



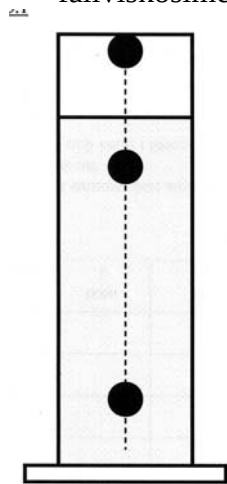
HØGSKOLEN I SØR-TRØNDELAG

AVDELING FOR MAT- OG MEDISINSK TEKNOLOGI

Kandidatnr:						
Eksamensdato:	. august 2006.					
Varighet:	Kl. 09.00-14.00 (5 timer)					
Fagnummer:	FO173N					
Fagnavn:	Prosessteknologi					
Klasse(r):	1N					
Studiepoeng:	9					
Faglærer(e):	Arild Heggset					
Hjelpemidler:	Godkjent kalkulator, type 1					
Oppgavesettet består av:	5 oppgaver på 6 sider (inkludert denne forsiden)					
Vedlegg består av:	Totalt 3 sider: Vedlegg 1: Formelsamling (2-sider) Vedlegg 2: Flytskjema for treningsmeieri					
Merknad: Oppgaveteksten kan beholdes av studenten.						
Lykke til!						

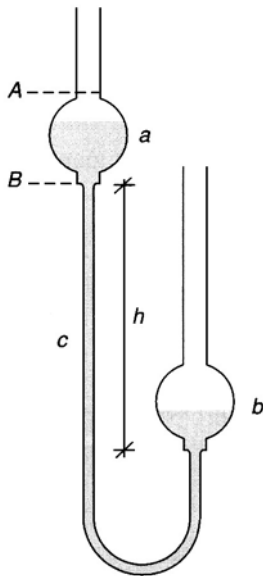
Oppgave 1 (15 %)

- a) I en laboratorieoppgave ble du kjent med måling av viskositet ved bruk av fallviskosimeter som vist i figuren under.



- i. Forklar hvordan viskositet kan måles og beregnes ved hjelp av fallviskosimeteret.
- ii. Sett opp en ligning som viser viskositeten i et fallviskosimeter, som funksjon av egenskapene til kula og fluidet. Forklar symbolene som inngår i ligningen og hvilke enheter de oppgis i.

- b) Figuren under viser et kapillarrørviskosimeter. En væske strømmer fra kolbe a til kolbe b gjennom et kapillarrør c. Vi måler viskositeten til en væske (2) ved å ta tida fra væsknivået er ved merket A til det er ved merket B. Tida sammenlignes med den tilsvarende tida for en standardvæske (1) med kjent viskositet.



Gå ut fra at standardvæsken har viskositet η_1 og massetetthet ρ_1 , og at væsknivået synker fra A til B på tida t_1 for denne væsken.

Anta at trykkforskjellen mellom væsknivået i de to kolbene a og b er konstant og lik trykkehøyden $\rho \cdot g \cdot h$ samt at strømmingen er laminær.

Vis at viskositeten η_2 til væske 2 som har massetetthet ρ_2 , da blir:

$$\eta_2 = \eta_1 \cdot \frac{\rho_2 \cdot t_2}{\rho_1 \cdot t_1} \text{ der } t_2 \text{ er tida for væske 2 fra A til B.}$$

Aktuelle formler:

$$\Delta p \approx \rho \cdot g \cdot h \quad V_1 = V_2 \Leftrightarrow q_{v1} \cdot t_1 = q_{v2} \cdot t_2$$

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

- c) Vi skal bruke kapillarrørviskosimeteret i b) til å måle viskositeten til melk ved temperaturen 10°C . Melk har massetetthet 1040 kg/m^3 ved 10°C . For melka går det 13,18 sekunder fra væsknivået er ved merket A til det er ved merket B (se figur). Vi sammenligner med vann som har viskositet $1,307 \cdot 10^{-3} \text{ Pas}$ og massetetthet på $999,7 \text{ kg/m}^3$. For vann er synketida fra A til B på viskosimeteret 6,40 sekunder. Regn ut viskositeten til melka ved 10°C .

Oppgave 2 (25 %)

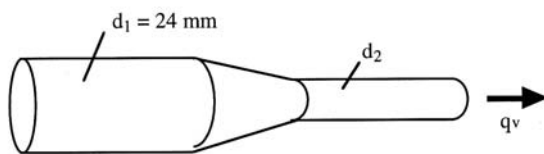
Data for melk ved 10°C:

Massetetthet for melk: $\rho_{\text{melk}} = 1040 \text{ kg/m}^3$

Massetetthet for melkefett: $\rho_{\text{melkefett}} = 900 \text{ kg/m}^3$

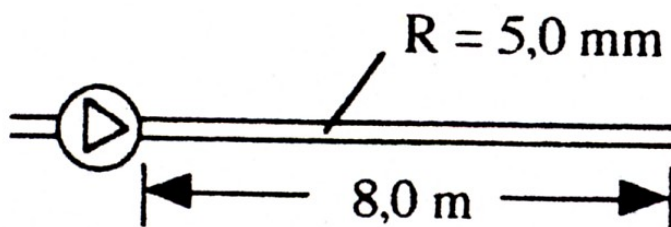
Viskositet for melk: $\eta = 2,8 \cdot 10^{-3} \text{ Pas}$

- a) Ved homogenisering av melk blir fettkulene sprengt og nye fettkuler dannes med en radius som er 1/8 av den opprinnelige på $2,3 \text{ }\mu\text{m}$ ($1 \text{ }\mu\text{m} = 1,0 \cdot 10^{-6} \text{ m}$). Bestem hvor fort fettkulene stiger i melken:
- før homogenisering
 - etter homogenisering
 - før homogenisering i en sentrifuge med radius 25 cm. Bestem hvilken rotasjonsfart i rpm (runder pr. min) som er nødvendig for at prosessen skal gå 100 ganger raskere enn i.
- b) En volumstrøm på 240 liter melk pr. time med en temperatur på 10°C ledes gjennom et røranlegg hvor diameteren reduseres etter en innsnevring:

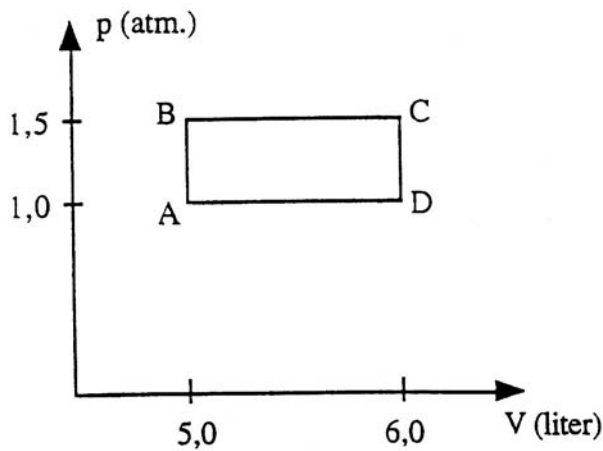


- Bestem gjennomsnittsfarten til melka i den tykkeste delen av røret og vis at strømmingen her er laminær.
- Hvor stor kan diameteren i den tynneste delen av røret være for at strømmingen der skal være turbulent?

Soyaolje har viskositet på 0,35 Pas og massetetthet 900 kg/m^3 . Oljen strømmer gjennom et horisontalt rør med radius $R = 5,0 \text{ mm}$ og lengde 8,0 m:



- c) Det skal pumpes 1,2 liter soyaolje pr. minutt gjennom røret (fig). Bestem trykket ut fra pumpe når oljen renner ut av røret mot atmosfæretrykket ($p_a = 100 \text{ kPa}$).

Oppgave 3 (20 %)

Ved siden av vises et pV-diagram for en enatomig gass som befinner seg i en beholder som kan utvide seg.

I tilstand A har gassen temperatur 27 °C. Fra A til B varmes gassen opp ved konstant volum, fra B til C varmes gassen opp ved konstant trykk. Fra C til D avkjøles gassen ved konstant volum, og endelig fra D til A avkjøles den ved konstant trykk

- Beregn temperaturen i tilstand B og tilstand D når temperaturen i C oppgis til å være 267 °C.
- Hvor mange mol gass er det i beholderen ?
- Beregn varmen som er avgitt eller mottatt i hver av de fire delprosessene.
- Hvor mye varme har gassen avgitt og mottatt på et omløp?
- Hvor mange omløp må denne prosessen ta for å yte et netto mekanisk arbeid på 1kWh ?

- Fra tilstand C ekspanderes idealgassen adiabatisk slik at den i slutttilstanden (E) får volumet 10 liter (ikke vist på figuren).
 - Beregn temperatur og trykk i slutttilstanden.
 - Beregn arbeid og endring i indre energi gjennom prosessen.

Data for idealgassen:

$$1 \text{ atm.} = 1,0 \cdot 10^5 \text{ Pa, } R = 8,31 \text{ J / (mol} \cdot \text{K)}, C_{mV} = 21,0 \text{ J / (mol} \cdot \text{K)}, C_{mP} = 29,3 \text{ J / (mol} \cdot \text{K)}$$

Oppgave 4 (25 %)

Vedlagte flytskjema (vedlegg 2) viser treningsmeieriet ved Ladejarlen videregående skole.

Melk fylles fra tankbil til råmelkstanken. Melka renner fritt fra bunnen av råmelkstanken til balansetanken. Væsknivået i råmelkstanken er 76 cm over bunnen i tanken når den er full. Råmelkstanken er åpen.

- a) Sett opp Bernoullis ligning og vis at utløpshastigheten fra råmelkstanken er gitt ved ligningen: $v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$ der h = høyden på væsknivået i tanken. Hva er utløpshastigheten fra råmelkstanken?

Melka i balansetanken holder 4°C. Tanken har et overflateareal på 2,5 m² og er laget av stålplater med tykkelse 12 mm. Rundt tanken er det luft med temperatur 20 °C. Varmeledningsevnen til stålplatene er 50 W/(m·K). Varmerovergangskoeffisienten mellom melk og tank er 1000 W/(m²·K) og mellom tank og luft 15 W/(m²·K).

- b) i. Vis at varmeoverføringskoeffisienten K er 14,7 W/(m²·K).
ii. Beregn varmestrømmen gjennom tanken.
iii. Tanken dekkes med et isolasjonsmateriale med tykkelse 75 mm og varmeledningsevne 0,024 W/(m·K). Varmerovergangskoeffisienten mellom isolasjon og luft er 15 W/(m²·K). Beregn varmestrømmen gjennom den varmeisolerte tanken. Er isolasjonseffekten tilfredstillende?

Spesifikk varmekapasitet for melk er 3,88 kJ/kg·K. Melka har massetetthet 1030 kg/m³.

- c) Melka fra separatoren holder 60°C og varmeveksles motstrøms med varmtvann som varmes opp med damp til 100°C, slik at temperaturen stiger til 72°C før melka går videre til holdecella. Varmeroverføringskoeffisient $K = 190$ W/(m²·K). Temperaturen på varmtvannet ut av varmeveksleren er 96°C. Det strømmer 200 liter melk pr. time.
i. Tegn en skisse som viser temperaturforløpet gjennom varmeveksleren for begge væskestrømmene og beregn logaritmisk midlere temperaturdifferens gjennom varmeveksleren.
ii. Beregn varmestrømmen og platearealet i varmeveksleren.
iii. Hvor mye større måtte platearealet være dersom varmeveksleren var medstrøms?

Oppgave 5 (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) Vedlagte flytskjema (vedlegg 2) viser treningsmeieriet ved Ladejarlen videregående skole.
 - i. Hva er hensikten med ventilene P1V1 og P1V2 i flytskjemaet?
 - ii. Tegn blokkdiagram for reguleringssløyfen som styrer temperaturen på varmtvannet som varmer melka fra separatoren fra 60 til 72 °C ved motstrøms varmeveksling. Ta med navn/forkortelser fra flytskjemaet.
 - iii. Er denne reguleringssløyfa (ii.) foroverkoplet eller tilbakekoplet?
- b) Materiallære
 - i. Hvilke hovedgrupper deles materialer inn i?
 - ii. Hvilke to hovedtyper plaster finnes, og hva skiller deres egenskaper? Gi et eksempel på hver av de to plasttypene.
 - iii. Hvilket materiale ville du anbefale for produksjon av en gårdstank for melk? Begrunn svaret.
 - iv. Nevn minst to bearbeidingsmetoder (formingsmetoder) for å lage metallplater.
 - v. Hva er en legering, og hva er fordelene med å benytte legeringer?
- c) Hvilke tre mekanismer for varmeoverføring finnes? Beskriv hvordan varmeoverføringen skjer og gi eksempler på varmeoverføring ved hver av de tre mekanismene.
- d) Radioaktivitet
 - 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.
- e) Hvilke prosesstrinn inngår i produksjon av tørrmelk? Beskriv kort hva som skjer på de ulike trinnene.
- f) Beskriv virkemåten til sentrifugalpumper og tannhjulspumper og gi eksempler på bruksområder for begge pumpetypene.

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

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

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

$$Q = l_s \cdot m$$

$$Q = l_f \cdot m$$

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

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:

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

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

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:

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

Carnotvirkningsgrad:

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

Termodynamikkens 2. hovedsetning:

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

Kuldefaktor:

$$\varepsilon_k = \frac{Q_{\text{out}}}{W} = \frac{\Delta h_{\text{ford}}}{\Delta h_{\text{tørr}}}$$

Varmefaktor:

$$\varepsilon_v = \frac{Q_{\text{in}}}{W} = \frac{\Delta h_{\text{ford}}}{\Delta h_{\text{tørr}}}$$

Oppvarmingstid

$$t = \mu \ln\left(\frac{T_a - T_1}{T_a - T_2}\right) \quad \mu = \frac{cm}{KA}$$

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	$1 \, \text{atm} = 101,325 \, \text{kPa}$
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/Bolztm.	$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \, \text{W/(m}^2 \text{K}^4)$
Avogados konstant	$N_A = 6,0221 \cdot 10^{23} \, \text{mol}^{-1}$

ENHETER

$1 \, \text{J} = 1 \, \text{kg m}^2/\text{s}^2$	$1 \, \text{J} = 1 \, \text{Ws}$	$1 \, \text{J} = 1 \, \text{VAs}$
$1 \, \text{kWh} = 3,6 \cdot 10^6 \, \text{J}$	$1 \, \text{kJ} = 1000 \, \text{J}$	
$1 \, \text{cal} = 4,2 \, \text{J}$	$1 \, \text{J} = 1/3,6 \cdot 10^6 \, \text{kWh}$	
$1 \, \text{W} = 1 \, \text{J/s} (= 1 \, \text{kg m}^2/\text{s}^3)$	$1 \, \text{W} = 1 \, \text{VA}$	
$1 \, \text{kW} = 1000 \, \text{W} (= 1 \, \text{kJ/s})$	$1 \, \text{Hk} = 735 \, \text{W}$	
$1 \, \text{Pa} = 1 \, \text{N/m}^2 = 1 \, \text{kg / s}^2 \text{m}$	$1 \, \text{kPa} = 1000 \, \text{Pa}$	

$$1 \, \text{atm.} = 101,3 \, \text{kPa} \quad 1 \, \text{bar} = 100 \, \text{kPa} \\ (= 100.000 \, \text{Pa} = 1 \, \text{atm.})$$

$$1 \, \text{mbar} = 100 \, \text{Pa}$$

$$1 \, \text{mmHg} = 133,3 \, \text{Pa} \quad (1 \, \text{torr} = 1 \, \text{mmHg})$$

Atomfysikk:

$$\Delta E = h \cdot f$$

$$f = c/\lambda$$

Vedlegg 2: Flytskjema for treningsmeieri

