

HØGSKOLEN
I SØR-TRØNDELAG**HØGSKOLEN I SØR-TRØNDELAG****AVDELING FOR
MAT- OG MEDISINSK TEKNOLOGI**

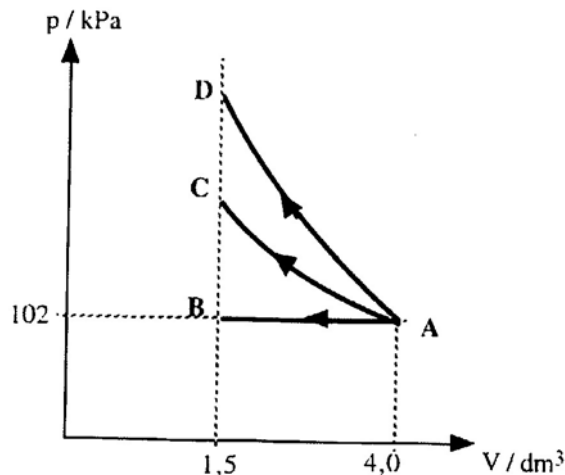
Eksamensdato:	25. mai 2007					
Varighet:	Kl. 09:00-14:00 (5 timer)					
Emnekode:	FO173N					
Emnenavn:	Prosessteknologi					
Kull/klasse:	1N					
Studiepoeng:	9					
Fagansvarlig(e):	Arild Heggeset					
Hjelpemidler:	Godkjent kalkulator, type 1					
Oppgavesettet består av:	7 oppgaver på 5 sider (inkludert denne forsiden)					
Vedlegg består av:	Totalt 3 sider: Vedlegg 1: Formelsamling (2-sider) Vedlegg 2: log p-h diagram for ammoniakk					
Merknad: Oppgaveteksten kan beholdes av studenten. Ved bedømmelse blir oppgavene vektlagt som angitt i %.						
Lykke til!						

Oppgave 1 (20 %)

Vi betrakter en en-atomig idealgass som i grunntilstand (A) har volum $4,0 \text{ dm}^3$, temperatur 30°C og trykk 102 kPa . Gassen komprimeres på 3 forskjellige måter, illustrert nedenfor, til den får volumet $1,5 \text{ dm}^3$.

Data gass: $C_{mV} = 12,5 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$

$C_{mP} = 20,9 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$



- Beregn gassmengden i antall mol og antall molekyler.
- Avgjør ved å betrakte figuren hvilke av prosessene ($A \rightarrow B$, $A \rightarrow C$, $A \rightarrow D$) som er henholdsvis adiabatisk, isobar og isotherm. Avgjør hvilke av prosessene som krever henholdsvis størst og minst arbeid til komprimering, og begrunn svaret.

Beregn temperatur og trykk i slutttilstandene B, C og D samt varme, arbeid og endring i indre energi gjennom prosessene når gassen fra starttilstand A komprimeres til $1,5 \text{ dm}^3$:

- adiabatisk.
- isobart.
- isothermt.

Oppgave 2 (10 %)

Et fryseromsanlegg arbeider mellom temperaturene -10°C og $+30^\circ\text{C}$ med ammoniakk (R717) som kuldemedium. Betrakt kuldekretsen som ideell.

- Tegn inn kuldeprosessen i log p-h diagram for ammoniakk og skriv navn på de ulike trinnene. (vedlegg 2). Diagrammet legges ved besvarelsen. Bestem trykket for fordampere og kondensator i kPa.
- Bestem kuldefaktoren til den ideelle kuldeprosessen.
- Anlegget har et totalt kuldebehov på $8,5 \text{ kW}$. Beregn massestrømmen av ammoniakk som trengs i den ideelle kretsen, og effekten som kreves av kompressoren.

Oppgave 3 (15 %)

Veggene i en fryseboks består av 6 mm plast ytterst og 18 mm isopor innerst. Boksen har et samlet overflateareal på 10 m^2 . Lufttemperaturen inni boksen er -18°C . Lufttemperaturen utenfor boksen er 12°C .

- a) Vis at veggens varmeoverføringskoeffisient (K-verdi) er gitt ved:

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{h_{\text{outside}}} + \frac{1}{k_{\text{plast}}} + \frac{1}{k_{\text{isopor}}} + \frac{1}{h_{\text{inside}}}$$

- b) Beregn varmeoverføringskoeffisienten.
- c) Beregn varmestrøm inn i boksen.
- d) Beregn overflatetemperaturen på veggen inne i fryseboksen.

Data:

Varmeledning:	$\lambda_{\text{plast}} = 0,16 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$	$\lambda_{\text{isopor}} = 0,01 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$
Varmeovergang:	$h_{\text{outside}} = 23 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$	$h_{\text{inside}} = 7,7 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$

Oppgave 4 (10 %)

I en motstrøms varmeveksler for oppvarming av juice økes temperaturen i juicen fra 20 til 70°C . Varmemedium er vann som avkjøles fra 99 til 65°C .

- a) Skisser temperaturforløpet i varmeveksleren og beregn logaritmisk midlere temperaturdifferens.

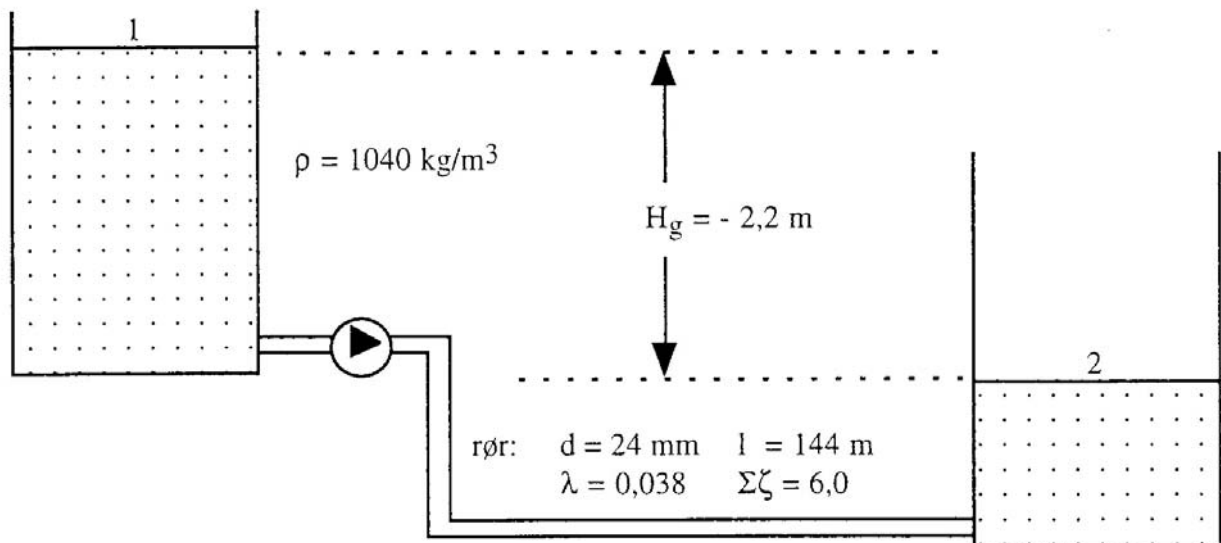
Varmeveksleren har et plateareal $A = 3,2 \text{ m}^2$ og varmestrømmen er på 16 kW .

- b) Beregn varmevekslerens varmeoverføringskoeffisient og massestrømmen av juice gjennom den.

Data for juice: $c = 3,9 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$

Oppgave 5 (20 %)

To åpne tanker med melk er forbundet med rør og pumpe som vist i figuren:



- Begrunn at pumpas totale løftehøyde i denne situasjonen får formen

$$H_p = H_g + h_{\text{tap}}$$
- Bruk data fra figur og vis at farten til melka i røret uten pumpe (dvs. $H_p = 0$) blir $v = 0.43 \text{ m/s}$.
 Væskestrømmen er turbulent.
- Hvor lang tid tar det å overføre 1200 liter melk fra tank 1 til 2 uten pumpe? Anta konstant nivåforskjell mellom tankene $H_a = -2.2 \text{ m}$.
- Pumpa koples inn for å oppnå raskere transport. Beregn pumpas totale løftehøyde når prosessen i c) skal utføres 10 ganger raskere.
- Pumpa snus for å pumpe melka motsatt vei fra tank 2 til 1. Beregn pumpas løftehøyde og effekt når melka skal strømme med samme fart som i d).

Oppgave 6 (10 %)

I en varmtvannstank med et elektrisk varmeelement skal temperaturen holdes konstant på 80°C (referansen y_o). Temperaturen i tanken reguleres med en av/på-regulator på grunnlag av målt temperatur y .

- Forklar kort hvordan av/på-regulatoren virker og hva som er de viktigste fordelene og ulempene med av/på regulatorer.
- Forklar kort hvordan av/på-regulatoren vil virke når den har blitt utstyrt med en dødsone på $\pm 2^\circ\text{C}$.
- Tegn et blokkdiagram for reguleringsløyfa. Forklar elementene som inngår.

Oppgave 7 (15 %)

NB! Velg 3 av 6 deloppgaver. Det gir ikke ekstrapoeng å besvare flere enn 3. Hvis 4-6 oppgaver besvares, vil de 3 oppgavene med best skår telle med i bedømmelsen av besvarelsen.

- a) En melkemengde på 7200 liter/time strømmer gjennom en rørledning med innvendig diameter på 2,5 cm. Temperaturen på melka er 21°C og ved denne temperaturen er massetettheten $1,03 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ og viskositeten er $2,1 \cdot 10^{-3} \text{ Pas}$.
Er strømmingen laminær eller turbulent?

- b) Sedimentering beskrives ved formelen:

$$v = \frac{2 \cdot g \cdot (\rho_k - \rho_f) \cdot r^2}{9 \cdot \eta}$$

- i) Forklar hva de enkelte symbolene i formelen står for og hvilke enheter de har.
ii) Hva er sammenhengen mellom partikkelstørrelse og sedimenteringsfart?
iii) Hvilken teknikk kan vi ta i bruk for å utføre sedimentering raskere, og hvilket ledd i formelen vil da bli endret? Forklar symboler og enheter i endret formel.
- c) Hvilke prosesstrinn inngår i produksjon av tørrmelk? Beskriv hva som skjer på de ulike trinnene (inklusive omtrentlige prosessbetingelser og tørrstoffnivå).
- d) Forklar virkemåten til seteventiler og spjeldventiler. Gi ett eksempel på bruk av hver av ventiltypene.
- e) Hvilken pumpetype benyttes mest i meierier? Beskriv virkemåte og gi eksempel på bruken. Forklar tre måter som kan brukes for å regulere gjennomstrømmingen.
- f) i) Polyetylenfolie (PE) er mye brukt som emballasje for matvarer. Beskriv produksjonsprosessen for polyetylenfolie.
ii) Hva er en legering? Hva kan oppnås med bruk av legeringer fremfor rene materialer?

Vedlegg 1: Formelsamling Prosessteknologi

Strømningslære

Trykk:

$$p = F/A \quad p = p_0 + \rho gh$$

Masse- og volumstrøm og kontinuitetsligningen:

$$q_v = V/t \quad q_m = m/t$$

$$q_v = Av \quad q_m = \rho Av$$

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 \quad (\text{kompresible fluider: } \rho_1 A_1 v_1 = \rho_2 A_2 v_2)$$

Bernoullis ligning:

$$p + \frac{1}{2} \rho v^2 + \rho gy = \text{konst.} \quad (\text{friksjonsfri strømning})$$

$$p_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho gy_1 = p_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho gy_2 + \Delta p \quad (\text{med friksjonstap})$$

Hagen-Poiseuilles formel:

$$q_v = \frac{\pi (p_1 - p_2)}{8\eta l} R^4 = \frac{\pi R^4 \cdot \Delta p}{8 \cdot \eta \cdot l}$$

Reynolds tall:

$$Re = \frac{\rho D v}{\eta}$$

$$Re < 2000 \Rightarrow \text{laminær strøm}$$

$$Re > 3000 \Rightarrow \text{turbulent strøm}$$

Sedimentering:

$$v = \frac{2g(\rho_k - \rho_f)r^2}{9\eta}$$

Sentrifugering:

$$v = \frac{2\omega^2 R_i (\rho_k - \rho_f) r^2}{9\eta} \quad \omega = \frac{2\pi}{T}$$

Anlegg med pumpe:

$$H_p + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} + y_1 = \frac{p_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} + y_2 + h_{up} \quad (H_s = y_2 - y_1)$$

$$P = \rho g q_v H_p = q_v \cdot \Delta p$$

$$h_{up} = \frac{32 \eta l v}{g \rho d^2} \quad (\text{laminær strøm})$$

$$h_{up} = \lambda \frac{l}{d} \frac{v^2}{2g} + \sum \zeta \frac{v^2}{2g} \quad (\text{turbulent strøm})$$

Varme

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta T$$

$$Q = C_m \cdot n \cdot \Delta T$$

$$Q = I_s \cdot m$$

$$Q = I_f \cdot m$$

$$Q = \Delta h \cdot m$$

Varmestrøm

Varmestrøm:

$$\Phi = Q/t$$

Varmedledning:

$$\Phi = \lambda A \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

Radiell varmestrøm:

$$\Phi = \frac{2\pi\lambda L}{\ln\left(\frac{b}{a}\right)} \Delta T$$

Varmegiennomgang:

$$\Phi = kA\Delta T \quad \frac{1}{k} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} + \dots + \frac{1}{k_n} \quad k_i = \frac{\lambda_i}{l_i} \quad i = 1 \dots n$$

Varmeovergang:

$$\Phi = hA\Delta T$$

Varmeoverføring:

$$\Phi = KA\Delta T \quad \frac{1}{K} = \frac{1}{h_a} + \frac{1}{k} + \frac{1}{h_b}$$

Varmevekslere:

$$\Phi = KA\Delta T_m \quad \Delta T_m = \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\ln\left(\frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}\right)}$$

$$\Phi = c q_m \Delta T$$

Termisk stråling:

$$\Phi = \epsilon \sigma A T^4 \quad (0 < \epsilon < 1)$$

Temperatur

$$T[K] = t[^\circ C] + 273 \text{ K}$$

Idealgasser

$$pV = nRT, \quad pV = NkT \quad (n = N/N_A)$$

$$\frac{pV}{T} = \text{konst.}$$

$$U = \frac{3}{2} nRT \quad (\text{en-atomig}) \quad U = \frac{5}{2} nRT \quad (2\text{-atomig}) \dots$$

Termodynamikkens 1. hovedsetning

$\Delta U = Q + W$ endring i indre energi (ΔU) til et system som har gjennomgått en prosess er lik summen av overført varme (Q) og utført arbeid (W) i prosessen.

Fortegn: Q + når varmen er overført fra omgivelser til system
 - når varmen er overført fra system til omgivelser

W + når omgivelser har utført arbeid på systemet
 - når system har utført arbeid på omgivelser

Termodynamiske prosesserisokor:

$$W = 0 \quad Q = n \cdot C_{mV} \cdot \Delta T \quad \Delta U = Q$$

$$p/T = \text{konst.}$$

isobar:

$$W = -p\Delta V \quad Q = n \cdot C_{mp} \cdot \Delta T \quad \Delta U = Q + W$$

$$V/T = \text{konst.}$$

isoterm:

$$W = -nRT \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right) \quad Q = -W \quad \Delta U = 0$$

$$pV = \text{konst.}$$

adiabatisk:

$$\Delta U = n \cdot C_{mV} \cdot \Delta T \quad W = \Delta U \quad Q = 0$$

$$pV^\gamma = \text{konst.} \quad TV^{\gamma-1} = \text{konst.} \quad \gamma = \frac{C_{mp}}{C_{mV}}$$

KretsprosesserVirkningsgrad varmekraftmaskin:

$$\eta = \frac{W}{Q_i} \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{arbeid avgitt i et omløp} \\ \text{varme mottatt fra reservoar med høy temp.} \end{array} \right.$$

Carnotvirkningsgrad:

$$\eta_c = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

Termodynamikkens 2. hovedsetning:

Virkningsgraden til en varmekraftmaskin kan aldri bli større enn Carnotmaskinens virkningsgrad.

Kuldefaktor:

$$\varepsilon_k = \frac{Q_{inn}}{W} = \frac{\Delta h_{fordamper}}{\Delta h_{kompressor}}$$

Varmefaktor:

$$\varepsilon_v = \frac{Q_{ut}}{W} = \frac{\Delta h_{kondensator}}{\Delta h_{kompressor}}$$

Regulatorer (kontinuerlige)

symbol / beskrivelse	matematisk uttrykk
P proporsjonal	$u = K_p e$
I integral	$u = 1/T_i \int e \, dt$
PI proporsjonal+ integral	$u = K_p (e + 1/T_i \int e \, dt)$
PD proporsjonal+ derivat	$u = K_p (e + T_d e')$
PID proporsjonal+ integral + derivat	$u = K_p (e + 1/T_i \int e \, dt + T_d e')$

KONSTANTER

tyngdens akselerasjon	$g_n = 9,80665 \, \text{m/s}^2$
standard atmosfære	1 atm = 101,325 kPa
Boltzmanns konstant	$k = 1,3807 \cdot 10^{-23} \, \text{J/K}$
Plancks konstant	$h = 6,6261 \cdot 10^{-34} \, \text{Js}$
Molar gasskonstant	$R = 8,3145 \, \text{J/(mol} \cdot \text{K)}$
Stefan/Bolzmn.	$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \, \text{W/(m}^2 \text{K}^4)$
Avogados konstant	$N_A = 6,0221 \cdot 10^{23} \, \text{mol}^{-1}$

ENHETER

1 J = 1 kg m ² /s ²	1 J = 1 Ws	1 J = 1 VAs
1 kWh = 3,6 · 10 ⁶ J	1 kJ = 1000 J	
1 cal = 4,2 J	1 J = 1/3,6 · 10 ⁶ kWh	
1 W = 1 J/s (= 1 kg m ² /s ³)	1 W = 1 VA	
1 kW = 1000 W (= 1 kJ/s)	1 Hk = 735 W	
1 Pa = 1 N/m ² = 1 kg / s ² m	1 kPa = 1000 Pa	
1 atm. = 101,3 kPa	1 bar = 100 kPa	(= 100.000 Pa = 1atm.)
1 mbar = 100 Pa		
1 mmHg = 133,3 Pa	(1 torr = 1 mmHg)	

Studentnr: _____

Vedlegg 2: log p-h diagram for ammoniakk (R717)