Chalmers Tekniska Högskola
Fysik

2018-01-12
em

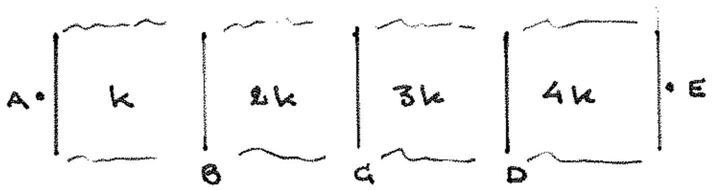
Tentamen i FYSIK FÖR INGENJÖRER för D2 (tif085)

Lärare: Åke Fäldt tel 070 567 9080

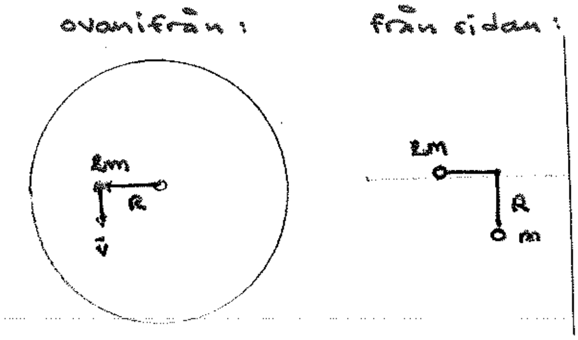
Hjälpmedel: Physics Handbook, Beta, SMT, TEFYMA eller motsvarande gymnasietabell. Valfri kalkylator (tömd på för kursen relevant information) samt ett A4-blad med anteckningar.

Granskning: Kl 12.00-13.00 ti 16 januari i HB2.

1. Figuren nedan visar ett tvärsnitt mitt på en stor vägg, som består av fyra lika tjocka skikt. Skikten består av material som har olika värmeledningsförmågor: k, 2k, 3k och 4k. Bestäm temperaturerna i skarvarna mellan de olika skikten (i punkterna B, C och D) om den temperaturerna i punkterna A och E är -10 respektive + 40 grader Celsius. (4 p)

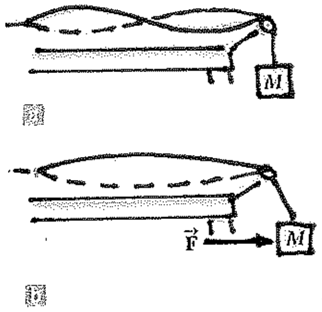


2. En partikel 1 med massan 2m ligger på ett helt glatt horisontell skiva och är förbunden via ett masslöst otänjbart snöre med en annan partikel 2 som har massan m, såsom figuren visar. Snöret löper friktionsfritt genom ett litet hål i skivan. På ett avstånd R från hålet ges partikel 1 en horisontell hastighet **v** vinkelrätt mot den sträckta tråden, varefter systemet lämnas helt åt sig självt. Hur stor måste beloppet av **v** vara för att partikel 2 ska hissas upp sträckan R och nå hålet. Sätt m = 100 g och R = 0,80 m. (4 p)



3. Betrakta apparaten i figuren, där det hängande objektet har massan M. Den övre figuren visar när strängen svänger i den mod som ger första övertonen. Längst till vänster finns en anordning som skapar svängningsfrekvensen. I den undre figuren har massan M påverkats av en kraft F som orsakas av att det börjar blåsa. Svängningsfrekvensen är densamma som i den övre figuren och på grund av den förändrade spännkraften blir nu svängningsmoden grundtonen. Visa att kraften F ges av uttrycket

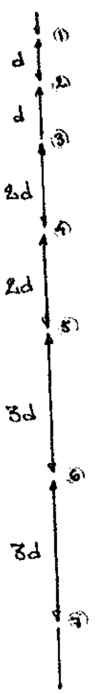
$$F = (15)^{1/2} Mg. \qquad (4\text{ p})$$

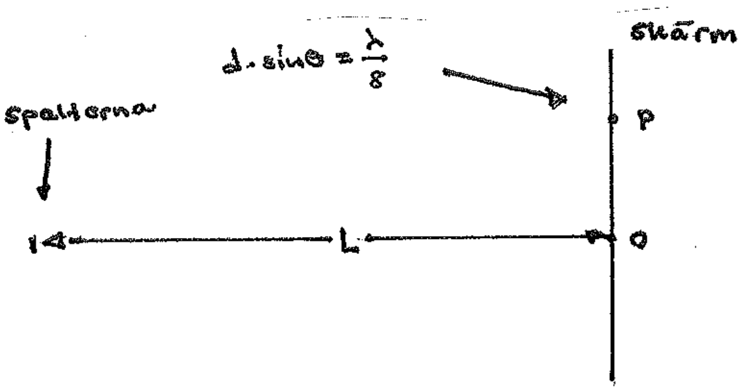


4. En idealgasmotor arbetar med tre mol av en enatomig gas och beskrivs av tre steg
1-2: isobar från utgångsvolymen 1,5 kubikmeter och temperaturen 400 K till 700 K.
2-3: adiabatisk expansion.
3-1: isoterm kompression till utgångspunkten.

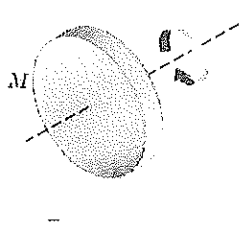
Åskådliggör processen i ett PV-diagram och bestäm tryck, volym och temperatur i punkterna 1, 2 och 3 samt processens verkningsgrad. (4 p)

5. Monokromatiskt ljus med våglängden λ får infalla under rät vinkel och belysa sju smala spalter. Se figuren som visar de olika spaltavstånden. Man observerar då en intensitetsfördelning på en bildskärm som är belägen på avståndet L från spalterna. Avståndet d är flera storleksordningar mindre än L. Den vänstra figuren visar spalterna i förstoring. Rakt fram mitt i nollte ordningens principalmaximum finns en punkt som vi kallar O. I en viss punkt P på skärmen gäller att $d \sin\theta = \lambda/8$. Det finns möjlighet att blockera spalter med en stoppanordning. Om alla spalter utom en blockeras uppmäts intensiteten I_0 i punkten O och I_1 i punkten P.
Hur stor är intensiteten i punkten O uttryckt i I_0 om alla spalterna är öppna?
Hur stor är intensiteten i punkten P uttryckt i I_1 om alla spalterna är öppna?
Hur stor är den maximala intensiteten i punkten P uttryckt i I_1 och vilka spalter ska blockeras för att uppnå denna? (4 p)





6. Tänkt dig att du håller upp en uniform solid skiva med radien R = 15 cm och massan 300 g och ger den en rotation runt dess centrum med vinkelhastigheten ω_1= 20 rad/s. Du sätter därefter ner den roterande cylindern (med bibehållen vinkelhastighet) på ett horisontellt underlag. Den kinetiska friktionskoefficienten mellan skivan och underlaget är 0,5. Då börjar skivan rulla längs underlaget men det är <u>inte</u> rullning utan glidning till en början. Bestäm vinkelhastigheten ω_2 när rullning utan glidning uppstår. Hur lång tid efter att du har släppt ner skivan tar det innan detta tillstånd uppnås och hur långt har skivan då rullat längs underlaget? Hur stor andel av den ursprungliga rotationsenergin har förlorats under glidningsfasen? (4 p)

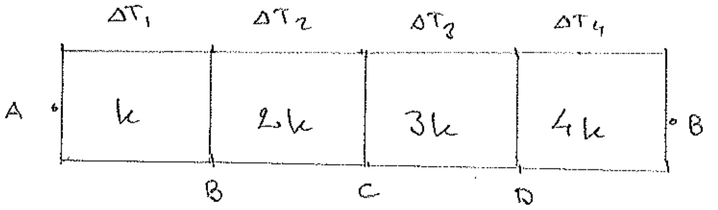


Dubbelkontrolluppgifter:

Ange i ruta 7 hur många bonuspoäng du har från gruppdugga 1.
Ange i ruta 8 hur många bonuspoäng du har från gruppdugga 2.
Ange i ruta 9 hur många bonuspoäng du har från inlämningsuppgifterna.

Om det är något av momenten som du inte har deltagit i skriver du "deltog ej"
Om du deltagit, men inte vet hur det har gått skriver du "minns ej"

(1)



$$\frac{dQ}{dt} = kA\frac{\Delta T}{\Delta x}$$

Samma värmeflöde genom alla skikten

$$\Rightarrow k \cdot \Delta T_1 = 2k \cdot \Delta T_2 = 3k\Delta T_3 = 4k \cdot \Delta T_4$$

$$\Rightarrow \Delta T_2 = \frac{1}{2}\Delta T_1 \quad \Delta T_3 = \frac{1}{3}\Delta T_1 \quad \Delta T_4 = \frac{1}{4}\Delta T_1$$

$$\Delta T_1 + \Delta T_2 + \Delta T_3 + \Delta T_4 = \Delta T_{tot} = 50°C$$

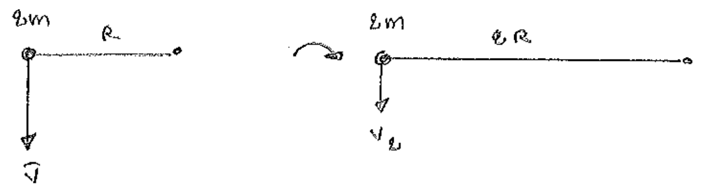
$$\Rightarrow \Delta T_1\left(1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4}\right) = \Delta T_{tot}$$

$$\Rightarrow \Delta T_1\left(\frac{12+6+4+3}{12}\right) = \Delta T_{tot} \Rightarrow \Delta T_1 = \frac{12}{25}\Delta T_{tot} = \frac{12}{25} \cdot 50 = 24°C$$

$$\Rightarrow T_B = -10 + 24 = \underline{\underline{+14°C}} \quad T_C = +14 + 12 = \underline{\underline{+26°C}} \quad T_D = 26 + 8 = \underline{\underline{+34°C}}$$

---

(2)



Inga yttre vridande moment $\Rightarrow$ L bevaras

$$\Rightarrow R \cdot 2mv = 2R\, 2mv_2 \Rightarrow v_2 = \frac{v}{2}$$

Den mekaniska energin bevaras

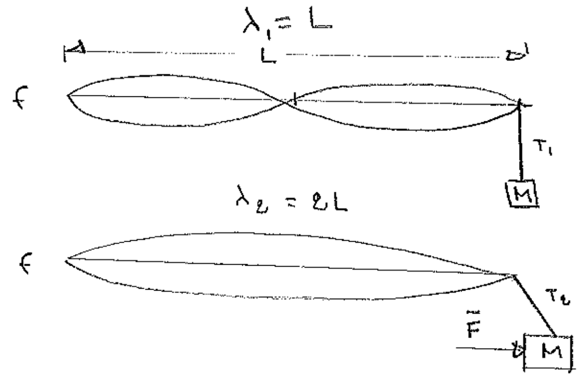
$$\Rightarrow \frac{1}{2}2mv^2 = \frac{1}{2}2mv_2^2 + mg \cdot R$$

$$\Rightarrow \cancel{m}v^2 = \frac{1}{\cancel{2}}\cancel{2}\cancel{m}\frac{v^2}{4} + \cancel{m}gR$$

$$\Rightarrow v^2 - \frac{v^2}{4} = gR \Rightarrow \frac{3}{4}v^2 = gR$$

$$\Rightarrow v = \sqrt{\frac{4gR}{3}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}80}{3}} = 3{,}23 \text{ m/s} = \underline{\underline{3{,}2 \text{ m/s}}}$$

(3)



$$V = \sqrt{\frac{T}{\mu}} = f \cdot \lambda$$

$$\lambda_2 = 2\lambda_1$$

$$T_1 = Mg \qquad \Rightarrow V_2 = 2V_1$$

$$V_1 = \sqrt{\frac{Mg}{\mu}}$$

$$T_2 = \sqrt{F^2 + (Mg)^2}$$

$$V_2 = \sqrt{\frac{T_2}{\mu}} = \sqrt{\frac{\sqrt{F^2+(Mg)^2}}{\mu}}$$

$$V_2 = 2V_1$$

$$\Rightarrow \frac{V_2}{V_1} = 2 = \sqrt{\frac{\sqrt{F^2+(Mg)^2}}{Mg}}$$

$$\Rightarrow 4 = \frac{\sqrt{F^2+(Mg)^2}}{Mg} \quad \Rightarrow 16 = \frac{F^2+(Mg)^2}{(Mg)^2}$$

$$\Rightarrow \underline{\underline{F = \sqrt{15}\, Mg}}$$

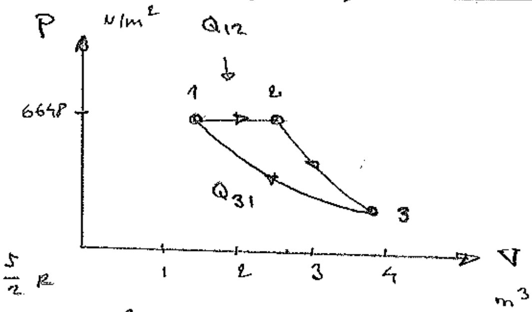
---

(4)

$n = 3$

$P_1 = nRT_1/V_1 = 3 \cdot 8{,}31 \cdot 400/1{,}5 = 6648\ N/m^2$

$2: \quad V_2 = V_1 \frac{700}{400} = 1{,}5 \cdot \frac{7}{4}\ m^3 = 2{,}625\ m^3$



$c_V = \frac{3}{2}R \quad c_p = \frac{5}{2}R$

$2 \to 3$ adiabat $\quad TV^{\gamma-1} = \text{konstant} \quad \gamma = \frac{5}{3} \Rightarrow \gamma - 1 = \frac{2}{3} \qquad T_3 = 400\ K = T_1$

$$\therefore\ T_2 V_2^{2/3} = T_3 V_3^{2/3} \Rightarrow V_3 = \left(\frac{T_2}{T_3}\right)^{3/2} V_2 = \left(\frac{700}{400}\right)^{3/2} \cdot 2{,}625 = 3{,}81\ m^3$$

$$P_3 V_3 = P_1 V_1 \Rightarrow P_3 = P_1 \frac{V_1}{V_3} = 6648 \frac{1{,}5}{3{,}81} = 2616\ N/m^2$$

	T (K)	V (m^3)	P (N/m^2)
1	400	1,5	6648
2	700	2,6	6648
3	400	3,8	2616

$$e = \frac{Q_{12} + Q_{31}}{Q_{12}}$$

$$Q_{12} = n \cdot \frac{5}{2} R\,(T_2 - T_1) = \frac{5}{2} nR\,(700 - 400)$$

$$Q_{31} = nR\,400 \cdot \ln \frac{V_1}{V_3} = nR \cdot 400 \cdot \ln \frac{1{,}5}{3{,}81}$$

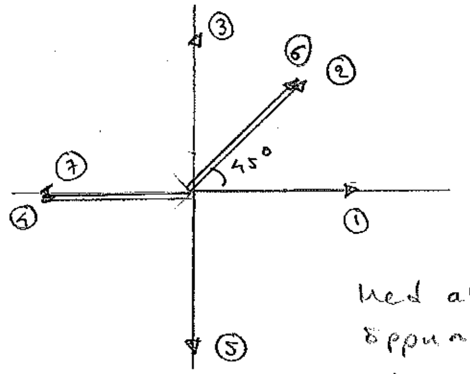
$$\Rightarrow e = \frac{\frac{5}{2} \cdot 300 + 400 \cdot \ln \frac{1{,}5}{3{,}81}}{\frac{5}{2}\, 300} = \underline{\underline{0{,}50}}$$

(5)

om alla spalter är öppna är intensiteten i
punkt O $= 7^2 I_0 = 49 I_0$

p: $\quad d\sin\theta = \frac{\lambda}{8}$ fasskillnad $45°$ $\Rightarrow 2d\sin\theta = \frac{\lambda}{4}$ fasskilln. $90°$

$3d\sin\theta = \frac{3\lambda}{8} = 135°$

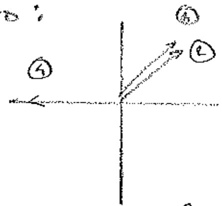


maximal intensitet
fås om man blockerar
spalt ④, ⑤ och ⑦

$$I_{max} = \left[\left(1+\frac{2}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(1+\frac{2}{\sqrt{2}}\right)^2\right] I_1 =$$

$$\underline{= 11{,}7\, I_1}$$

Med alla spalter öppna får man netto:



$$\Rightarrow I = I_1\left[\left(1-2\frac{1}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(2\frac{1}{\sqrt{2}}\right)^2\right]$$

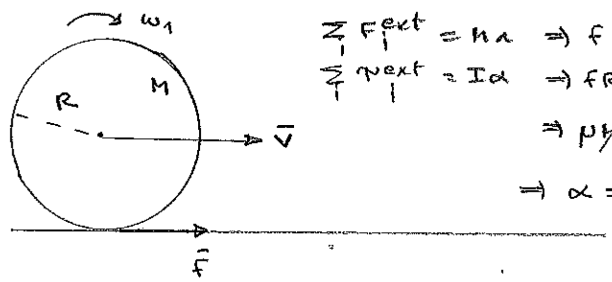
$$\underline{= 2{,}2\, I_1}$$

---

(6) $\quad f = \mu N = \mu M g$

$\alpha = \frac{2\mu g}{R}$

$a = \frac{\mu g M}{M} = \mu g$



$\sum_i F_i^{ext} = Ma \Rightarrow f = Ma$

$\sum_i \tau_i^{ext} = I\alpha \Rightarrow fR = \frac{1}{2}MR^2 \cdot \alpha$

$\Rightarrow \mu \cancel{M} g R = \frac{1}{2}\cancel{M} R^2 \alpha$

$\Rightarrow \alpha = \frac{2\mu g}{R}$

När skivan släpps är $\omega = \omega_1$ och $v = 0$.
Efter tiden t gäller $\quad v = at = \mu g t \quad$ och $\quad \omega = \omega_1 - \alpha t = \omega_1 - \frac{2\mu g}{R} t$

När $v = \omega R$ får man rullning utan glidning.

$$\Rightarrow \mu g t = \omega_1 R - 2\mu g t \Rightarrow t = \frac{\omega_1 R}{3\mu g} = \frac{20 \cdot 0{,}15}{3 \cdot 0{,}5 \cdot 9{,}81} = \underline{0{,}20\,s}$$

ω_2: $\quad \omega_2 = \omega_1 - \alpha \cdot t = \omega_1 - \frac{2\mu g}{R} \cdot \frac{\omega_1 R}{3\mu g} = \omega_1\left(1 - \frac{2}{3}\right) = \underline{\frac{1}{3}\omega_1} = \underline{6{,}7\ rad/s}$

sträcka: $\quad s = \underbrace{v_0}_{=0} + \frac{1}{2}at^2 = \frac{1}{2}\mu g \frac{\omega_1^2 R^2}{9(\mu g)^2} = \frac{\omega_1^2 R^2}{18\mu g} = \frac{(20 \cdot 0{,}15)^2}{18 \cdot 0{,}5 \cdot 9{,}81} = \underline{0{,}10\ m}$

Energiförlust: $\quad \Delta E = \frac{1}{2}I\omega_1^2 - \left(\frac{1}{2}I\omega_2^2 + \frac{1}{2}Mv^2\right) = \frac{1}{2}I\omega_1^2 - \left[\frac{1}{2}I\left(\frac{1}{3}\omega_1\right)^2 + \frac{1}{2}M\left(\frac{1}{3}\omega_1 R\right)^2\right] =$

$$= \frac{1}{2}I\omega_1^2 - \frac{1}{2}I\omega_1^2\frac{1}{9} + \frac{1}{2}MR^2\frac{1}{9}\omega_1^2 = \frac{1}{2}I\omega_1^2 - \frac{1}{2}I\omega_1^2\left(\frac{1}{9} + \underbrace{\frac{2}{9}}_{\frac{1}{3}}\right)$$

$$\Rightarrow \underline{\Delta E = \frac{2}{3}I\omega_1^2}$$