

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

Kandidatnr:						
Eksamensdato:	.august 2007					
Varighet:	Kl. 09:00-14:00 (5 timer)					
Fagnummer:	FO173N					
Fagnavn:	Prosessteknologi					
Klasse(r):	1N					
Studiepoeng:	9					
Faglærer(e):	Jørgen Mæhle (telefon 95150488)					
Hjelpemidler:	Godkjent kalkulator, type HP 30S					
Oppgavesettet består av:	6 oppgaver på 4 sider (inkludert denne forsiden)					
Vedlegg består av:	Totalt 2 sider: Vedlegg 1: Formelsamling (2-sider)					
Merknad: Oppgaveteksten kan beholdes av studenten.						
Lykke til!						

Oppgave 1 (15 %)

Ytterveggen i et fryselager består av følgende materiallag fra ytterst mot innerst: 20 cm betong - 15 cm steinull - 10 cm betong - 8 cm isopor. Arealet av veggen er 32 m^2 . Lufttemperaturen ute er 24°C og lufttemperaturen inne er -22°C .

Oppgitt: $\lambda_{\text{betong}} = 0,8 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ $\lambda_{\text{steinull}} = 0,04 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ $\lambda_{\text{isopor}} = 0,01 \text{ W/m}\cdot\text{K}$
 $h_{\text{inside}} = 7,7 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ $h_{\text{outside}} = 23 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$

- Vis at veggens varmeoverføringskoeffisient er $K = 0,0268 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$.
- Beregn varmestrømmen gjennom veggen.
- Beregn overflatetemperaturen på innsida av veggen.

Oppgave 2 (10 %)

I en motstrøms varmeveksler varmes olje fra 32 til 40°C av vann som avkjøles fra 60 til 44°C . Varmevekslerens varmeoverføringskoeffisient $K = 320 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$

- Skisser temperaturforløpet til olje og vann gjennom varmeveksleren, og beregn den logaritmiske middeltemperaturdifferansen for varmeveksleren.
- Beregn varmevekslerens areal når varmestrømmen er 1440 W .
- Hvor stort måtte arealet være ved samme varmestrøm og temperaturer dersom varmeveksleren var medstrøms?

Oppgave 3 (20 %)

En sylinder med N_2 -gass tilføres en varmemengde på 45 kJ pr. kg gass. Beregn temperaturøkningen i gassen dersom varmetilførselen foregår ved:

- Konstant trykk.
- Konstant volum.
- Hva menes med en adiabatisk prosess?

Gitt 3 mol N_2 -gass (regnes som 2-atomig idealgass) med temperatur 12°C og trykk 100 kPa .

- Beregn nytt trykk og ny temperatur i gassen etter at den har gjennomgått en adiabatisk ekspansjon slik at volumet doubles.
- Beregn også hvor stort arbeid gassen utførte ved ekspansjonen. Skisser et pV-diagram som beskriver denne prosessen og skraver størrelsen på det utførte arbeidet i diagrammet.

Data gass: $C_{mV} = 20,8 \text{ J/(mol}\cdot\text{K)}$ $C_{mP} = 29,1 \text{ J/(mol}\cdot\text{K)}$ $\gamma = 1,4$ $M_m(\text{N}_2) = 28 \text{ g/mol}$

Oppgave 4 (20 %)

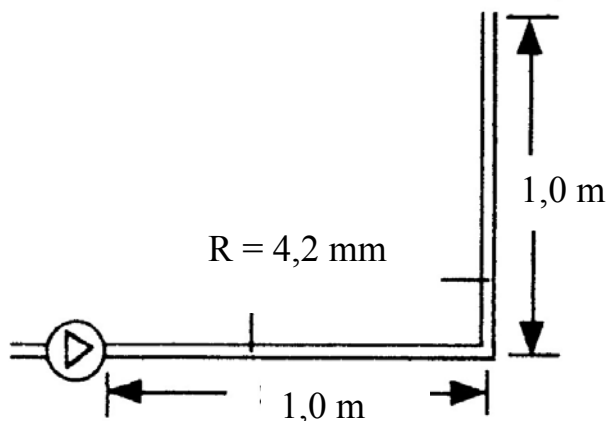
I et tappeanlegg for soyaolje ledes oljen ved 20°C gjennom et rør med radius 4,2 mm.

Oppgitt for soyaolje ved 20 °C: $\eta = 0,065 \text{ Pas}$, $\rho = 900 \text{ kg/m}^3$.

- a) Bestem maksimal gjennomsnittsfart og maksimal volumstrøm av olje i røret når det kreves at strømmingen skal være laminær.

En pumpe genererer et overtrykk på 54 kPa hvoretter oljen ledes gjennom et horisontalt rør med lengde 100 cm og radius 4,2 mm for tapping på kanner som hver rommer 2,5 liter.

- b) Beregn volumstrømmen av olje og hvor lang tid det tar å fylle opp hver kanne.
- c) Hvilken radius skal røret ha hvis tappetiden skal halveres (lengde og overtrykk som før)?
- d) Hvordan påvirkes tappetiden av temperaturen i oljen?
- e) Olje som skal leveres i containere pumpes til et annet tappeanlegg gjennom et rør med radius 4,2 mm til et nivå 1 meter høyere (som vist på figuren under). Farten skal være den maksimale som gir laminær strømning. Oljen renner ut av røret mot atmosfæretrykket $p_a = 100 \text{ kPa}$. Hvor høyt overtrykk kreves det ut fra pumpa i denne situasjonen? (se bort ifra friksjon og eventuell turbulens i rør-skjøten).

**Oppgave 5 (15 %)**

En væskestrøm skal opprettholdes på konstant nivå y_0 . Målt væskestrøm er y .

- a) Hvordan utføres henholdsvis struperegulering og turtallsregulering av en væskestrøm?
- b) Hva er og hvordan beregnes reguleringsavviket (e)? Forklar med utgangspunkt i regulering av væskestrøm, hva som menes med en tilbakekoblet sløyfe.
- c) Hva kan man oppnå ved å bruke en PI-regulator (Proporsjonal og Integral) for væskestrøm sammenlignet med en enklere P-regulator (Proporsjonal) ?
- d) Tegn et blokkdiagram for en reguleringsløyfe for regulering av væskestrøm. Forklar elementene som inngår.

Oppgave 6 (20 %)

NB! Velg 4 av 6 deloppgaver. Det gir ikke ekstrapoeng å besvare flere enn 4. Hvis 5-6 oppgaver besvares, vil de 4 oppgavene med best skår telle med i bedømmelsen av besvarelsen.

- a) Radioaktivitet. Svar kort på følgende spørsmål:
 - i. Hva består alfa-, beta- og gammastråling av?
 - ii. Hva er forskjellen på fysisk og biologisk halveringstid?
 - iii. Hva menes med bakgrunnsstråling?
 - iv. Hva slags stråling benyttes på mat?
 - v. Forklar hva som menes med en radioaktiv serie.
- b) Hvilke tre mekanismer for varmeoverføring finnes? Beskriv hvordan varmeoverføringen skjer og gi eksempler på varmeoverføring ved hver av de tre mekanismene.
- 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) Forklar virkemåten og nevnt eksempler på bruken av følgende typer varmevekslere i matindustrien:
 - i) Platevarmevekslere.
 - ii) Rørvarmevekslere.
 - iii) Skrapevarmevekslere.
- f) Et plastrør med indre diameter $d_i = 18 \text{ mm}$ og ytre diameter $d_y = 26 \text{ mm}$ leder varmt vann slik at temperaturen på rørets innside er 65°C . Varmeledningskoeffisient for plastmaterialet: $\lambda = 0,06 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$. Beregn temperaturen på rørets utside når varmetapet pr. meter rør er 25 W .

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:

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

Anlegg med pumpe:

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

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

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

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

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:

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

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:

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

Temperatur

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

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:

$$W = 0 \quad Q = n \cdot C_m V \cdot \Delta T \quad \Delta U = Q$$

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

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:

$$\Delta U = n \cdot C_m V \cdot \Delta T \quad W = \Delta U \quad Q = 0$$

$$pV^\gamma = \text{konst.} \quad TV^{\gamma-1} = \text{konst.} \quad \gamma = \frac{C_p}{C_v}$$

KretsprosesserVirkningsgrad varmekraftmaskin:

$$\eta = \frac{W}{Q_1} \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{arbeid avgitt i et omløp} \\ \text{varme mottatt fra reservoar med høy temp.} \end{array} \right.$$

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/Bolzm.	$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \, \text{W/(m}^2 \text{K}^4)$
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 = 1 atm.)
1 mbar = 100 Pa		
1 mmHg = 133,3 Pa	(1 torr = 1 mmHg)	