

TENTAMEN I TRANSPORTPROCESSER I KEMITEKNIKEN (KAA060)

Tisdag 17 augusti 2010 kl 08.30-13.30 i V.

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 6 september 2010.

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)

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. Betrakta en båt på en liten damm enligt Figur A1. Ett stort tungt ankare kastar överbord. Vad händer då med vattenytans läge (relativt stranden)? Stiger den, faller den eller ligger den oförändrad? Motivera ditt svar! (3p)

A2. De statiska och dynamiska trycken har uppmätts med ett Prandtl-rör (Figur A2).
a) Vilket tryck är vilket? Motivera!
b) Ange hur (uttryck) hastigheten w kan beräknas ur dessa mätningar! (3p)

A3. 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)

A4. Strömning i cylindriska rör karakteriseras generellt av följande variabler: tryckfall (ΔP), hastighet (v), rör diameter (D), rör längd (L), ytråhet (e), fluidens viskositet (μ), och fluidens densitet (ρ)

Hur många dimensionslösa tal behövs för att beskriva systemet? Motivera! (2p)

A5. Den instationära värmeledningsekvationen i en dimension skrivs: (3p)

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

a) Vad betyder termerna fysikaliskt?
b) Hur ändras utbredningshastigheten av temperaturprofilen, vid en temperaturförändring på ytan, om materialet ändras så att ρc_p ökar? Motivera!
c) Hur ändras utbredningshastigheten av temperaturprofilen, vid en temperaturförändring på ytan, om materialet ändras så att k ökar? Motivera!

A6. Vid konvektiv uppvärmning av en fast kropp används Biot's tal, $Bi = hL/k$, för att karakterisera värmeöverföringen. Diskutera värmeöverföringen mellan den fasta kroppen och omströmmade medium för fallen Bi liten, $Bi \approx 1$ och Bi stor. Vilka approximationer kan göras i respektive fall? (3p)

A7. I Figur A3 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! (2p)

A8.

(2p)

I härledningen av den generella masstransportekvationen (inkompressibelt) för komponent A i blandning med B uppträder termen $\nabla \cdot (\rho_A \mathbf{v})$.

- a) Ange fysikalisk betydelse för denna term!
- b) Visa att $\nabla \cdot (\rho_A \mathbf{v}) = \mathbf{v} \cdot \nabla \rho_A$

Ledning $\nabla \cdot (s\mathbf{v}) = \mathbf{v} \cdot \nabla s + s \nabla \cdot \mathbf{v}$, där s skalär; \mathbf{v} , vektor

A9. Härled med en differentiell massbalans ett uttryck för koncentrationsprofilen för stationär masstransport i en diffusionscell (Figur A4)! Gasen B är olöslig i vätskan A. (4p)

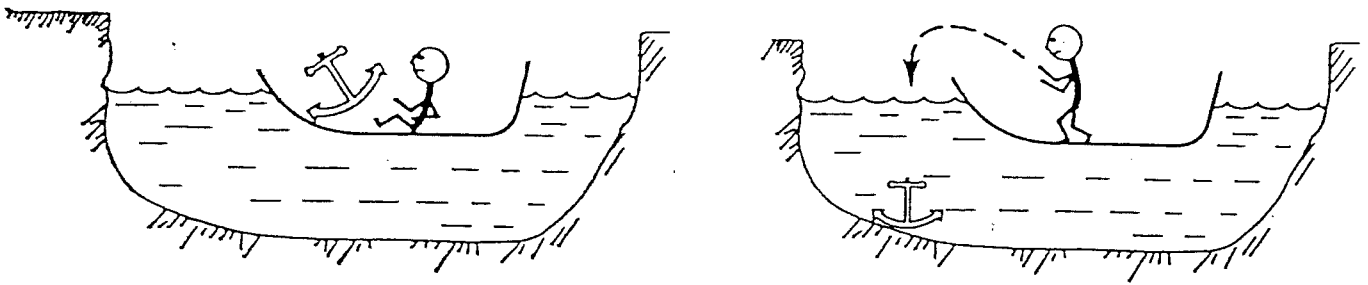


Fig. A1

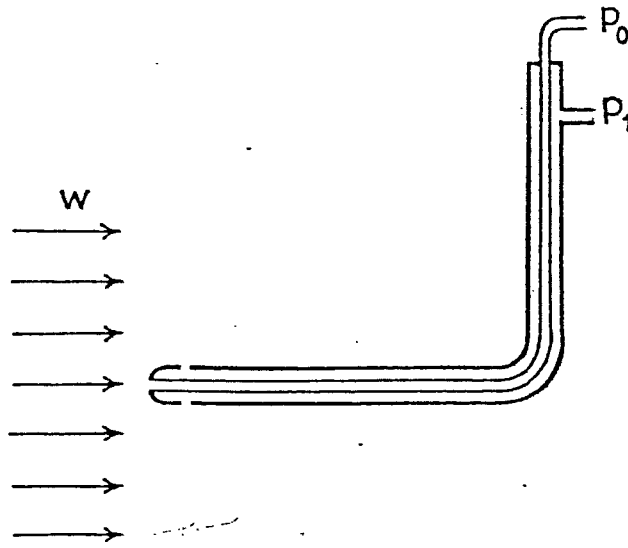


Fig. A2

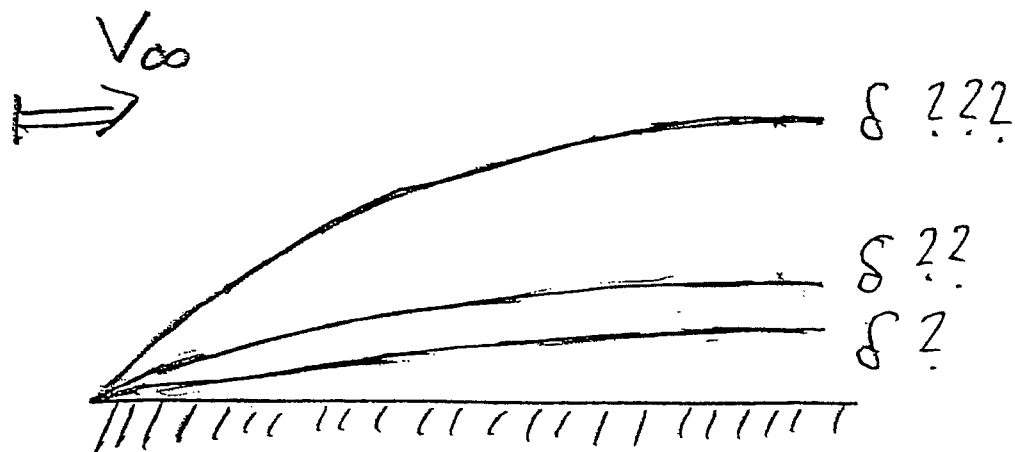


Fig. A3

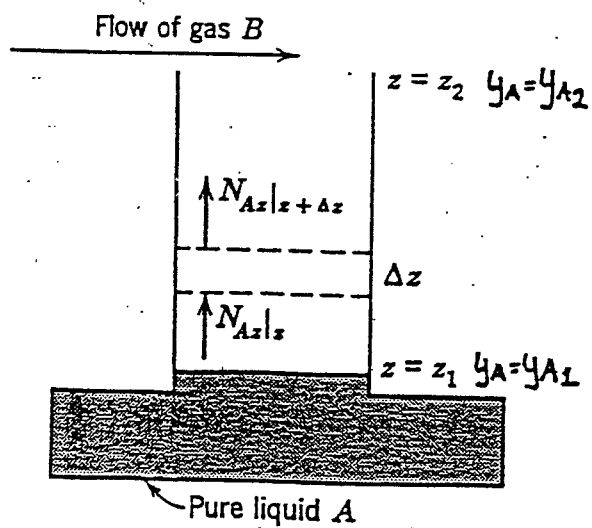


Fig. A4

DEL B. PROBLEM

B1.

Kårledningen har precis kommit tillbaka från en omsats och glömt vilket bryggeri som levererar öhl till Chalmers via pipeline. De vet dock att Chalmers har 14 pubar som på pubrundan serverar 4 stor stark (0.4 L) i minuten vardera. I pipeline-centralen finns en tryckmätare som visar ett ungefärligt totalt tryckfall på 55 MPa i ledningen mellan Chalmers och bryggeriet. Mha ordförandens Iphone vet ni att Chalmers ligger 99 m över havet. 3 bryggerier har byggt ut pipeline till Chalmers, men bara ett är inkopplat. Öhl kan approximeras till vatten vid 10 grader Celsius.

Hjälp kårledningen att lista ut vilket bryggeri som levererar. Använd data från de 3 olika bryggeriernas pipelines.

Bryggeri 1

Längd [m]	101000
Rördiameter [m]	0.03
Antal 90° standard rörböjar	30
Material	Gjutjärn (cast iron)
Höjd över havet [m]	10

Bryggeri 2

Längd [m]	81500
Rördiameter [m]	0.03
Antal 90° standard rörböjar	40
Material	Rostfritt stål (commercial steel)
Höjd över havet [m]	20

Bryggeri 3

Längd [m]	55000
Rördiameter [m]	0.02
Antal 90° standard rörböjar	30
Material	Rostfritt stål (commercial steel)
Höjd över havet [m]	45

B2

Du har precis köpt ett nytt element och funderar på hur stor effekt det ger. Elementet är rektangulärt; 1 m brett och 0.5 m högt. Godset är 3 mm tjockt och vattnet som strömmar på insidan håller 40 °C (ändras ej) med en värmeöverföringskoefficient på 150 W/m²K. Elementet är målat med ett 3 mm tjockt färglager. För förhållandena på elementets utsida gäller att Grashofs tal:

$$Gr_L = 2 \cdot 10^8$$

Beräkna värmefluxet från elementets insida, då luften i sovrummet håller konstant 22 °C.

Material	Värmeledningskoefficient [W/mK]
Stål	45
Färg	0.023

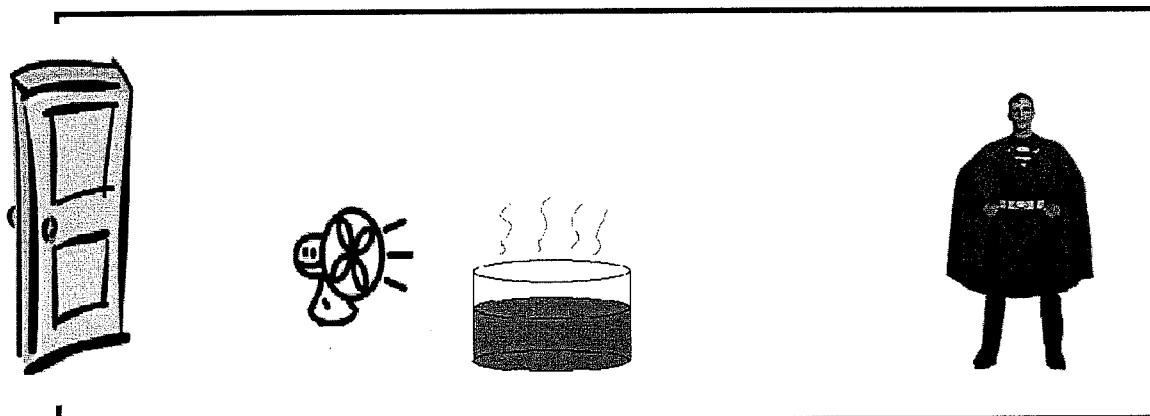
(8p)

B3.

Lex Luthor har lurat in stålmannen i en bunker där enda vägen ut är genom dörren (till och med för stålmannen), enligt figur. Mellan stålmannen och dörren har Lex placerat en bågare med lättflyktig kryptonit, samt en fläkt som ser till att luften är väl ombländad.

Bunkern är lufttät, temperaturen är 25 °C, atmosfärstryck råder och volymen av bunkern är 20 m³. Kryptoniten har ett mättnadstryck på 2000 Pa, ytan i bågaren är 0.3 m² och massöverföringskoefficienten för kryptoniten till luft är 0.023 m/s.

Stålmannen dör vid en kryptonitkoncentration av 0.05 mol/ m³_{luft}. Hur lång tid har Lois Lane på sig att rädda stålmannen. (OBS! Hänsyn måste tas till att kryptonitkoncentrationen i bunkern ökar)



(10p)

B4

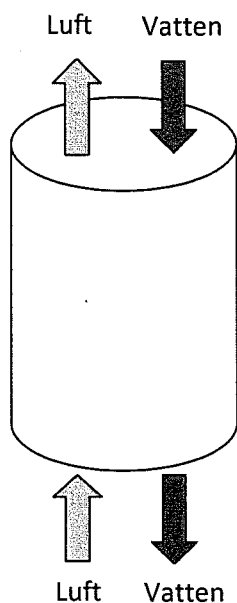
I kärnkraftverk som ligger långt från vattendrag används kyltorn för att kyla ner reaktorvatten. I ett kyltorn sprejas vatten in i toppen av tornet, vattendropparna som bildas kyls ner av luft som pumpas in och strömmar från botten av tornet. Beräkna dropparnas temperatur då den är i jämvikt med omgivande strömmande luft.

Luften som används har temperaturen $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ (konstant) och strömmar uppåt i 2 m/s . Vattnet som sprejas in i toppen av tornet är $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ varmt. Trycket i systemet är $1.013 \cdot 10^5\text{ Pa}$. Den extremt soliga dagen då temperaturen beräknas står solen i zenit och ger därför en nettoinstrålning av solenergi som uppskattas till 0.39 W/droppe .

Diametern på dropparna kan antas vara 5 mm genom hela kolonen, eftersom den procentuella förlusten av vatten är liten. För luft-bulken kan antas konstant densitet, kinematisk viskositet samt ångtryck av vatten, med värdena: 1.1 kg/m^3 , $1.7 \cdot 10^{-5}\text{ m}^2/\text{s}$ samt 700 Pa . Ångbildningsentalpin kan sättas till konstant 2477 kJ/kg . Mättnadstrycket vid vattenytan på dropparna kan beräknas med hjälp av:

$$P^o = 6.0 * (T_s(^{\circ}\text{C}))^2 - 110 * T_s(^{\circ}\text{C}) + 1790 \quad [\text{Pa}]$$

(10p)



Erratalista till 3W 5:e upplagan

Sidan 141, Exempel 1	Lyftkraften saknas!	
Sidan 175, ekv. 13-16	Står: $\frac{\Delta P}{\rho}$	Skall stå: $\frac{\Delta P}{\rho g}$
Sidan 316, ekv. 20-38	Skall stå: $Nu_D = 2 + 0.6Re_D^{1/2} Pr^{1/3}$	
Sidan 555, Figur 29.3	Står $p_{A_1} = Hc_{A_1}^*$	Skall stå: $p_{A_1} = Hc_{A_1}$
Sidan 556, Figur 29.5	Står $p_{A_1} = Hc_{A_1}^*$	Skall stå: $p_{A_1} = Hc_{A_1}$

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: $\frac{\Delta P}{\rho g}$