac{m_G + m}{m_G} \cdot u \qquad (5) \qquad \text{siehe auch FS S. 42}$$

Bei der Auslenkung des Pendelkörpers wird die gesamte kinetische Energie des Systems in potentielle Energie umgewandelt $\Rightarrow$ Energieerhaltungssatz

$$E_{kin_v} + \underbrace{E_{pot_v}}_{0} = \underbrace{E_{kin_n}}_{0} + E_{pot_n}$$

$$E_{kin_v} = E_{pot_n}$$

$$\tfrac{1}{2} \cdot (m_G + m) \cdot u^2 = (m_G + m) \cdot g \cdot h$$

$$u = \sqrt{2 \cdot g \cdot h} \qquad (6)$$

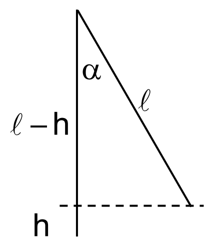
Ermittlung der Höhe h:

$$\cos\alpha = \frac{\ell - h}{\ell}$$

$$\ell \cdot \cos\alpha = \ell - h$$

$$h = \ell - \ell\cos\alpha$$

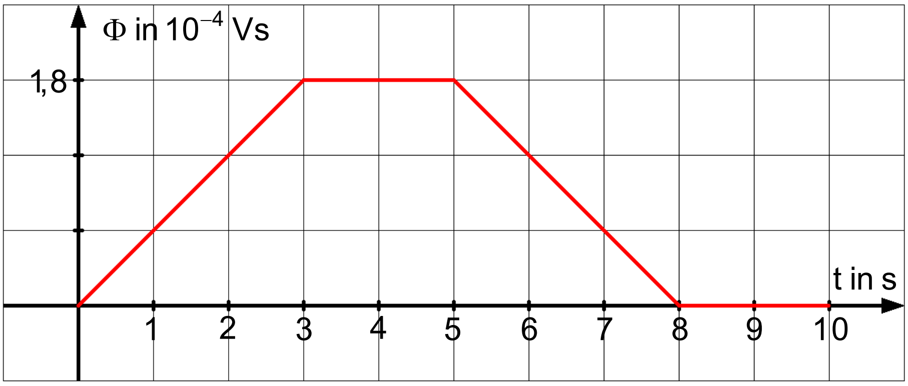
$$h = \ell \cdot (1 - \cos\alpha) \qquad (7)$$



Setzt man nun (6) in (5) und schließlich noch (7) ein, so erhält man:

$$v_G = \frac{m_G + m}{m_G} \cdot u \overset{(6)}{=} \frac{m_G + m}{m_G} \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h} \overset{(7)}{=} \frac{m_G + m}{m_G} \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot \ell \cdot (1 - \cos\alpha)}$$

3.1 Es gilt: $\Phi_{max} = B \cdot A_{max} = B \cdot b \cdot h = 0{,}075\,T \cdot 0{,}06\,m \cdot 0{,}04\,m = 1{,}8 \cdot 10^{-4}\,Vs$



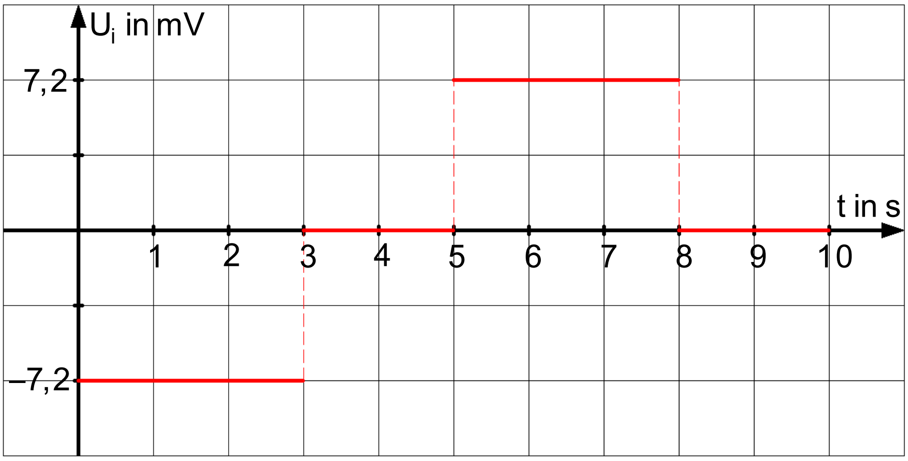
3.2 $U_i = -N_i \cdot \dot{\Phi} = -N_i \cdot \frac{d\Phi}{dt} = -N_i \cdot \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$

$0\,s \le t \le 3{,}0\,s \qquad U_i = -120 \cdot \frac{1{,}8 \cdot 10^{-4}\,Vs}{3{,}0\,s} = -7{,}2\,mV$

$3{,}0\,s \le t \le 5{,}0\,s \qquad U_i = 0 \quad \text{da } \Delta\Phi = 0$

$5{,}0\,s \le t \le 8{,}0\,s \qquad U_i = 7{,}2\,mV \quad \text{da } \Delta\Phi < 0$

$8{,}0\,s \le t \le 10{,}0\,s \qquad U_i = 0 \quad \text{da } \Delta\Phi = 0$



3.3 Es gilt: $R = \frac{|U_i|}{I} \Rightarrow I = \frac{|U_i|}{R} \quad (8)$

Für die umgesetzte elektrische Energie folgt:

$$W_{el} = |U_i| \cdot I \cdot \Delta t \overset{(8)}{=} |U_i| \cdot \frac{|U_i|}{R} \cdot \Delta t = \frac{U_i^2}{R} \cdot \Delta t = \frac{(0{,}0072\,V)^2}{60\,\Omega} \cdot 6{,}0\,s = 5{,}2 \cdot 10^{-6}\,J$$

4.1 Beobachtung:

- G_1 leuchtet sofort auf
- G_2 leuchtet etwas später auf

Erklärung:
Beim Einschalten vergrößert sich der magnetische Fluss innerhalb der Spule.

Es gilt: $\dot{\Phi} > 0$

Somit wird in der Spule eine zur Spannung U_0 entgegengerichtete Spannung

$$U_{ind} = -N_i\,\dot{\Phi} < 0$$

induziert. Dies führt im Unterschied zum R-Zweig zu einer Verzögerung des Stromanstieges im Spulenzweig.

4.2