Chalmers Tekniska Högskola
Teknisk Fysik

2010-08-17
08.30-12.30

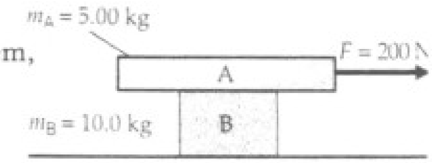
Tentamen i FYSIK FÖR INGENJÖRER med hållbar utveckling för I1 (tif190).

Lärare: Åke Fäldt tel 070 567 9080

Hjälpmedel: Physics Handbook, Beta, SMT, TEFYMA eller motsvarande gymnasietabell. Valfri kalkylator (tömd på för kursen relevant information) samt ett egenhändigt framställt A4-blad med anteckningar.

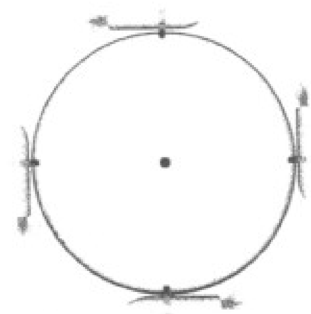
Granskning 12.15-12.45 onsdagen den 1 september 2010 i HB2.

1. När en kraft F = 200 N appliceras såsom figuren visar rör sig de två blocken (A och B) tillsammans tack vare friktionen mellan dem, B befinner sig på ett underlag där den dynamiska friktionskoefficienten mellan B och underlaget är 0,800. Hur stor är friktionskraften mellan de båda blocken? (4 p)



2. Tre partiklar (1, 2 och 3)vardera med massan 0,25 kg befinner sig vid t = 0 sekunder i (-4, 0), (2, 0) och (0, 3) där koordinaterna är (x, y) och enheten meter. De påverkas av var sin kraft $\mathbf{F}_1$= (0, -3), $\mathbf{F}_2$= (0, 5) och $\mathbf{F}_3$= (4, 0) där enheten är N. Ange var systemets masscentrum befinner sig vid t = 2s. (4 p)

3. En rymdfarkost består av en approximativt homogen cylinder med radien 2,50 m och massan 1000 kg.. För att skydda den från att bli ensidigt uppvärmd kan operatörerna få den att rotera runt cylinderns långa axel med hjälp av fyra små raketer som monterats tangentiellt såsom visas i figuren. Man vill få farkosten att rotera så att det tar 30 sekunder att fullborda ett helt varv. Detta sker genom att de fyra raketerna brinner under ett visst tidsintervall Δt. Varje raket kan utveckla en kraft som är 50 N. Bestäm Δt. (4 p)

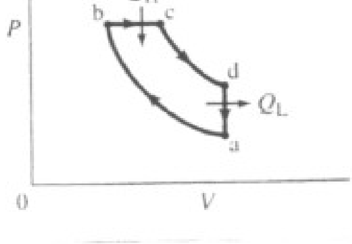


4. En pyrexbägare rymmer som mest 1000 kubikcentimeter vid 20 grader Celsius innehåller 990 kubikcentimeter 20-gradigt kvicksilver. Vid vilken temperatur fyller kvicksilvret bägaren fullständigt? Pyrex har en linjär utvidgningskoefficient som är 3,3 10^{-6} medan volymsutvidgningskoefficienten för kvicksilver är 1,8 10^{-4}. (4 p)

5. En koleldat kraftverk producerar elektrisk energi med takten 900 MW och har en verkningsgrad som är 25%. För att ta hand om den avgivna värmemängden används vatten, som ursprungligen har temperaturen 15 grader Celsius, från en närbelägen flod. Ett miljökrav är att detta vatten inte har en temperatur som är högre än 40 grader Celsius när det släpps ut i floden igen. Hur stor är den minsta mängden vatten som krävs per timma ? (4 p)

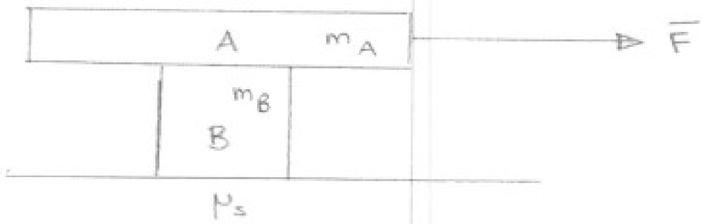
6. Funktionen för en dieselmotor kan idealiserat beskrivas med hjälp av den bifogade figuren. Processerna a-b och c-d är adiabater, medan b-c är en isobar och d-a är en isokor. Visa att verkningsgraden ges av uttrycket

$$e = 1 - \frac{(V_a/V_c)^{-\gamma} - (V_a/V_b)^{-\gamma}}{\gamma[(V_a/V_c)^{-1} - (V_a/V_b)^{-1}]}.$$



$$e = 1 - \frac{(V_a/V_c)^{-\gamma} - (V_a/V_b)^{-\gamma}}{\gamma[(V_a/V_c)^{-1} - (V_a/V_b)^{-1}]}.$$

(1)



Givet :

$F = 200\ N.$

$m_A = 5{,}00\ kg \qquad m_B = 10{,}0\ kg \qquad \mu_s = 0{,}800$

Sökt : $\bar{f}$ mellan A och B

Båda blocken :

$$F - (m_A + m_B)\mu_s g = (m_A + m_B)a$$

$$\Rightarrow \quad a = \frac{F - (m_A + m_B)\mu_s g}{m_A + m_B}$$

Friläggning av det övre blocket

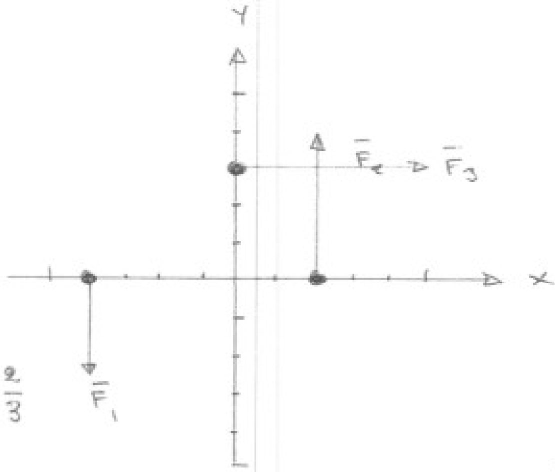
$$F - f = m_A \cdot a \quad \Rightarrow \quad f = F - m_A \cdot a$$

$$\Rightarrow \quad f = F - \frac{m_A\left[F - (m_A + m_B)\mu_s g\right]}{m_A + m_B} =$$

$$= 200 - \frac{5{,}00\left[200 - 15{,}00 \cdot 0{,}800 \ \ 9{,}81\right]}{15{,}00} =$$

$$= 172{,}6\ N = \underline{\underline{173\ N}}$$

(2)



$$x_{cm} = \frac{-4m + 2m}{3m} = -\frac{2}{3} \qquad m = 0{,}25 \text{ kg}$$

$$Y_{cm} = \frac{3m}{3m} = 1 \qquad \bar{R}_{cm} = \left(-\frac{2}{3}, 1\right) \qquad a = \frac{F}{m}$$

1 kommer att röra sig i y-led: $\qquad F_1 = -3 \text{ N}$

$$\Delta Y_1 = \frac{1}{2} a_1 t^2 = \frac{1}{2}(-12)\, 2^2 = \qquad a_1 = -12 \text{ m/s}^2$$

$$= -24$$

$$\bar{r}_1 = (-4, -24)$$

2: y-led $\qquad F_2 = 5 \text{ N} \Rightarrow a_2 = 20 \text{ m/s}^2$

$$\Delta Y_2 = \frac{1}{2}\, 20 \cdot 2^2 = 40$$

$$\therefore \; r_2 = (2, 40)$$

3: x-led $\qquad F_3 = 4 \text{ N} \Rightarrow a_3 = 16 \text{ m/s}^2$

$$\Rightarrow \Delta x_3 = \frac{1}{2}\, 16 \cdot 2^2 = 32$$

$$\therefore \; r_3 = (32, 3)$$

$$\Rightarrow R_{cm} = \left(10, \frac{19}{3}\right)$$

---

alt: $M \bar{a}_{cm} = \Sigma \bar{F} \qquad \Sigma \bar{F} = (0,-3) + (0,5) + (4,0) = (4,2)$

$$M = 3m \qquad \bar{a}_{cm} = \frac{(4,2)}{3m} \qquad a_x = \frac{4}{0{,}75} = \frac{16}{3} \text{ m/s}^2 \quad a_y = \frac{2}{0{,}75} = \frac{8}{3} \text{ m/s}^2$$

$$\Delta x_{cm} = \frac{1}{2}\,\frac{16}{3}\, 2^2 = \frac{32}{3} \Rightarrow x_{cm} = -\frac{2}{3} + \frac{32}{3} = 10$$

$$\Delta Y_{cm} = \frac{1}{2}\,\frac{8}{3}\, 2^2 = \frac{16}{3} \Rightarrow Y_{cm} = 1 + \frac{16}{3} = \frac{19}{3} \qquad \therefore \left(10, \frac{19}{3}\right)$$

(3)

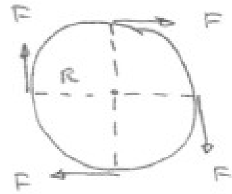
$$\omega = \alpha \, \Delta t$$
$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

$T = 30\,s$

$M = 1000\,kg$

$R = 2{,}50\,m$

$F = 50\,N$



Søkt: Δt = brinntid

$$4FR = \tau = \alpha I = \alpha \frac{1}{2} MR^2$$

$$\Rightarrow \alpha = \frac{8F}{MR}$$

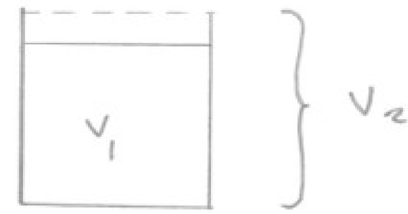
$$\Rightarrow \frac{2\pi}{T} = \alpha \cdot \Delta t = \frac{8F}{MR} \cdot \Delta t \quad \Rightarrow \quad \Delta t = \frac{2\pi \cdot MR}{8FT} =$$

$$= \frac{2\pi \cdot 1000 \cdot 2{,}50}{8 \cdot 50 \cdot 30} = 1{,}31\,s = \underline{\underline{1{,}3\,s}}$$

(4) Utgångsläge (20°C):

Hg-volym $= V_1 = 1000 \text{ cm}^3$

Bägarvolym $= V_2 = 990 \text{ cm}^3$



Pyrex: $\alpha_1 = 3{,}3 \cdot 10^{-6} \Rightarrow$ volymutv. koeff $= 3\alpha = \gamma_1$
$= 9{,}9 \cdot 10^{-6}$

Hg: $\gamma_2 = 1{,}8 \cdot 10^{-4}$

∴ kvicksilvret kommer att öka sin volym snabbare än bägaren.

När är volymerna lika? Sätt den volymen $= V$

$$V = V_1 (1 + \gamma_1 \Delta T) \qquad V = V_2 (1 + \gamma_2 \cdot \Delta T)$$

$$\Rightarrow V_1 + \gamma_1 V_1 \Delta T = V_2 + \gamma_2 V_2 \cdot \Delta T$$

$$\Rightarrow V_1 - V_2 = \Delta T (V_2 \gamma_2 - V_1 \gamma_1)$$

$$\Rightarrow \Delta T = \frac{V_1 - V_2}{V_2 \gamma_2 - V_1 \gamma_1} =$$

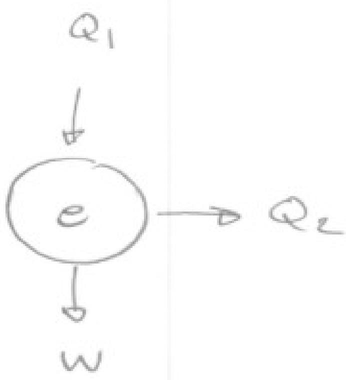
$$= \frac{1000 - 990}{990 \cdot 1{,}8 \cdot 10^{-4} - 1000 \cdot 3 \cdot 3{,}3 \cdot 10^{-6}} =$$

$= 59 \text{ K}$.

$$\Rightarrow T = 20 + 273 + 59 = \underline{352 \text{ K}}$$

eller $\underline{\underline{79^\circ C}}$

5



Energiutbyten per sekund :

$$e = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{W}{Q_1}$$

$$\Rightarrow W = Q_1 - Q_2$$

$$Q_1 = \frac{W}{e} \Rightarrow Q_1 = \frac{900 \cdot 10^6}{0{,}25} = 3600 \cdot 10^6 \text{ J}.$$

$$Q_2 = Q_1 - W = (3600 - 900) \cdot 10^6 = 2700 \cdot 10^6 \text{ J}.$$

Avkylning : vattenåtgång per timme $= \frac{dm}{dt}$

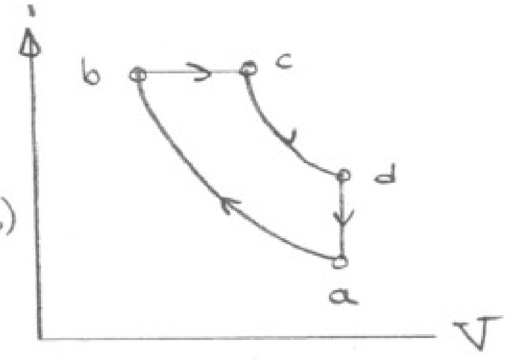
$$Q_2 \cdot 3600 = \Delta T \cdot c \cdot \left(\frac{dm}{dt}\right) \qquad c = 4{,}18 \cdot 10^6 \text{ J/grad} \cdot \text{m}^3$$

$$\Rightarrow \frac{dm}{dt} = \frac{Q_2 \cdot 3600}{\Delta T \cdot c} = \frac{2700 \cdot 10^6 \cdot 3600}{(40-15) \cdot 4{,}18 \cdot 10^6} \text{ m}^3/\text{h}$$

$$= 93014 \text{ m}^3/\text{h} = \underline{\underline{9{,}3 \cdot 10^4 \text{ m}^3/\text{h}}}$$

8

$$e = 1 - \frac{Q_L}{Q_H} = 1 - \frac{nC_V(T_d - T_a)}{nC_p(T_c - T_b)}$$



Uttryck T_b, T_c och T_d i T_a !

$$\gamma = \frac{c_p}{c_V}$$

adiabat: $a \to b$ $\quad TV^{\gamma-1} = \text{konst}$

$$\Rightarrow T_b = T_a\left(\frac{V_a}{V_b}\right)^{\gamma-1}$$

isobar $b \to c$ $\quad \frac{V_b}{T_b} = \frac{V_c}{T_c} \Rightarrow T_c = T_b\frac{V_c}{V_b} = T_a\left(\frac{V_a}{V_b}\right)^{\gamma-1}\frac{V_c}{V_b}$

adiabat $c \to d$ $\quad T_d = T_c\left(\frac{V_c}{V_d}\right)^{\gamma-1} = T_a\left(\frac{V_c}{V_b}\right)^{\gamma}$

$$\Rightarrow e = 1 - \frac{1}{\gamma}\,\frac{\left(\frac{V_c}{V_b}\right)^{\gamma} - 1}{\left(\frac{V_a}{V_b}\right)^{\gamma-1}\left(\frac{V_c}{V_b}\right) - \left(\frac{V_a}{V_b}\right)^{\gamma-1}} =$$

$$= 1 - \frac{1}{\gamma}\,\frac{\left(\frac{V_c}{V_b}\right)^{\gamma} - 1}{\left(\frac{V_a}{V_b}\right)^{\gamma}\left[\left(\frac{V_a}{V_b}\right)^{-1}\left(\frac{V_c}{V_b}\right) - \left(\frac{V_a}{V_b}\right)^{-1}\right]} =$$

$$= 1 - \frac{1}{\gamma}\,\frac{\left(\frac{V_a}{V_b}\right)^{-\gamma}\left[\left(\frac{V_c}{V_b}\right)^{\gamma} - 1\right]}{\left(\frac{V_a}{V_c}\right)^{-1} - \left(\frac{V_a}{V_b}\right)^{-1}} =$$

$$= 1 - \frac{1}{\gamma}\,\frac{\left(\frac{V_a}{V_c}\right)^{-\gamma} - \left(\frac{V_a}{V_b}\right)^{-\gamma}}{\left(\frac{V_a}{V_c}\right)^{-1} - \left(\frac{V_a}{V_b}\right)^{-1}}$$

v.s.v.