

Tentamen i FYSIK FÖR INGENJÖRER del 3 för I2 TERMODYNAMIK (ffv 610 & 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 tisdagen den 24 januari 2006

Granskning: tisdagen den 24 januari 2006 kl 12.30 – 13.00 i HC3

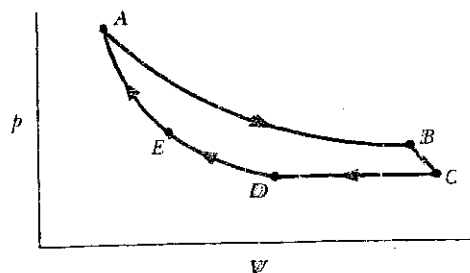
Betyg: 3:a 10-14 p, 4:a 15-19 p, 5:a 20p –

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

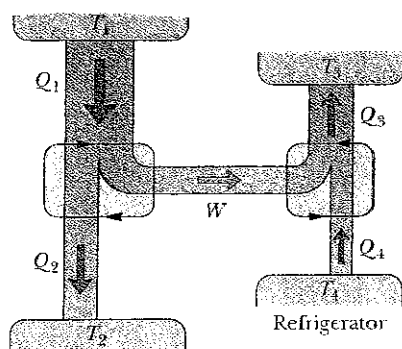
1. Figuren visar en kretsprocess som består av fem delar: AB är en isoterm vid 300 K, BC är en adiabat där gasen uträttar arbetet 5,0 J, CD är en isobar där trycket hålls vid 5 atm, DE är en isoterm och EA är en adiabat där gasens inre energi ändras med 8,0 J.

Hur stor är ändringen av den inre energin under isobaren CD?

Tips: innan du ger dig in på omfattande räkningar så bör du tänka igenom om det inte finns något enkelt sätt att lösa problemet. (4 p)



2. 0,1 kg is som håller temperaturen 0 grader Celsius sänkes ned i 2,0 kg vatten som ursprungligen har temperaturen 80 grader Celsius. Systemet is + vatten är perfekt värmeisolerat från omgivningen. Beräkna skillnaden i entropi för detta system mellan begynnelse- och sluttillstånd. (4 p)
3. På många platser i vårt land lade sig isarna för några veckor sedan. I Göteborgstrakten blev det ungefär 5 cm is. Därefter kom det en del nysnö och här i Göteborg resulterade detta i att isarna belades med cirka 1 dm snö. Redogör för hur isbildningsprocessen går till och hur ett lager nysnö påverkar den fortsatta isbildningen. (4 p)
4. Figuren illustrerar en Carnotmaskin som arbetar mellan temperaturerna  $T_1 = 400$  K och  $T_2 = 150$  K och som driver en Carnotkylmaskin som arbetar mellan temperaturerna  $T_3 = 325$  K och  $T_4 = 225$  K. Bestäm kvoten  $Q_3/Q_1$ . (4 p)



VG VÄND!

5. Man kan visa att antalet partiklar som passerar genom en porös vägg är proportionellt mot partikeltätheten utanför väggen och partiklarnas medelhastighet. Ett litet kärl med porösa väggar evakueras med hjälp av en pump så att trycket i kärlet hela tiden hålls lågt. Därvid strömmar gas in genom kärlväggarna från omgivningen. Strömningen ut genom väggarna kan försummas. Om gasen i omgivningen består till lika delar av väte, syre och argon vad blir då den procentuella sammansättningen av den inströmmande gasen? (4 p)
6. Man tror att Julius Caesar levde 100 – 44 f Kr. Ett talesätt är att man varje gång som man andas får in minst en gasmolekyl som Ceasar hade i sina lungor. Gör rimliga, enkla antaganden och uttala dig, med stöd av beräkningar, huruvida det ligger någon sanning i detta uttalande. (4 p)

Om du vill ha ditt tentaresultat utskickat per e-mail så skriv att du godkänner detta på omslaget. Glöm i så fall inte att ange lämplig e-mailadress



# Lösningar till tentamen i THERMODYNAMIK A-1

- ① AB isoterm  $\Rightarrow \Delta U_{AB} = 0$   
 BC adiabater:  $W_{BC} = 5 \text{ J} \Rightarrow \Delta U_{BC} = -5 \text{ J}$   
 CD isobar:  $\Delta U_{CD}$  sökt  
 DE isoterm:  $\Delta U_{DE} = 0$   
 EA adiabater:  $\Delta U_{EA} = 8 \text{ J}$

$$\sum \Delta U = 0 \Rightarrow \Delta U_{AB} + \Delta U_{BC} + \Delta U_{CD} + \Delta U_{DE} + \Delta U_{EA} = 0$$

$$\Rightarrow 0 + (-5) + \Delta U_{CD} + 0 + 8 = 0$$

$$\Rightarrow \Delta U_{CD} = -3 \text{ J}$$

- ②  $\begin{matrix} \text{Is} & \text{Vatten} \\ \text{X} \text{ (m)} & \text{---} & \text{Y} \text{ (M)} \\ T_0 & & T_1 \end{matrix}$  Vatten:  $c = 4,18 \cdot 10^3 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$   
 $\gamma = 333 \cdot 10^3 \text{ J/kg}$  smältvärme

i) Bestäm systemets sluttemperatur  $= T$

$$m_Y + m(T - T_0) = M c (T_1 - T) \quad m = 0,1 \text{ kg} \\ \Rightarrow T = \frac{m T_1 - m(\gamma/c - T_0)}{M + m} = \frac{2,0 \cdot 333 - 0,1(\frac{333}{4,18} - 273)}{2,1} = 345,4 \text{ K}$$

ii) entropiändringar:  $dS = \frac{dQ}{T}$   
 Y:  $\Delta S_Y = - \int_{T_1}^T \frac{M c \cdot dT}{T} = -2,0 \cdot 4180 \cdot \ln \frac{350}{345,4} = -181,9 \text{ J/K}$   
 X:  $\Delta S_{\text{smält}} = \frac{m \gamma}{T_0} = \frac{0,1 \cdot 333 \cdot 10^3}{273} = 122 \text{ J/K}$   
 $\Delta S_{\text{temp vatten}} = \int_{T_0}^T \frac{m c \cdot dT}{T} = 0,1 \cdot 4180 \cdot \ln \frac{345,4}{273} = 98,3 \text{ J/K}$

$$\Delta S_{\text{tot}} = -181,9 + 122 + 98,3 = 38 \text{ J/K}$$

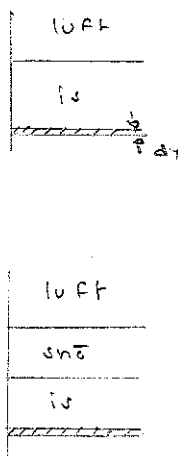
③

För att öka isens tjocklek med  $dy$  krävs att den energi som frigörs vid isbildningen leds igenom isen och ut till luften

Temperaturskillnaden mellan isens över- och undersida avgör hur fort nybildningen av is sker.

Nyont har en värmekälla, framtig som är en bränslecell av typen  $(\approx 1/20)$

Og tillåter att temperaturen på isens undersida kan bli några tiotals minusgrader även som vattentemp är  $-10^\circ \text{C}$ .



④ Carnotprocessen: sökt  $Q_3/Q_1$

Värmemaskin:  $\eta = \frac{W}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = \frac{400 - 150}{400}$

Kylmaskin:  $\eta_k = \frac{|Q_4|}{|W|} = \frac{|Q_4|}{|Q_3| - |Q_4|} = \frac{T_4}{T_3 - T_4} = \frac{225}{100}$

$$\frac{W}{Q_1} = \frac{250}{400} \Rightarrow W = \frac{250}{400} \cdot Q_1$$

$$\frac{Q_4}{W} = \frac{225}{100} \Rightarrow \frac{Q_4}{\frac{250}{400} Q_1} = \frac{225}{100} \Rightarrow \frac{Q_4}{Q_1} = \frac{250 \cdot 225}{100 \cdot 400}$$

$$\frac{Q_4}{Q_3 - Q_4} = \frac{225}{100} \Rightarrow 100 Q_4 = 225 Q_3 - 225 Q_4 \Rightarrow 325 Q_4 = 225 Q_3$$

$$\Rightarrow Q_3 = \frac{325}{225} Q_4 \Rightarrow Q_4 = \frac{225}{325} Q_3$$

$$\Rightarrow \frac{Q_4}{Q_1} = \frac{225 \cdot Q_3}{325 Q_1} = \frac{250 \cdot 225}{100 \cdot 400} \Rightarrow \frac{Q_3}{Q_1} = 2,0$$

⑤

Instämningen är prop. mot  $n_i$  och  $\langle v \rangle$ :

$$\langle v \rangle_i \sim \frac{1}{\sqrt{M_{\text{mol}}}}$$

|                  |              |              |             |
|------------------|--------------|--------------|-------------|
| $M_{\text{mol}}$ | $\text{H}_2$ | $\text{O}_2$ | $\text{Ar}$ |
| (g)              | 2            | 32           | 40          |

$$n_{\text{H}_2} = n_{\text{O}_2} = n_{\text{Ar}}$$

$\therefore$  Instämningens hastigheter  $v$

$$v_{\text{H}_2} : v_{\text{O}_2} : v_{\text{Ar}} = \frac{1}{\sqrt{2}} : \frac{1}{\sqrt{32}} : \frac{1}{\sqrt{40}} = 0,70 : 0,177 : 0,158 \quad \text{summa } 1,035 : 1,035 = 0,666$$

kolHpl med 96,6 för att få procentuell sammansättning.

$$\Rightarrow \text{H}_2 : 67,6\% \quad \text{O}_2 : 17,1\% \quad \text{Ar} : 15,3\%$$

⑥ Jordradi  $\approx 600 \text{ mil}$   
 $\approx 1 \text{ mil atmosfär} \Rightarrow V = 5 \cdot 10^{18} \text{ m}^3$

Caesar andades  $\approx 11$  per sekund i 50 år

$$\Rightarrow \text{luftvolym} \approx 1,6 \cdot 10^9 \text{ l}$$

Vid NTP (dvs  $273 \text{ K}$  och  $1 \text{ atm}$ )

upptar 1 mol ungefär  $22,4 \text{ l}$

$\therefore$  Caesar andades ut  $7 \cdot 10^7$  mol

dvs  $\approx 4 \cdot 10^{29}$  molekyler under sin livstid

Antag att dessa fördelat sig uniformt i atmosfären

$$\Rightarrow \frac{4 \cdot 10^{29}}{5 \cdot 10^{21}} = 8 \cdot 10^7 \text{ caesar molekyler per l}$$

$\therefore$  påstämnet är fullgott