

TENTAMEN I TRANSPORTPROCESSER I KEMITEKNIKEN (KAA060)

Lördag 25 augusti 2007 kl 08.30-13.30 i M.

Anders Rasmuson är anträffbar för frågor på telefonankn 2940 eller 27 36 06 och kommer att vara i tentamenslokalen vid två tillfällen: kl 9-10 och kl 11-12.

Granskning av tentamensrättningen kan ske tidigast den 14 september 2007.

Tentamen omfattar:

A. Teori (24 p)

Inga hjälpmedel tillåtna!

B. Problem (36 p)

Tillåtna hjälpmedel:

Valfri kalkylator (nollställd)

3W (Welty, Wicks och Wilson: Fundamentals of Momentum, Heat and Mass Transfer)

PM: Transportprocesser, kompletterande material (sid 1-13)

Räknetabell (exvis TEFYMA, Nya Formelsamlingen eller BETA)

Physics Handbook

Betygsgränser

Poäng:	0-29	30-39	40-49	50-60
Betyg:	U	3	4	5

Del A måste lämnas in innan del B (med hjälpmedel) får påbörjas!

OBS! Erratalista till kursboken (3W) bifogas tentamenstesen

DEL A. TEORI

A1. Chalmersteknologen Emil skulle fylla en lättflytande men dyrbar vätska på ett stort antal flaskor. För att inte spilla används en tratt. Då det tog lång tid föreslog Emilia att använda en tratt med mycket längre pip. Är detta en bra ide? Trattarna är identiska förutom pipens längd.

(2p)

A2. Navier-Stokes ekvation ges av:

$$\rho \left(\frac{\partial \mathbf{v}}{\partial t} + \mathbf{v} \cdot \nabla \mathbf{v} \right) = \mu \nabla^2 \mathbf{v} + \rho \mathbf{g} - \nabla p$$

Hur förenklas ekvationen för (motivera):

a) ideal (friktionsfri) strömning

b) låga värden på Reynolds tal

(2p)

A3. Strömning runt en fast kropp karakteriseras av följande variabler: kraft (F), hastighet (v), fluidens viskositet (μ), fluidens densitet (ρ), och en karakteristisk längd (L).

Hur många dimensionslösa tal behövs för att beskriva systemet? Motivera!

(2p)

A4. I Figur A1 visas tryckfördelningen runt en cylinder för två olika värden på Reynolds tal. Förklara med hjälp av bilden skillnaden i motståndskraft för de två fallen!

(3p)

A5. Den instationära värmeledningsekvationen i en dimension skrivs:

$$\rho c_p \frac{\partial T}{\partial t} = k \frac{\partial^2 T}{\partial x^2}$$

Vad betyder termerna fysikaliskt?

(2p)

A6.

a) Härledningen av medeltemperaturdifferensen, ΔT_m , vid dimensionering av värmeväxlare bygger på tre uttryck för den överförda effekten. Ställ upp dessa!

(2p)

b) En värmeväxlare kan kopplas i med- eller motström. Vilken konfiguration ger minst värmeväxlaryta vid samma överförda effekt? Motivera!

(1p)

A7. I Figur A2 visas tre gränsskikt för ett fall med samtidig laminär strömning, värmeöverföring och massöverföring från en plan platta. Identifiera kurvorna om $Pr=10$ och $Sc=100$? Motivera!

(3p)

A8. Härled med en differentiell massbalans ett uttryck för koncentrationsprofilen för stationär masstransport i en diffusionscell (Figur A3)! Gasen B är olöslig i vätskan A.

(4p)

A9.

a) Ställ upp fyra ekvivalenta uttryck för massfluxet enligt tvåfilmsteorin. Definiera tydligt ingående storheter (gärna med Figur)! (2p)

b) Vid absorption av gaser kan två extremfall särskiljas: i) mycket löslig gas och ii) svårlöslig gas. Vilket massöverföringsmotstånd dominerar i respektive fall? Motivera! (1p)

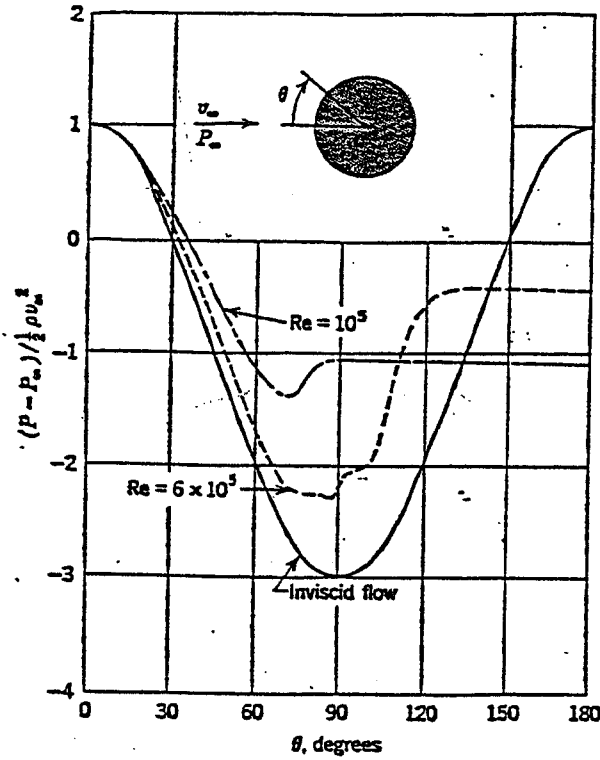


Fig. A1

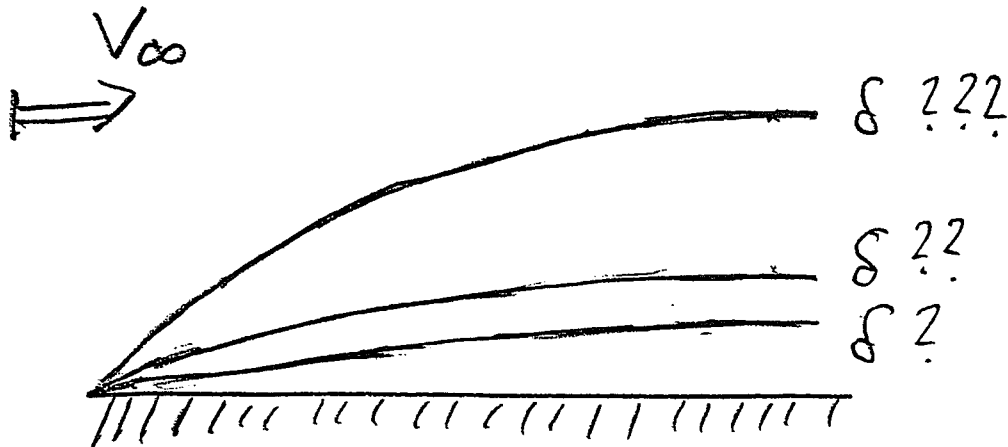


Fig. A2

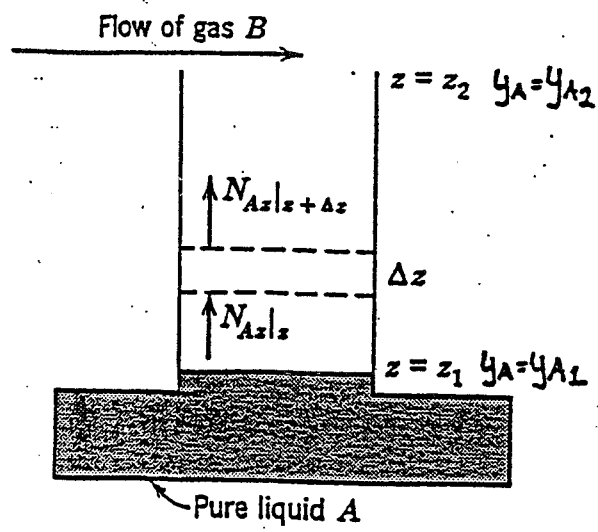


Fig. A3

DEL B. PROBLEM

B1

I en produktionslinje för mjölk har man ett flöde av 6 000 liter/timme vid normal produktion. Vid diskning av rören anses det nödvändigt med ett flöde av 10 000 liter/timme för att diska rent.

- Bestäm tryckfallet, uttryckt i Pa, både vid normal produktion av mjölk och vid diskning.
- Kan pumpen som används vid normal produktion även användas vid diskning? Den kan klara av en ökning av tryckfallet med 50 %.

Invändig diameter av rören, $D = 38 \text{ mm}$

$e/D = 0,0001$

Engångsförluster i rören, $K = 23$

Rörlängd, $L = 50 \text{ m}$

Mjölk (6°C):

$\rho = 1030 \text{ kg/m}^3$

$\mu = 2,8 \cdot 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$

Disklösning (60°C):

$\rho = 980 \text{ kg/m}^3$

$\mu = 0,47 \cdot 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$

(8 p)

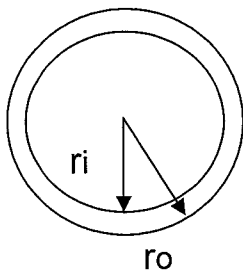
B2

En vätska med temperaturen 95°C rinner i ett stålrör ($k = 45 \text{ W/mK}$). Värme förloras till omgivningen genom både strålning och konvektion. Den omgivande luften har temperaturen 10°C och värmeöverföringskoefficienten för konvektionen är $h = 20 \text{ W/m}^2\text{K}$. Röret har innerradien, $r_i = 8 \text{ mm}$ och yterradien $r_o = 10 \text{ mm}$. Antag att det inre motståndet kan försummas, dvs rörets innertemperatur, T_i , är 95°C .

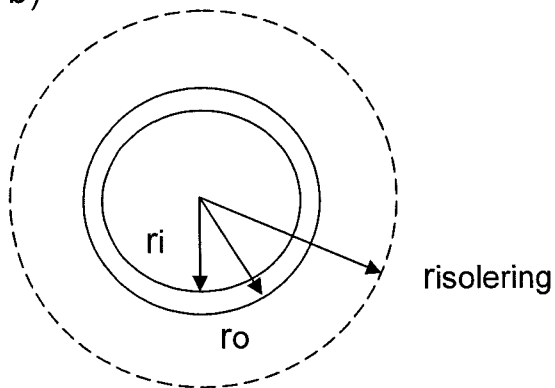
- Hur stort är värmefluxet över rörets ytterarea?
- Om röret isoleras med en 1,5 cm tjock isolering med $k_{\text{isolering}} = 0,10 \text{ W/mK}$, hur stort blir värmefluxet då över rörets ytterarea, det vill säga vid r_o ?

(10 p)

a)



b)



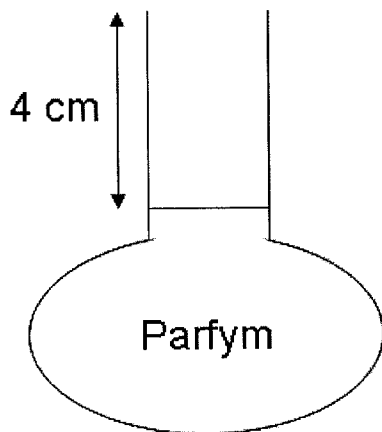
B3

Väldoftande substanser kan i höga koncentrationer lukta illa. Man har funnit att för en viss sorts parfym sker detta vid halter överstigande $0.7 \text{ mg parfym per m}^3 \text{ luft}$.

En expedit i en parfymaffär som just använt denna parfym går på långlunch (2.5 timmar) och glömmer att sätta på korken på parfymflaskan. Om vi antar att luften i rummet var fri från parfym då hon gick på lunch, kommer då parfymhalten i affären att ha passerat den ovan nämnda nivån då hon kommer tillbaka? Motivera ditt svar med beräkningar!

Diffusionskoefficienten av parfymen i luft är $2 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ och parfymens molekylvikt är 90 g/mol . Affären som har en luftvolym på 80 m^3 har temperaturen 20°C och trycket 1 atm . Parfymens mättnadstryck (=ångtryck) vid den aktuella temperaturen är 3.4 kPa och tvärsnittsytan på "halsen" i parfymflaskan är 0.80 cm^2 .

Det förutsätts att luftcirkulationen i affären är god (dock ingen ventilation). Vidare antas att parfymhalten vid flaskans mynning är så låg att den kan försummas, samt att nivåförändringen i flaskan är försumbar.



(8 p)

B4

Vid svetsning av exempelvis bilar bildas det ofta små svetsloppor som faller ner antingen på marken eller på den som svetsar. Om en sådan sfärisk svetsloppa skulle falla från en höjd av 1.5 meter över marken i en fabrik med 17°C luft, vad skulle då ytemperaturen bli på loppan när den når marken? Antag att konstant fallhastighet har uppnåtts för svetsloppan .

Svetsloppan har en diameter på 1 mm och den ursprungliga temperaturen var 100°C. Dess densitet är 6500 kg/m³, värmekapaciteten är 300 J/kg, K och värmeledningsförmågan är 230 W/m, K. Strålningen kan antas försumbar.

(10 p)

Erratalista till 3W 4:e upplagan

Sidan 151, Figur 12.2: CD-axel

Står 0

Skall stå: 1

Sidan 190, ekv. 14-16

Står: $\frac{\Delta P}{\rho}$

Skall stå: $\frac{\Delta P}{\rho g}$

Erratalista till 3W 3:e upplagan

Sidan 210, ekv. 14-16

Står: $\frac{\Delta P}{\rho}$

Skall stå: $\frac{\Delta P}{\rho g}$

Sidan 358, ekv. 20-10

Står: Re_D

Skall stå: $Re_D^{1/6}$

Sidan 370, ekv. 20-32

Står: 0.36

Skall stå: 0.036

Sidan 375, ekv. 20-35

Står: $Re_D^{1/2}$

Skall stå: $Re_D^{1/2}$