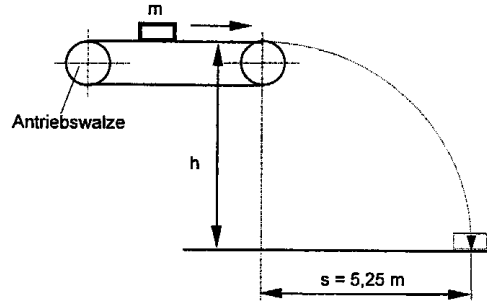


**Aufgabe 1****insg. 13 Punkte**

Ein in der Höhe  $h = 15 \text{ m}$  waagrecht angeordnetes Förderband wird von einer Antriebswalze (Durchmesser  $d = 30 \text{ cm}$ ) entsprechend der Skizze angetrieben.

Zum Zeitpunkt  $t = 0$  verläßt die Masse  $m$  das Förderband und schlägt in einem Abstand von  $s = 5,25 \text{ m}$  auf den Boden auf.



$$\left[ g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right]$$

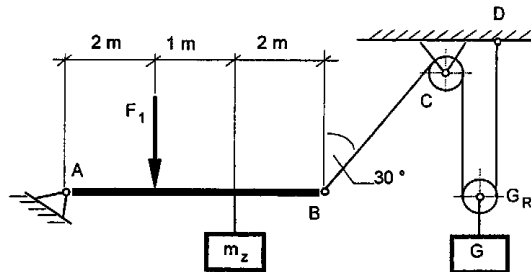
- a) Nach welcher Zeit schlägt die Masse  $m$  auf den Boden auf? 4 Pkte  
 b) Mit welcher Drehfrequenz („Drehzahl“) wird das Förderband angetrieben? 9 Pkte

**Aufgabe 2****insg. 13 Punkte**

Der dargestellte Träger befindet sich im Gleichgewicht. Er ist im Punkt A drehbar gelagert. Im Punkt B greift ein Seil an, das über eine feste Rolle C sowie eine lose Rolle mit dem Gewicht  $G_R$  läuft und im Punkt D fest verankert ist. Außerdem wirkt die Kraft  $F_1$  wie eingezeichnet.

geg.:  $F_1 = 1 \text{ kN}$  ;  $G_R = 500 \text{ N}$

$$G = 5,5 \text{ kN} ; \left[ g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right]$$



Wie groß ist die an den Träger angehängte Masse  $m_z$ ?

**Aufgabe 3****insg. 23 Punkte**

Ein Polystyrolwürfel der Kantenlänge  $20 \text{ cm}$  ( $\rho_P = 0,15 \text{ kg/dm}^3$ ) taucht  $17 \text{ cm}$  tief in Süßwasser ein und hindert einen an ihm hängenden Stahlwürfel ( $\rho_{St} = 7,85 \text{ kg/dm}^3$ ) am Versinken. Welche Masse hat der Stahlkörper ?

**Aufgabe 4****insg. 19 Punkte**

5 l Wasser befinden sich in einem Gefäß. Wasser und Gefäß haben eine Temperatur von 55 °C. Mit 1 kg Eis sollen Wasser und Gefäß auf 30 °C abgekühlt werden, wobei das Eis vollständig schmilzt. Das Gefäß, in dem der Abkühlungsvorgang stattfindet, hat eine Wärmekapazität von  $C_G = 250 \frac{\text{J}}{\text{K}}$ .

Gegeben sind:

- spezifische Wärmekapazitäten von Wasser  $c_W = 4,19 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$  und von Eis  $c_E = 2,1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$
- spezifische Schmelzwärme von Eis  $q_E = 335 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$

Welche Ausgangstemperatur muß das Eis haben ?

**Aufgabe 5****insg. 18 Punkte**

Eine in ihrer Rotationsachse gelagerte homogene Stahlscheibe (Durchmesser  $d = 400$  mm, Masse  $m = 10$  kg) soll in der Zeit  $t = 1,0$  s aus dem Stillstand heraus auf  $n = 1800 \frac{1}{\text{min}}$  beschleunigt werden.

Welche Tangentialkraft muß dazu am Außendurchmesser der Scheibe angreifen ?

**Aufgabe 6****insg. 14 Punkte**

Ruhende Elektronen werden mit einer Anodenspannung von  $U_A = 10$  kV auf einer Strecke von 20 cm beschleunigt.  $\left( e = 1,60218 \cdot 10^{-19} \text{ C} ; m_e = 9,10934 \cdot 10^{-31} \text{ kg} ; \frac{e}{m_e} = 1,75882 \cdot 10^{11} \frac{\text{C}}{\text{kg}} \right)$

- a) Welche Geschwindigkeit in km/s haben die Elektronen beim Aufprall auf die Anode? **8 Pkte**
- b) Welche Beschleunigung erhielten die Elektronen? **6 Pkte**

**Lösung 1**

vgl. SB 1; Kap. 1.1.1

**insg. 13 Punkte**a) 4 Pkte

Fallhöhe h:

$$h = \frac{g}{2} t^2 \quad (2 \text{ Pkte})$$

Umgestellt nach der Zeit ergibt sich:

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = 1,7487 \text{ s} \approx 1,75 \text{ s} \quad (2 \text{ Pkte})$$

Die Masse schlägt nach 1,75 s auf den Boden auf.

b) 9 PkteDie Geschwindigkeit des Bandes (der Masse) sei  $v_0$ .Parabel des waagerechten Wurfes mit  $v_0$ :

$$y = \frac{g}{2 \cdot v_0^2} \cdot x^2 = h \quad (3 \text{ Pkte})$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{x^2 \cdot g}{2 \cdot h}} = \sqrt{\frac{5,25^2 \text{ m}^2 \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{30 \text{ m}}} = 3,0 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad (3 \text{ Pkte})$$

*Alternative Berechnung von  $v_0$ :* 6 Pkte

$$x = v_0 \cdot t \quad (3 \text{ Pkte})$$

Mit  $x = s$ 

$$v_0 = \frac{s}{t} = 3,0 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad (3 \text{ Pkte})$$

Die Radialgeschwindigkeit der Antriebswalze beträgt:

$$v_0 = \pi \cdot d \cdot n \quad (1 \text{ Pkt})$$

Nach der Drehzahl umgestellt ergibt sich:

$$n = \frac{v_0}{\pi \cdot d} = \frac{300 \frac{\text{cm}}{\text{s}}}{\pi \cdot 30 \text{ cm}} = 3,183 \frac{1}{\text{s}} \approx 3,2 \frac{1}{\text{s}} \quad (2 \text{ Pkte})$$

Das Band wird mit einer Drehzahl von rund  $3,2 \frac{1}{\text{s}}$  angetrieben.**Lösung 2**

vgl. SB 1; Kap. 1.1.3

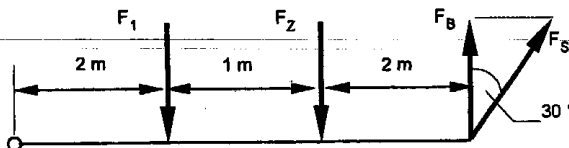
**insg. 13 Punkte**

geg.:

$$F_1 = 1 \text{ kN}$$

$$G_R = 500 \text{ N}$$

$$G = 5,5 \text{ kN}$$



$F_B$  ( $F_S$ ) erhält man über:

$$\cos 30^\circ = \frac{F_B}{F_S} \quad (2 \text{ Pkte})$$

Das Freischneiden der losen Rolle ergibt:

$$2 \cdot F_S = G_R + G = 6 \text{ kN} \quad (2 \text{ Pkte})$$

Daraus folgen:

$$F_S = 3 \text{ kN} \quad (1 \text{ Pkt})$$

$$F_B = F_S \cdot \cos 30^\circ = 2,598 \text{ kN} \approx 2,60 \text{ kN} \quad (2 \text{ Pkte})$$

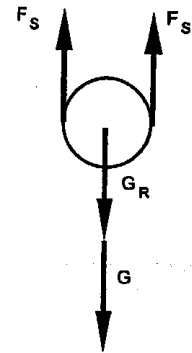
Momentenansatz um den Drehpunkt:

$$F_1 \cdot 2 \text{ m} + F_Z \cdot 3 \text{ m} = F_B \cdot 5 \text{ m} \quad (3 \text{ Pkte})$$

Daraus folgen:

$$F_Z = \frac{F_B \cdot 5 \text{ m} - F_1 \cdot 2 \text{ m}}{3 \text{ m}} = 3663,3 \text{ N} \quad (2 \text{ Pkte})$$

$$m_Z = \frac{F_Z}{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 373,4 \text{ kg} \approx 373 \text{ kg} \quad (1 \text{ Pkt})$$



Die Masse  $m_Z$  muß ca. 373 kg betragen, damit sich der Träger im Gleichgewicht befindet.

### Lösung 3

vgl. SB 1; Kap. 1.5.1

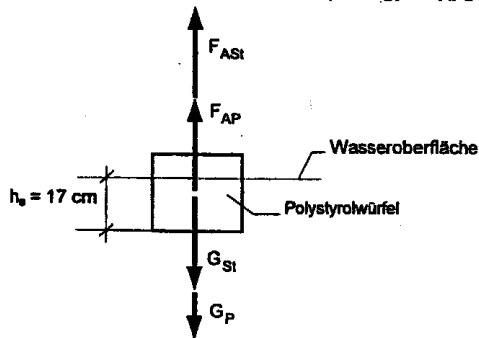
insg. 23 Punkte

Kräftegleichgewicht beim Schwimmen:

Gewichtskraft = Auftriebskraft

Polystyrol ( $h = 20 \text{ cm}$ ) + Stahl(St) = Polystyrol ( $h_e = 17 \text{ cm}$ ) + Stahl(St)

$$G_P + G_{St} = F_{APe} + F_{ASt} \quad (\text{Index e steht für Eintauchtiefe}) \quad (2 \text{ Pkte})$$



Für die Gewichtskraft des Polystyrolwürfels und des Stahlwürfels gilt:

$$G_P = m_P \cdot g = \rho_P \cdot V_P \cdot g \quad (2 \text{ Pkte})$$

$$G_{St} = m_{St} \cdot g \quad (1 \text{ Pkt})$$

Für die Auftriebskraft des Stahlwürfels gilt:

$$F_{ASt} = \rho_W \cdot g \cdot V_{WW} \quad (2 \text{ Pkte})$$

Mit

$$V_{St} = \frac{m_{St}}{\rho_{St}} \quad (2 \text{ Pkte})$$

und

$$V_{vW} = V_{St} \quad (1 \text{ Pkt})$$

folgt:

$$F_{ASt} = \rho_W \cdot g \cdot \frac{m_{St}}{\rho_{St}} \quad (1 \text{ Pkt})$$

Für die Auftriebskraft des Polystyrolwürfels gilt:

$$F_{APe} = \rho_W \cdot g \cdot V_{Pe} \quad (2 \text{ Pkte})$$

Im Gleichgewichtszustand ergibt sich daher:

$$\rho_P \cdot V_P \cdot g + m_{St} \cdot g = \rho_W \cdot g \cdot \frac{m_{St}}{\rho_{St}} + \rho_W \cdot g \cdot V_{Pe} \quad (2 \text{ Pkte})$$

$$m_{St} - \rho_W \cdot \frac{m_{St}}{\rho_{St}} = \rho_W \cdot V_{Pe} - \rho_P \cdot V_P \quad (2 \text{ Pkte})$$

$$m_{St} \cdot \left(1 - \frac{\rho_W}{\rho_{St}}\right) = \rho_W \cdot V_{Pe} - \rho_P \cdot V_P \quad (2 \text{ Pkte})$$

$$m_{St} = \frac{\rho_W \cdot V_{Pe} - \rho_P \cdot V_P}{1 - \frac{\rho_W}{\rho_{St}}} \quad (2 \text{ Pkte})$$

$$= \frac{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 0,2^2 \text{m}^2 \cdot 0,17 \text{m} - 150 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 0,2^3 \text{m}^3}{1 - \frac{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{7850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}} \quad (1 \text{ Pkt})$$

$$= \frac{6,8 \text{kg} - 12 \text{kg}}{0,8726} = 6417,5 \text{g} \approx 6,42 \text{kg} \quad (1 \text{ Pkt})$$

Am Polystyrolwürfel hängen ca. 6,4 kg Stahl.

### Lösung 4

vgl. SB 2; Kap 1.1.3

insg. 19 Punkte

geg.:  $m_E = 1 \text{ kg}$  ;  $T_W = T_G = 55 \text{ }^\circ\text{C}$  ;  $T_2 = 30 \text{ }^\circ\text{C}$  ;  $C_G = 250 \text{ J/K}$ .

ges.:  $T_E$

Richmannsche Regel (Energieerhaltungssatz der Wärmelehre):

$$\sum Q_{\text{auf}} = \sum Q_{\text{ab}} \quad (2 \text{ Pkte})$$

$Q_{\text{auf}}$ : Bestimmung der vom Eis aufgenommenen Wärmemenge:

$$Q_1: \text{ Eis um } \Delta T_E \text{ (auf } 0 \text{ }^\circ\text{C) erwärmen} \quad Q_1 = m_E \cdot c_E \cdot \Delta T_E \quad (2 \text{ Pkte})$$

$$Q_2: \text{ Eis wird bei } 0 \text{ }^\circ\text{C geschmolzen} \quad Q_2 = m_E \cdot q_E \quad (2 \text{ Pkte})$$

$$Q_3: \text{ Wasser (aus Eis) von } 0 \text{ }^\circ\text{C auf } 30 \text{ }^\circ\text{C erwärmen, also } \Delta T_{EW} = 30 \text{ K} \quad Q_3 = m_E \cdot c_W \cdot \Delta T_{EW} \quad (2 \text{ Pkte})$$

$Q_{ab}$ : Bestimmung der vom Wasser und dem Gefäß abgegebenen Wärmemenge

$Q_4$ : Gefäß von 55 °C auf 30 °C abkühlen  $Q_4 = C_G \cdot \Delta T$  mit  $\Delta T = 25 \text{ K}$  (2 Pkte)

$Q_5$ : Wasser von 55 °C auf 30 °C abkühlen  $Q_4 = m_W \cdot c_W \cdot \Delta T$  mit  $\Delta T = 25 \text{ K}$  (2 Pkte)

Wegen:

$$\sum Q_{auf} = \sum Q_{ab}$$

folgt:

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = Q_4 + Q_5 \quad (1 \text{ Pkt})$$

Damit ergibt sich:

$$m_E \cdot c_E \cdot \Delta T_E + m_E \cdot q_E + m_E \cdot c_W \cdot 30 \text{ K} = m_W \cdot c_W \cdot 25 \text{ K} + C_G \cdot 25 \text{ K} \quad (2 \text{ Pkte})$$

$$\Delta T_E = \frac{25 \text{ K} \cdot (m_W \cdot c_W + C_G) - m_E \cdot (q_E + c_W \cdot 30 \text{ K})}{m_E \cdot c_E} \quad (2 \text{ Pkte})$$

$$= \frac{25 \text{ K} \cdot \left(5 \text{ kg} \cdot 4,19 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} + 0,25 \frac{\text{kJ}}{\text{K}}\right) - 1 \text{ kg} \cdot \left(335 \frac{\text{kJ}}{\text{K}} + 4,19 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 30 \text{ K}\right)}{1 \text{ kg} \cdot 2,1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}} = 33 \text{ K} \quad (2 \text{ Pkte})$$

Das Eis muß vor dem Schmelzen um 33 K erwärmt werden. Also hatte es eine Temperatur von -33 °C.

### Lösung 5

vgl. SB 2; Kap. 1.4.2

insg. 18 Punkte

geg.:  $r = 200 \text{ mm} = 0,2 \text{ m}$ ;  $m = 10 \text{ kg}$ ;  $t = 1 \text{ s}$ ;  $n = 1800 \frac{1}{\text{min}} = 30 \frac{1}{\text{s}}$

Für das Drehmoment gilt zum einen:

$$M = J \cdot \alpha$$

und zum anderen:

$$M = F_T \cdot r \Rightarrow F_T = \frac{M}{r}$$

Außerdem gilt:

$$J = \frac{m}{2} \cdot r^2$$

und

$$\alpha = \frac{\omega}{t}$$

Mit  $\omega = 2 \cdot \pi \cdot n$  führt dies zu:

$$\alpha = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{t}$$

Somit ergibt sich für das Drehmoment:

$$M = \frac{m}{2} \cdot r^2 \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{t} = \frac{m \cdot r^2 \cdot \pi \cdot n}{t}$$

und damit für die Tangentialkraft:

$$F_T = \frac{M}{r} = \frac{m \cdot r \cdot \pi \cdot n}{t} = \frac{10 \text{ kg} \cdot 0,2 \text{ m} \cdot \pi \cdot 30 \frac{1}{\text{s}}}{1 \text{ s}} = 188,5 \text{ N}$$

Es muß tangential eine Kraft von ca. 188 N angreifen, damit die Scheibe in einer Sekunde auf 1800 Umdrehungen pro Minute beschleunigt wird.

**Lösung 6**

vgl. SB 2; Kap. 2.2.2

**insg. 14 Punkte**geg.:  $U_A = 10 \text{ kV}$ ;  $\frac{e}{m_e} = 1,75882 \cdot 10^{11} \frac{\text{C}}{\text{kg}}$ ;  $s = 0,20 \text{ m}$ 

a)

Wegen  $E_{\text{kin}} = \frac{1}{2}mv^2 = e \cdot U = E_{\text{el,pot}}$  ergibt sich:

8 Pkte

(4 Pkte)

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot e}{m_e} \cdot U_A} = \sqrt{2 \cdot 1,75882 \cdot 10^{11} \frac{\text{C}}{\text{kg}} \cdot 10^4 \text{ V}}$$

(2 Pkte)

$$= 5,93097 \cdot 10^7 \frac{\text{m}}{\text{s}} \approx 59000000 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

(2 Pkte)

Die Geschwindigkeit der Elektronen beim Aufprall auf die Anode beträgt ca. 59000 km/s

b)

Wegen  $v = \sqrt{2as}$  folgt:

6 Pkte

(3 Pkte)

$$a = \frac{v^2}{2s} = \frac{3,51766 \cdot 10^{15} \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}}{0,4 \text{ m}} = 8,79416 \cdot 10^{15} \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

(3 Pkte)

Die Beschleunigung beträgt ca.  $8,8 \cdot 10^{15} \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ .















