

# TENTAMEN I TRANSPORTPROCESSER I KEMITEKNIKEN (KAA060)

Torsdag 20 december 2012 kl 08.30-13.30 i V.

---

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

---

Granskning av tentamensrättningen kan ske tidigast den 16 januari 2013.

## 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 tentamenstesesen
---

## DEL A. TEORI

A1. I Figur A1 visas Mariotte's flaska. Ge uttryck för hastigheten i utflödet då vätskenivån sjunker. Inkludera hela utströmingsförloppet! (3p)

A2. En stång förs axiellt med konstant hastighet  $V$  genom en vätskefylld horisontell cylinder enligt Figur A2. (5p)

- Ställ upp en modell för den laminära och fullt utvecklade hastighetsprofilen i spalten genom att stryka termer (motivera!) i den generella transportekvationen (ekvationen ska inte lösas).
- Vilka randvillkor gäller?
- Hur räknar man ut kraften på stängen (uttryck)?

$$\rho \left( \frac{\partial v_z}{\partial t} + v_r \frac{\partial v_z}{\partial r} + \frac{v_\theta}{r} \frac{\partial v_z}{\partial \theta} + v_z \frac{\partial v_z}{\partial z} \right) = -\frac{\partial p}{\partial z} + \mu \left[ \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( r \frac{\partial v_z}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 v_z}{\partial \theta^2} + \frac{\partial^2 v_z}{\partial z^2} \right] + \rho g_z$$

A3. (3p)

- Vilket dimensionslöst tal karakteriserar omslaget från laminär till turbulent strömning?
- Ge talet en fysikalisk tolkning!
- Ge en fysikalisk förklaring till varför ett från början laminärt gränsskikt slår om till turbulens längs en plan platta?

A4. Jämför ledning genom två material A eller B (3p)

	A	B
$k$	$10^{-2}$	10
$\rho$	1	$10^4$
$c_p$	$10^3$	$10^3$

- I vilket material är utbredningshastigheten av temperaturprofilen snabbast? Motivera!
- I vilket material är värmeflödet vid stationära förhållanden störst? Motivera!

A5. Hur uppkommer strömningen vid fri respektive påtvingad konvektion av värme?

(2p)

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

A7. I en kromatografikolonn uppskattades Biots tal för massöverföring i adsorbent partiklarna till 100. Vilket massöverföringsmotstånd för partiklarna dominerar (motivera)? (2p)

A8. Visa att bulkbidraget för komponent B är lika stort som diffusionsbidraget för komponent A (storlek och riktning) vid diffusion genom stagnant komponent!

(3p)

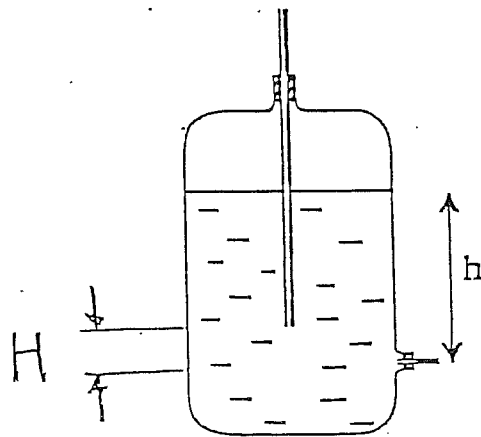


Fig. A1

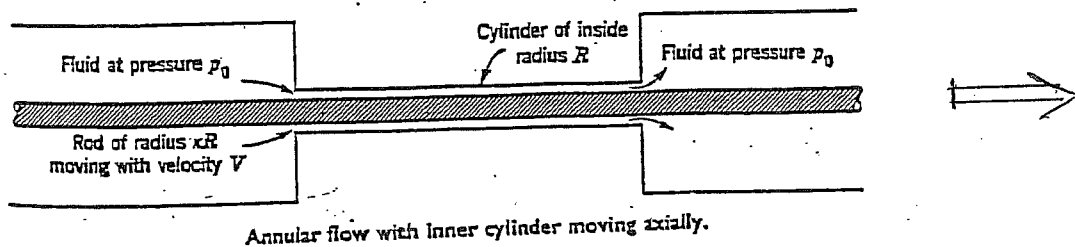


Fig. A2

## DEL B. PROBLEM

### B1

Esa-Pekka Juntanen ska fylla på olja i motorn på sin lastbil och i instruktionsboken står att det ska vara olja av en viss typ men hans Chef vill snåla och använda en billigare mineralolja istället för den rekommenderade syntetoljan. Esa-Pekka misstänker att för att motorn ska må bra behöver oljan ha samma viskositet som den rekommenderade men han har ingen viskometer så istället släpper han en liten glaspärkla i en oljedunk och mäter tiden det tar för den att nå botten. Pärklan är sfärisk och av pyrex glas och har en diameter på 0.2mm. Att falla 50 cm genom oljan i dunken tar 76 sekunder. Terminalhastigheten uppnås förhållandevis mycket snabbt. Oljans densitet mäter han upp till 850kg/m<sup>3</sup>. Vilken viskositet kommer Esa-Pekka fram till att oljan har?

(8p)

## B2

En kall vintermorgon i norra Finland sitter Esa-Pekka Juntanen i sin lastbil på väg söderut. Då hans finlandsägda åkeri vill spara energi och pengar har de investerat i en vindruta med väldigt låg värmeledning,  $k_{\text{glas}}=0,4\text{W/mK}$ . Detta innebär en risk att vindrutans utsida får en isbeläggning om dess temperatur går under 0 grader C. Detta kan bli både farligt och är dessutom olagligt även i Finland men som tur är gillar Esa-Pekka bastubad och har därför installerat ett bastuaggregat i kupén. Bastuaggregatet är ihopkopplat med lastbilens fläktsystem som blåser ut het luft med en hastighet av 2 m/s längs med rutan.

Utomhustemperaturen ligger på konstanta -8 grader C. Värmeöverföringskoefficienten på vindrutans **utsida** uppskattar Esa-Pekka till  $60\text{W/m}^2\text{K}$  med den aktuella hastigheten och en korrelation han mindes från den kurs i transportprocesser han tog för många år sedan. Vilken temperatur måste luften från bastuaggregatet ha för att undvika frost på rutans utsida? Glasrutans tjocklek är 3mm och man kan anta att den är helt plan. Rutan har vidare en höjd av 1 meter.

(10p)

**B3**

Malkulor gjordes traditionellt av naftalen, vilket på senare år bytts ut mot 1,4-Diklorbensen (parabensen) då naftalen är lättantändlig. Vid användning av malkulor sublimeras materialet direkt från fast fas till gasfas, i ett stängt utrymme, till en koncentration vilken är dödlig för insekter. Då människor endast exponeras för gasen under väldigt korta tidsperioder (hämtning-inhängning i garderob) kan metoden anses ofarlig för människor.

Beräkna det initiala fluxet av 1,4-Diklorbensen från en malkula till omgivande luft då en fläkt placerats framför den och blåser på kulan med en vindhastighet av 0.5 m/s. Koncentrationen av 1,4-Diklorbensen i omgivande luft är lika med noll.

$$D_{AB} = 0.069 \text{ cm}^2/\text{s} \text{ (1,4-Diklorbensen i luft)}$$

$$T = 20^\circ \text{ C}$$

$$D_{\text{malkula}} = 2 \text{ cm}$$

$$p_{1,4\text{-diklorbensen}}^{\text{sat}} = 1.06 \text{ mmHg}$$

(8p)

**B4**

På ett dagis i Göteborg produceras en stor mängd lerbollar. Bollarna är ca 2cm i diameter och behöver torkas för att bli hållbara nog att tas hem till överlyckliga föräldrar. Torkningen sker i ugn vid 200°C och bollen anses klar när centrumtemperaturen på bollen är 80°C. Hela bollen har temperaturen 20°C när den sätts in i ugnen. Antag att bollen hänger fritt i ugnen.

Hjälp pedagogerna att räkna ut hur lång tid en boll behöver vara i ugnen för att bli klar.

Givna data:

$$k_c = 7,0 \times 10^{-3} \text{ m/s}$$

$$k_{\text{lera}} = 0,20 \text{ W/mK}$$

$$\alpha_{\text{lera}} = 1,75 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$D_{AB} = 2,0 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s} \quad (\text{ånga i luft})$$

(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:  $Nu_D = 2 + 0.6Re_D^{1/2} Pr^{1/3}$

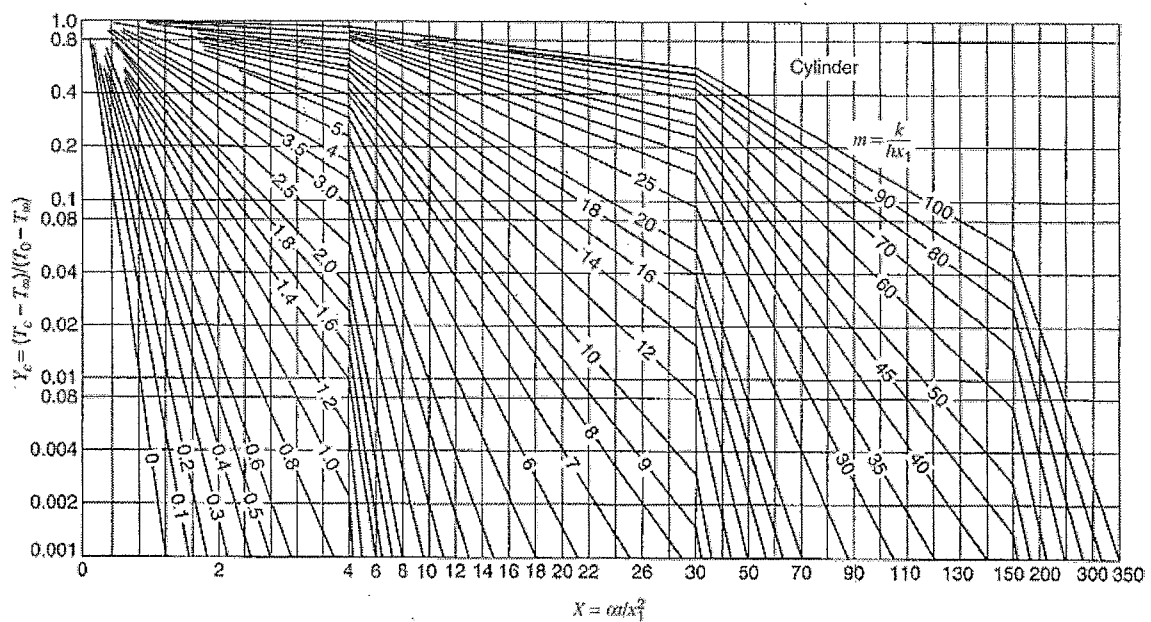
Sidan 509      Står  $Y = \frac{C_{A,S} - C_A}{C_{A,S} - C_{A,0}}$       Skall stå:  $Y = \frac{C_{A,\infty} - C_A}{C_{A,\infty} - C_{A,0}}$

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:  $p_{A_i} = Hc_{A_i}$

Sidan 659, Tabell F.9      Står  $Y = \frac{C_{A,1} - C_A}{C_{A,1} - C_{A,0}}$       Skall stå:  $Y = \frac{C_{A,\infty} - C_A}{C_{A,\infty} - C_{A,0}}$

Sidan 664, Figur F.5      Fel i diagram.      Skall vara:





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

Sidan 541      Står  $Y = \frac{C_{A,S} - C_A}{C_{A,S} - C_{A,0}}$       Skall stå:  $Y = \frac{C_{A,\infty} - C_A}{C_{A,\infty} - C_{A,0}}$

Sidan 706, Tabell F.9      Står  $Y = \frac{C_{A,1} - C_A}{C_{A,1} - C_{A,0}}$       Skall stå:  $Y = \frac{C_{A,\infty} - C_A}{C_{A,\infty} - C_{A,0}}$

Sidan 711, Figur F.5 fel i diagram, se erratalista för 3W 5:e upplagan

Malikula

B3 dec 2012

Solnt: Flux vid  $t=0$

$$\text{Flux} = \frac{N_A}{A} = k_c (C_s - C_\infty) \quad \text{konvektiv masstransport}$$

$$k_c = ?$$

$$C_s \sim P_{\text{sat}}^0$$

$$C_\infty = 0 \text{ vid } t=0$$

$$Re = \frac{v_x \cdot d}{\nu_{\text{luft}}} \sim 666 \quad \text{lamnart}$$

$$\Rightarrow \bar{k}_c = \frac{D_{AB}}{d} \cdot 2 + 0.552 \cdot Re^{1/2} \cdot Sc^{1/3}$$

"Convective mass transfer to spheres, laminar flow"

$$Sc = \frac{D_{AB}}{\nu_{\text{luft}}}$$

## Lösning B4 dec 2012

Ta fram  $h$  använd Chilton - Colburn:

$$h = \frac{k_c \rho C_p (Sc)^{2/3}}{(Pr)^{2/3}}$$

Data tas vid film temperaturen är ej känd

$$T_{film} = \frac{T_{ce} + T_{gra}}{2} \quad T_{gra} \text{ variera med tiden, Behöver tids}$$

medelvärde  $\frac{T_{gra}|_{t=0} + T_{gra}|_{t=slutt}}{2}$  Vet ej  $t$  vet ej  $T_{gra}|_{t=slutt}$

$$\text{Antag } T_{film} = 200^{\circ}\text{C}$$

(För fullpoäng på uppgiften behövdes endast någon form av korrekt resonemang kring att det var vid  $T_{film}$  data skulle hämtas)

$$\Rightarrow h = 8,36 \text{ W/m}^2\text{K}$$

kolla  $Bi = 0,134 > 0,1 \Rightarrow$  diagramlösning

$$\left. \begin{array}{l} Y = 0,667 \\ n = 0 \end{array} \right\} \Rightarrow x = 0,71 \Rightarrow \boxed{t \approx 7 \text{ min}}$$

(Igentligen; kolla  $T_{gra}|_{t=7 \text{ min}} \Rightarrow T_{film} \dots$  Behövdes ej för fullpoäng. (ingen sangjorde heller))