

Tentamen i FYSIK FÖR INGENJÖRER del 3 för I2 (ffv 611)

Lärare: Åke Fäldt, tel 772 3349 eller 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.

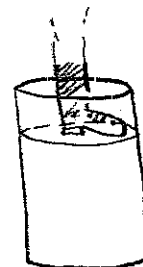
Rättningen: klar senast måndagen den 31 oktober 2005.

Granskning: måndagen den 31 oktober kl 12.00-12.30 i HC3

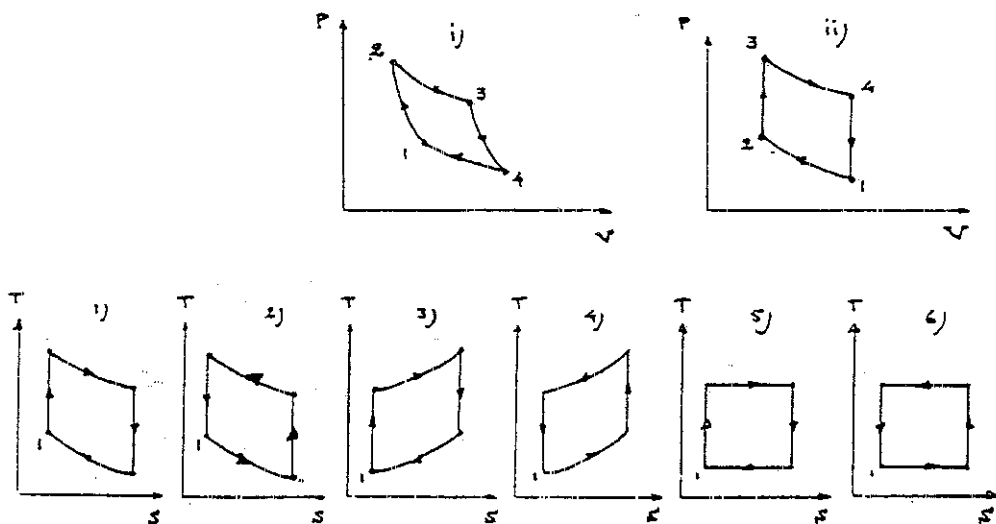
Betyg: 3:a 10-14 p, 4:a 15-19 p, 5:a 20p –

FÖRKLARA ALLTID INFÖRDA STORHETER OCH MOTIVERA EKVATIONER OCH
SLUTSATSER. RITA TYDLIGA FIGURER.
KONTROLLERA SVARENS RIMLIGHET OCH DIMENSION.

1. Ska man undvika att öppna frysboxen eller frysskåpet om det är strömavbrott eller är det inte så farligt? Gör en överslagsberäkning för att bestämma hur mycket temperaturen i ett normalt frysskåp ändras om man öppnar dörren under en kort stund, säg en halv minut, när det är strömavbrott.
(4 p)
2. En tunn volframtråd befinner sig i ett relativt stort vakuumsystem där trycket av syre är $1,0 \cdot 10^{-4}$ torr. Efter hur lång tid har 10% av volframtråden belagts med syre om man antar att varje syremolekyl som träffar ytan fastnar på densamma och att varje syremolekyl under denna del av processen hittar en ledig plats ovanpå volframytan.
Varje syremolekyl kan betraktas som en cirkel med diametern $3,3 \text{ Å}$ och temperaturen är 300 K . En syremolekyl har massan 32 u . (4 p)
3. Antag att du väger 70 kg och att du placerar alla dessa kilon på locket av en luftfylld cylinder (se figuren). Locket kan röra sig helt utan friktion, men är helt tätt och locket sjunker ursprungligen neråt när du ställt dig på det. (Egentligen kommer det att bli ett insvängningsförlopp om rörelsen är helt friktionsfri, men om man ställer sig på locket lie försiktigt uteblir detta.)
Hur stort är trycket i cylindern när locket slutar att sjunka?
Vad är temperaturen hos luften omedelbart efter att locket slutat sjunka om vi antar att inget värme läckt ut under den snabba kompressionen.
Du står sedan kvar på locket medan gasen antar samma temperatur som omgivningen varvid locket sjunker ytterligare.
Ange förhållandet mellan den volym som gasen upptog innan du ställde dig på locket och den volym som den kommer att ha efter lång tid.
Beskriv hela förloppet i ett pV-diagram. Tre korrekta svar och en korrekt figur krävs alltså för full poäng. Locket har en area som är $2,0 \text{ dm}^2$, omgivningens tryck respektive temperatur är $1,0 \text{ atm}$ och $20 \text{ grader Celsius}$. Luften kan betraktas som en tvåatomig idealgas.
(4 p)



- 4 a. I figuren nedan visas två pV-diagram som beskriver en idealgas med konstant värmekapacitet som genomlöper en reversibel Carnotcykel (i) respektive en reversibel Ottocykel (ii). Var och en av dessa cykler innehåller två adiabater. De båda cyklerna kan också illustreras i så kallade TS-diagram som visar gastemperaturen T som funktion av dess entropi S. Din uppgift är att bland de sex TS-diagrammen i figuren ange vilket som illustrerar Carnotcykeln och vilket som illustrerar Ottocykeln. Du behöver inte motivera ditt val. (2 p)



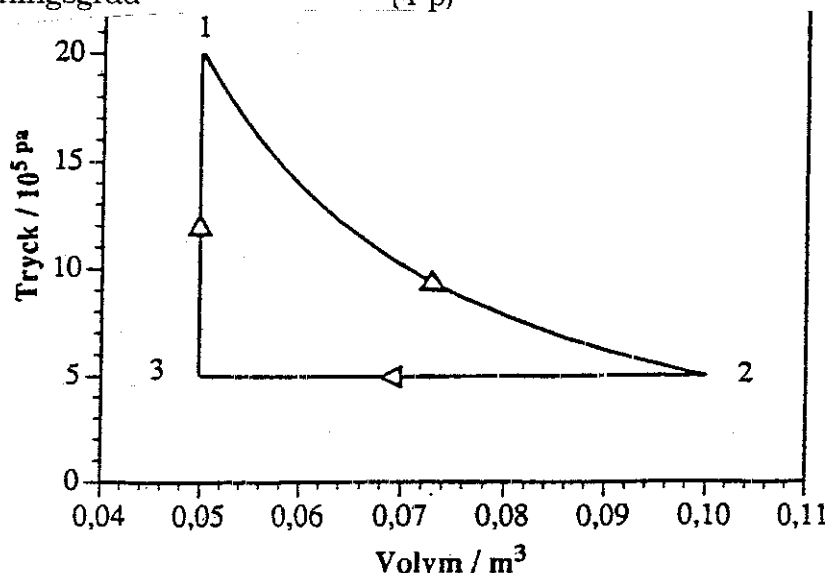
- b. Ett stort antal molekyler som lyder Maxwell-Boltzmanns fördelningsfunktion utgör ett system. För molekylerna gäller att skillnaden i energi mellan det lägsta och näst lägsta vibrationstillståndet är 0,05 eV. Beräkna kvoten mellan antalet molekyler i dessa två tillstånd om temperaturen är 300 K och antalet platser på de båda nivåerna är lika. (2 p)

5. En cylinder innehåller en enatomig gas. Trycket i cylindern är ursprungligen $20 \cdot 10^5$ Pa. Gasen expanderar därefter enligt sambandet $pV^2 = \text{konstant}$ tills dess att volymen har fördubblats (observera att processen inte är en adiabat!). Gasen kyles därefter vid konstant tryck till den ursprungliga volymen. Slutligen genomlöper gasen en isokor temperaturökning till ursprungstillståndet.

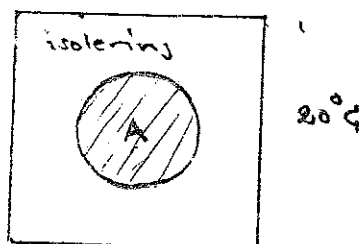
Tag figuren till hjälp och:

- bestäm nettoarbetet under en cykel
- beräkna värmeutbytet med omgivningen vid samtliga delprocesser
- beräkna processens verkningsgrad

(4 p)



6. En lång cylinder (radie 5,0 mm) är tillverkad av ett material A som utvecklar energi tack vare en kemisk process. Effektutvecklingen i cylindern är 50 W per meter. A har egenskapen att det inte utvecklar några skadliga ämnen endast om temperaturen ligger i intervallet 50 – 100 grader Celsius. Cylindern är omgiven av ett isolerande skikt (värmeledningsförmåga 0,10 W/m K) med kvadratisk tvärsnitt. Kvadratens kantlängd är 20 mm. Hela arrangemanget befinner sig i ett rum där temperaturen hålls vid 20 grader Celsius. Kommer temperaturen i cylindern att ligga i det önskade temperaturintervallet? Motivera ditt svar med relevanta beräkningar. Värmeledningsförmågan hos A är så stor att det är tillåtet att anta att temperaturen i cylindern är konstant. (4 p)

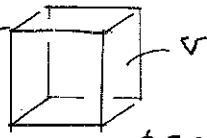


7. Skriv din namnteckning på plats 7 på tentaomslaget om du vill ha resultatet utskickat per e-mail. Glöm då inte att ange adressen!
8. Sätt ett kryss i rutan på plats 8 om du nu i höst har gjort laborationen i kursen (Varmluftsmotorn)
9. Ange på plats 9 hur många poäng du hade på duggan nu i september.

Lösningar till tentamen i FYSIK för INGENJÖRER 3 för IE

①

Antag att fryskåpet är halvfyllt med mat och att denna i huvudsak består av vatten, $c_{H_2O} = 4,18 \cdot 10^3 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$
 $\rho_{H_2O} = 1 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$



$$T_0 = -20^\circ\text{C}$$

Antag att vi byter ut luftvolymen $V/2$ med rumstempererad luft $T_1 = +20^\circ\text{C}$

$$c_{\text{luft}} = 1,01 \cdot 10^3 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$$

$$\rho_{\text{luft}} = 1,293 \text{ kg/m}^3 \text{ vid 1 atm}$$

$$M_{\text{mat}} \approx \frac{V}{2} \cdot \rho_{H_2O} \quad m_{\text{luft}} = \frac{V}{2} \cdot \rho_{\text{luft}}$$

$$M_{\text{mat}} \cdot c_{H_2O} (T_0 - T_1) = m_{\text{luft}} \cdot c_{\text{luft}} (T_1 - T_2)$$

$$\Rightarrow T = \frac{\rho_{H_2O} c_{H_2O} T_0 + \rho_{\text{luft}} c_{\text{luft}} T_1}{\rho_{H_2O} c_{H_2O} + \rho_{\text{luft}} c_{\text{luft}}} =$$

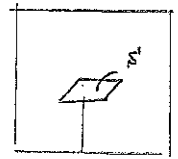
$$= 253,1 \text{ K} \text{ dvs } \approx 0 \text{ i temp. änder.}$$

②

$$p = 1,0 \cdot 10^{-4} \text{ torr}$$

$$T = 300 \text{ K}, d = 3,3 \text{ \AA}$$

$$m = 32 \text{ u}$$



10% av S ska täckas av syre.

$$N \cdot \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2 = S \cdot 0,10$$

$$N = n^* \cdot S \cdot t \quad n^* = \frac{1}{4} n \langle v \rangle$$

$$p = nkT \Rightarrow n = \frac{p}{kT} = \frac{1,0 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{1,013 \cdot 10^5}{760}}{1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 300} = 3,12 \cdot 10^{18} \text{ m}^{-3}$$

$$\langle v \rangle = \sqrt{\frac{8kT}{\pi \cdot m}} = \left(\frac{8 \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 300}{\pi \cdot 32 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27}} \right)^{1/2} = 445,6 \text{ m/s}$$

$$\therefore \frac{1}{4} n \langle v \rangle \cdot S \cdot t \cdot \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2 = S \cdot 0,10$$

$$\Rightarrow t = \frac{0,10 \cdot 4}{\pi \left(\frac{d}{2}\right)^2 \cdot n \langle v \rangle} = \frac{0,4}{\pi \left(\frac{3,3 \cdot 10^{-10}}{2}\right)^2 \cdot 3,12 \cdot 10^{18} \cdot 445,6} = 3,26 \text{ ms} = 3,3 \text{ ms}$$

③

Tvåatomig idealgas $\gamma = \frac{7}{5}$ $A = 2,0 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$

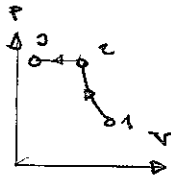
1 $\rightarrow$ 2 adiabatisk kompression

$$p^{1-\gamma} T^\gamma = \text{konst} \Rightarrow T_2 = T_1 \left(\frac{p_1}{p_2} \right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}$$

$$p_1 = 1,013 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2 \text{ (utan föt)}$$

$$p_2 = p_1 + \frac{mg}{A} = p_1 + \frac{70 \cdot 9,81}{2,0 \cdot 10^{-2}} = 1,356 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$$

$$\Rightarrow T_2 = 293 \cdot \left(\frac{1,013}{1,356} \right) = 318 \text{ K} = 45^\circ\text{C}$$



2 $\rightarrow$ 3 : isobar kompression

$$T_3 = T_1$$

$$\left. \begin{aligned} p_1 V_1 &= nRT_1 \\ p_3 V_3 &= nRT_1 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{V_3}{V_1} = \frac{p_1}{p_3} = \frac{1,013}{1,356} =$$

$$= 0,75$$

④

a) Carnot processen : diagram 5

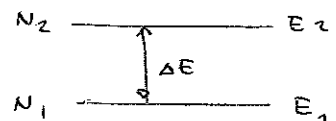
Otto processen : — 1 — 3

b)

$$\Delta E = 0,07 \text{ eV}$$

$$T = 300 \text{ K}$$

$$F_{\text{HB}}$$



$$N_1 = \text{konst} \cdot e^{-E_1/kT}$$

$$N_2 = \text{konst} \cdot e^{-E_2/kT}$$

$$\Rightarrow \frac{N_1}{N_2} = e^{(E_2 - E_1)/kT} = e^{\Delta E/kT} = e^{0,07/0,0259} =$$

$$= [k \cdot 300 = 0,0259 \text{ eV}] = e^{2,7} =$$

$$= 6,89 = 6,9$$

⑤

ur figuren:

	$p \cdot 10^5$	$V \text{ m}^3$	nRT_0	$U \cdot 10^5$
1	20	0,05	1	1,5
2	5	0,10	0,5	0,75
3	5	0,05	0,25	0,375

a) W_{netto}

$$W_{12} = \int p \, dV = \text{konst} \int \frac{dV}{V^2} = p_1 V_1^2 \left[\frac{1}{V_1} - \frac{1}{V_2} \right] = 20 \cdot 10^5 (0,05)^2 \left[\frac{1}{0,05} - \frac{1}{0,10} \right] = 50 \text{ kJ}$$

$$W_{23} = p_2 (V_3 - V_2) = 5 \cdot 10^5 (0,05 - 0,10) = -25 \text{ kJ}$$

$$W_{31} = 0$$

$$\therefore W_{\text{netto}} = 25 \text{ kJ}$$

b) Q:U

$$Q = \Delta U + W \quad U = n \frac{3}{2} R \cdot T$$

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} n R (T_2 - T_1) = -75 \text{ kJ} \Rightarrow Q_{12} = -25 \text{ kJ}$$

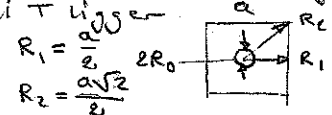
$$Q_{23} = \frac{5}{2} n R (T_3 - T_1) = \frac{5}{2} (0,25 - 0,50) 10^5 = -62,5 \text{ kJ}$$

$$Q_{31} = \frac{3}{2} n R (T_1 - T_3) = \frac{3}{2} (1 - 0,25) 10^5 = 112,5 \text{ kJ}$$

$$\eta = \frac{W_{\text{netto}}}{Q_{21}} = \frac{25}{112,5} = 0,22 = 22\%$$

⑥

Pga symmetrin är en exakt beräkning svår att göra, men genom att studera två fall med cylindersymmetri kan vi avgöra inom vilket intervall T ligger.



$$1) \quad T_0 \quad T_1 \quad \text{Effektutv./m} = P \quad R_1 = 10 \text{ mm}$$

$$P \cdot l = -(2\pi r \cdot l) \lambda \frac{dT}{dr} \Rightarrow \int dT = -\frac{P}{2\pi \lambda} \int \frac{dr}{r} \Rightarrow T_1 - T_0 = \frac{P \ln R_2}{2\pi \cdot \lambda} = \frac{50 \cdot \ln \frac{10}{5}}{2\pi \cdot 0,10} = 55 \text{ K} \Rightarrow T_1 = 75^\circ\text{C}$$

$$2) \quad R_2 \Rightarrow T_1 - T_0 = \frac{50 \cdot \ln \frac{14,14}{5}}{2\pi \cdot 0,10} = 82,8 \text{ K}$$

$$R_2 = 14,14 \text{ mm} \Rightarrow T_1 = 102,8 \text{ K}$$

Den verkliga temp borde ligga i det klämda intervallet.