

TENTAMEN I TRANSPORTPROCESSER I KEMITEKNIKEN (KAA060)

Fredag 29 april 2011 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 19 maj 2011.

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 tentamensteser

DEL A. TEORI

A1. Det visar sig omöjligt att blåsa en pingis boll ur en tratt enligt Fig. A1. Förklara!
(2p)

A2. Den mikroskopiska totala massbalansen kan skrivas:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot \rho \mathbf{v} = 0$$

- Anges fysikalisk betydelse av de bägge termerna!
 - Hur förenklas ekvationen om strömningen är stationär?
 - Hur förenklas ekvationen om fluiden är inkompressibel?
- (3p)

A3. En vätska strömmar laminärt mellan två vertikala plattor under inflytande av en konstant tryckgradient. Ena ytan (till vänster) står stilla och den högra rör sig uppåt med hastigheten v_0 (se Figur A2). Ställ med hjälp av balans över en kontrollvolym (dvs. ej genom förenkling av NS ekvation) upp en modell (inklusive randvillkor) för hastighetsprofilen i spalten under stationära förhållanden. Ändeffekter kan försummas. Modellen behöver ej lösas. (4p)

A4. I Figur A3 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. 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)

A6. En våt kropp som omströmmas av luft antar efter lång tid den så kallade våttemperaturen. Beskriv fysikaliskt och ställ upp relevanta uttryck för beräkningen av denna! (3p)

A7. För masstransport vid laminär strömning över en plan platta gäller:

$$Nu_{L,AB} = 0.664 Re_L^{1/2} Sc^{1/3}$$

- Ge uttryck och fysikalisk tolkning av ingående dimensionslösa tal! (2p)
- Vilket är det analoga uttrycket för värmetransport? (1p)

A8.

Visa att bulkbidraget för komponent B är lika stort som diffusionsbidraget för komponent A (storlek och riktning) vid diffusion genom stagnant komponent! (3p)

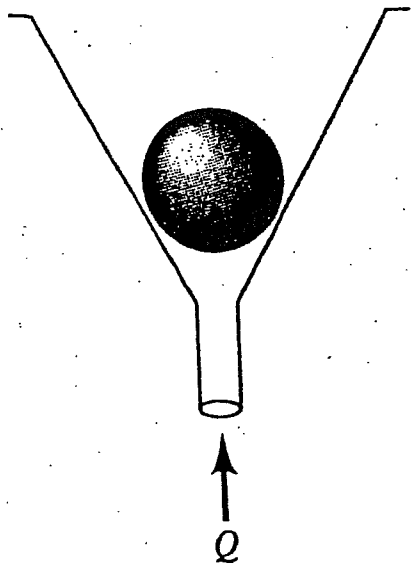


Fig. A1

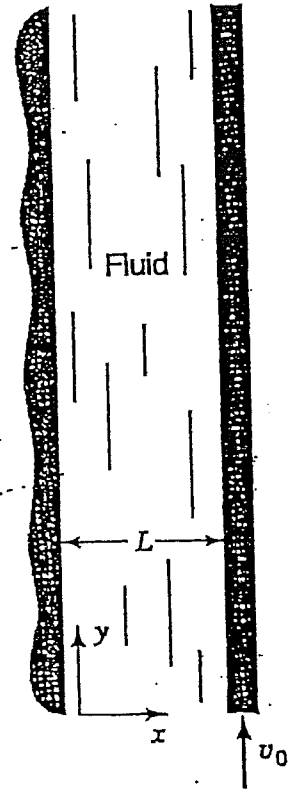


Fig. A2

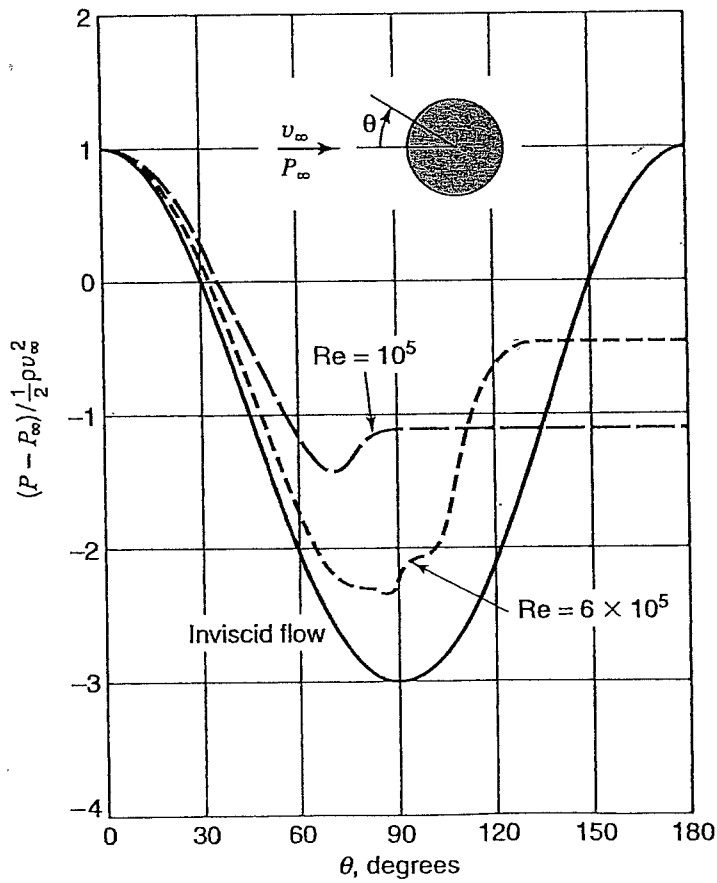


Fig. A3

DEL B. PROBLEM

B1

En doktorand, låt oss kalla henne Julia, ska i sina experiment pumpa en trögflytande vätska genom ett 10 meter långt rör. För att dimensionera pumpen som ska användas behöver hon beräkna tryckfallet över röret. Det har en diameter av 25mm och är placerat horisontellt. I experimenten ska hon ha ett flöde av 4,3 liter per sekund.

För att kunna genomföra detta behöver hon veta mer om vätskan så hon gör några experiment med den:

Hon mäter upp exakt en liter vätska som hon väger och fastställer dess vikt till 1375g. Hon låter sen en aluminiumkula med diameten 5mm falla genom 30,0cm av vätskan vilket tar 5,02s (accelerationsfasen kan försummas).

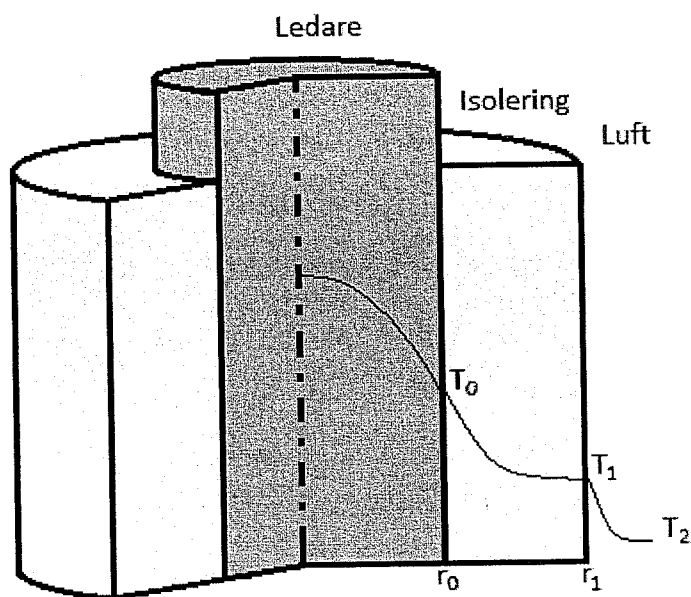
Hjälp Julia att beräkna tryckfallet över röret.

[8p]

B2

När en elektrisk ström transporteras genom en ledare försvinner en del energi som förluster i form av värme till omgivningen. Den energimängd som avges på detta sätt är proportionell mot strömmen i kvadrat enligt: $Q_{förlust} = \frac{I_{tv}^2 A_{tv} L}{k_e} [W]$ där A_{tv} är tvärsnittsarean på ledaren, I_{tv} är strömmen (ampere) per tvärsnittsarea, k_e är elektriska konduktiviteten för materialet och L är ledarens längd.

En elektrisk ledare med radi r_0 på 0,50 mm är gjord av koppar. Den är isolerad med en plast vars temperatur ej får överstiga 93°C för att undvika att den smälter med brandrisk som konsekvens. Plastlagret är 1 mm tjockt (dvs, till en yttre radi r_1 på 1,50 mm)



Figur. Uppvärmning av en isolerad elektrisk tråd.

Ledaren hänger horisontellt i stillastående luft som håller en temperatur av 38.0°C. Bestäm den högsta strömmen som kan flyta genom tråden utan någon del av isoleringen överstiger sin högsta tillåtna temperatur.

Materialdata:

Koppar:

$$k_e = 5,1 \cdot 10^7 \text{ ohm}^{-1} \text{ m}^{-1}$$

Plast:

$$k = 0,350 \text{ W / (m K)}$$

[10p]

B3

Ett packat absorptionstorn används för att absorbera ämne X från luft till vatten i ett motströms förfarande, vid 1 atm och 293 K. I en punkt av tornet utgör ämne X ett partialtryck av $1,519 \cdot 10^4$ [Pa] och motsvarande koncentration i vätskeströmmen är $1 \cdot 10^{-3}$ [kmol/m³]. Fluxet av X i denna punkt uppmättes till $4 \cdot 10^{-5}$ [kmol/(m²*s)]. Den individuella gasfilmmassöverföringskoefficienten mäter $3,95 \cdot 10^{-9}$ [kmol/(m²*s*Pa)]. För systemet kan Henry's lag antas gälla och partialtrycket i jämvikt med ovan angivna vätskefas koncentration är $3,04 \cdot 10^3$ [Pa].

Uppskatta den totala massöverföringskoefficienten (K_L), samt beräkna den procentuella andelen av transportmotståndet som återfinns i gasfasen.

[8p]

B4

Sture tappar av misstag en flaska med parfym på golvet i ett lufttätt badrum med volymen 8 m^3 . Parfymen rinner ut ur flaskan och bildar en pöl med diametern 0.5 m mitt på golvet. Sture ställer in en fläkt i badrummet och stänger dörren vilket ger ett konvektivt värmeöverföringstal från luft till pöl på $12 \text{ W/m}^2\text{K}$. All överförd värme kan antagas förbrukas som förångningsentalpi.

Något som Sture inte tänkt på är att en varnare för höga halter av kemikalier är placerad i badrummet, vilken reagerar när koncentrationen överstiger 0.01 mol/m^3 . Varningssystemet är direkt kopplat till brandkåren. Hur lång tid dröjer det innan brandkåren får larmet och rycker ut?

Vid dessa förhållanden är mättnadstrycket för parfymen 950 Pa och diffusiviteten för parfym i luft uppskattas till $2 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$. Trycket i badrummet är konstant 1 atm och luftens temperatur är $23 \text{ }^\circ\text{C}$.

OBS! Glöm inte att ta hänsyn till att koncentrationen i (det väl omblandade) rummet ökar med tiden.

[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 $p_{A_i} = Hc_{A_i}^*$ Skall stå: $p_{A_i} = Hc_{A_i}$

Sidan 556, Figur 29.5 Står $p_{A_i} = Hc_{A_i}^*$ Skall stå: $p_{A_i} = Hc_{A_i}$

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