

Växjö universitet  
MSI/fysik/M.Faghihi  
tel 0470 708737

**Tentamen i termodynamik ,FY2032  
sal Rydberg Fredag. 18/12 2009, kl 10.00-15**

- 1- Nästan alla temperaturökningar kräver värmeförflyttning.
  - a) Hur kan temperaturökning sker utan värmeförflyttning?
  - b) Hur kan värme tillföras utan att temperaturen ökas?
  - c) Kan en gas expandera utan att uträcka arbetet?
- 2- En mol av en enatomig ideal gas med temperatur  $T_0=300\text{K}$  och tryck  $p_0=1\times 10^5 \text{ Pa}$  är innesluten i volym  $V_0$ . Låt gasen expandera på tre olika sätt:
  - a) Beräkna arbetet som gasen utför då den expanderas isotermt till volymen  $V_1=2V_0$ .
  - b) Antag istället att gasen expanderas isobart till volymen  $V_1=2 V_0$ . Vad blir då det av gasen uträttad arbetet?
  - c) Låt gasen istället expanderas adiabatiskt till sluttemperaturen  $T_1=11 T_0/(12)$ . Vad blir det av gasen uträttade arbete?
- 3- Beräkna a) det arbete som uträttas, då 1 kg vatten vid  $100^{\circ}\text{C}$  och atmosfärtryck överförs till ånga av  $100^{\circ}\text{C}$  och atmosfärtryck, b) tillfort värme, c) ändringen i inre energi.
- 4- Temperaturen hos 0,5 kmol helium gas ska höjas 20 grader. Hur mycket större är den värmemängd, som krävs för isobart temperaturhöjning jämfört med isokor.
- 5- En värmepump har som källa bottenvatten ur en insjö med temperaturen  $7^{\circ}\text{C}$  och skall avge energi till ett hus varvid temperaturen skall vara  $27^{\circ}\text{C}$ . Värmepumpen kräver en tillford effekt av 1 kW. a) Bestäm värmefaktorn. b) Bestäm angiven effekt. Värmepumpen betraktas som ideal.
- 6- I en värmemaskin med Carnotprocess tillförs värme vid  $300^{\circ}\text{C}$  och bortförs vid  $50^{\circ}\text{C}$ . Volymförhållandet för den isoterma expansionen är 2,5. Beräkna a) processens termiska verkningsgrad, b) nettoarbetet per massenhett under ett varv, c) rita processen i ett pV-diagram.
- 7- Beräkna entropiökningen då 30 gram 0-gradig is smälter till vatten och sedan upphettas till  $10^{\circ}\text{C}$ . Isens specifika smälthalpi är  $334 \text{ kJ/kg}$ , och vattnets specifika värmekapacitet är  $4,18\times 10^3 \text{ J/(kg.K)}$ .

8- Hos en Stirlingmotor, som drivs av solljus, är strålarna koncentrerade med hjälp av reflektorer så att den höga temperaturen hos motorn är  $700^{\circ}\text{C}$ . Den låga temperaturen är rumstemperatur, dvs,  $20^{\circ}\text{C}$ . Arbetsgasen, som är luft, arbetar mellan dessa båda temperaturer. Stirlingprocessen består av 4 delprocesser, 2 isokorer, 2 isotermor. Data finns i följande tabell:

Tillstånd	Tryck/ $10^5 \text{ Pa}$	Volym/ $\text{cm}^3$	Temp/ $^{\circ}\text{C}$
1	4,21	100	700
2	0,7	600	700
3	0,211	600	20
4	1,27	100	20

a) Hur stor effekt utvecklar motorn om den går 11 varv/sekunder. b) Rita processen i ett pV-diagram.

9- En kretsprocess är sammansatt av två isobarer och två isokorer. Det lägsta trycket är 0,1 MPa och det högsta trycket är 0,2 MPa. Den minsta volymen är  $10^{-3} \text{ m}^3$  och den största volymen är  $2 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ .

Beräkna nettoarbetet och nettovärmeutbytet med omgivningen då kretsprocessen genomlöps ett varv.

10- Visa att  $S_2 - S_1 = n.R.\ln(V_2/V_1)$  också om man väljer vägen isobar + isokorför att komma från tillstånd 1 till tillstånd 2.

11-Några tabelldata för kväve: Smältpunkt:  $-210^{\circ}\text{C}$  ( $p=760 \text{ mm Hg}$ ). Kokpunkt:  $-196^{\circ}\text{C}$  ( $p=760 \text{ mm Hg}$ ). Trippelpunkten:  $p=96 \text{ mm Hg}$ ,  $T_t=-210^{\circ}\text{C}$ . Kritiska punkten:  $p_{\text{kritisk}}=34 \text{ bar}$ ,  $T_{\text{kritisk}}=-147^{\circ}\text{C}$ . Bestäm fasen för kväve i vart och ett av följande fall:

- a)  $p=26 \text{ bar}$ ,  $T= -140^{\circ}\text{C}$ .
- b)  $p=0,5 \text{ bar}$ ,  $T= -196^{\circ}\text{C}$ .
- c)  $p= 760 \text{ mm Hg}$ ,  $T= -205^{\circ}\text{C}$ .

Formelsamling i Termodynamik och Statistisk fysik

**1: a Huvudsatsen**  $Q_{1 \rightarrow 2} = dU + W_{1 \rightarrow 2}$   $W_{1 \rightarrow 2} = \int p dV$ ,  $Q_{1 \rightarrow 2} = dH + W_t$   $W_{t \rightarrow 2} = - \int V dp$

**Ideala gaser:**  $pV = mR_g T$ ,  $pV = nRT$

**Allmänna gaskonstanten:**  $R = 8,314 \text{ J/(mol.K)}$

Process	Polytrop	Adiabat	Isoterm	Isokor	Isobar
Definition	$pV^n = \text{konst}$	$Q=0, S=\text{konst}$	$T=\text{konst}$	$V=\text{konst}$	$p=\text{konst}$
Allmänt	$T_1/T_2 = [V_2/V_1]^{(n-1)}$ $T_1/T_2 = [p_1/p_2]^{(n-1)/n}$	$T_1/T_2 = [V_2/V_1]^{(\gamma-1)}$ $T_1/T_2 = [p_1/p_2]^{(1-\gamma)/\gamma}$	$p_1 V_1 = p_2 V_2$ $p V^\gamma = \text{konstant}$	$T_1/T_2 = p_1/p_2$	$T_1/T_2 = V_1/V_2$
Spec. värme :				$Q = mc_v(T_2 - T_1)$	$Q = mc_p(T_2 - T_1)$
Tillfört värme:	$Q = c_v(n-\gamma/n-1)(T_2 - T_1)$	$Q = 0$	$Q = mRT \ln(V_2/V_1)$ $Q = T_1(S_2 - S_1)$	$Q = mc_v(T_2 - T_1)$	$Q = mc_p(T_2 - T_1)$
Inre energi: U	$dU = mc_v dT$	$Q_{1 \rightarrow 2} = W_{1 \rightarrow 2}$ $dU = 0$	$(Q_{1 \rightarrow 2})_V = dU$	$(Q_{1 \rightarrow 2})_p = dU + pdV$	
Entalpi: H	$dH = dU + pdV$ $H = U + pV$	$mc_v dT + pdV = 0$ $dH = m \int c_p dT$	$dH = 0$	$dH = dU + d(pV)$ $dH = m \int c_p dT$	$dH = dU + pdV$ $dH = m \int c_p dT$
Volym- ändrings- arbete: W	$W = (p_1 V_1 - p_2 V_2)/(n-1)$	$W = (p_1 V_1 - p_2 V_2)/(\gamma-1)$ $W_{1 \rightarrow 2} = (U_1 - U_2)$ $W_{1 \rightarrow 2} = mR(T_1 - T_2) / (n-1)$	$W = Q$ $W_{1 \rightarrow 2} = pV_1 \ln(V_2/V_1)$ $W_{1 \rightarrow 2} = mR(T_1 - T_2) / (\gamma-1)$	$W = 0$ $W_{1 \rightarrow 2} = mRT_1 \ln(V_2/V_1)$	$W_{1 \rightarrow 2} = p(V_2 - V_1)$
Tekniskt- Arbete: $W_t = \int V dP$	$W_t = nW$	$W_t = \gamma W$	$W_t = W = Q$	$W_t = V(p_1 - p_2)$	$W_t = 0$
Andra huvudsatsen : $dS = Q/T$	$\Delta S = 0$	$\Delta S = Q/T$	$\Delta S = mc_v \ln(T_2/T_1)$	$\Delta S = mc_p \ln(T_2/T_1)$	
(Entropi S) $S_2 - S_1 = m \ln(T_2/T_1)$					
Verkningsgrad :					
Värmemotor	$\eta_f = (Q_1 - Q_2)/Q_1 = (\text{carnot cykel})$	$\eta_{lc} = (T_1 - T_2)/T_1$			
Köldfaktor	$\varepsilon = Q_2/W = Q_2/(Q_1 - Q_2) = T_2/(T_1 - T_2)$				
Värmefaktor	$\varepsilon_v = Q_1/W = (W + Q_2)/W = T_1/(T_1 - T_2)$		$\varepsilon_v = 1 + \varepsilon$		
Strålning :	Stefan-Boltzmanns lag $\Phi = A \varepsilon \sigma T^4$		$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W / (m}^2 \cdot \text{K}^4)$		

**Kinetisk gasteori :**  $m < v^2 >/2 = 3/2 (k_B T)$ , Boltzmanns konstant  $k_B = 1,380 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$

$U = (3/2)Nk_B T$ ,  $c_V = (f/2)R$ ,  $c_p = c_V + R$ . Enatomiga gaser:  $\gamma = c_p/c_V = 5/3$ , Tvåatomiga gaser:  $\gamma = 7/5$

**Fria medelväglängden:**  $L = 1/(n\pi d^2 \sqrt{2})$

**Statistisk Fysik :**  $v_p = [(2k_B T)/m]^{1/2}$ ,  $<v> = [(8k_B T)/\pi \cdot m]^{1/2} = [(8RT/\pi \cdot M)]^{1/2}$ ,  
 $v_{rms} = [<v^2>]^{1/2} = [(3k_B T)/m]^{1/2} = [(3RT)/M]^{1/2}$