

TENTAMEN I TRANSPORTPROCESSER I KEMITEKNIKEN (KAA060)

Fredag 5 april 2013 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 25 april 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. Betrakta stationär, fullt utvecklad, laminär horisontell rörströmning (3p)

- Vilka krafter balanserar?
- I ett fall var $\frac{dp}{dx} > 0$. Åt vilket håll strömmar det? Motivera!
- Skissa hastighetsprofilen!

A2. Vid tömning av ett akvarium används ibland en "hävert" (Figur A1) (3p)

- Härled ett uttryck för utloppshastigheten V_2 !
- Vad är trycket i punkten 3?

A3. Betrakta gränsskiktets tillväxt vid strömning över en plan platta. (3p)

- Vilken kraft kan försummas utanför gränsskiktet? Motivera!
- Det är ett bra antagande att tryckskillnader tvärs gränsskiktet är försumbara. Varför?
- Vid härledning av gränsskiktsekvationerna försummas $\mu \frac{\partial^2 v_x}{\partial x^2}$ jämfört med $\mu \frac{\partial^2 v_x}{\partial y^2}$.
Motivera! (x längs och y vinkelrätt plattan)

A4. Härled temperaturprofilen vid stationär värmeledning genom ett sfäriskt skal. Temperaturen på insidan och utsidan är T_i och T_o , respektive. (3p)

A5. Vid liften i den alpina skidorten Zermatt finns en skala för den s.k. köldeffekten, dvs en omräkning från faktisk temperatur och vindhastighet till ekvivalent temperatur med vindhastigheten noll.

(3p)

Vilken är den fysikaliska grunden för omräkningen? Motivera och ge relevanta uttryck!

A6. 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!
- Vilket är det analoga uttrycket för värmetransport? (3p)

A7. Det totala massfluxet för ämne A (en dimension) kan generellt skrivas:

$$N_{A,z} = c_A(v_{A,z} - V_z) + y_A(c_A v_{A,z} + c_B v_{B,z})$$

Förklara i detalj den fysikaliska innebörden av detta uttryck! (3p)

A8. I Figur A2 visas koncentrationsprofilerna på gas- och vätske-sidan enligt tvåfilmsteorin. (3p)

- Åt vilket håll sker masstransporten? Motivera!
- Vid rening av förorenade rökgaser med absorption i vatten var kapaciteten för dålig. Mätningar visade att $1/k_G = 1$ och $m/k_L = 10$. I vilken fas bör förbättringar genomföras? Motivera!

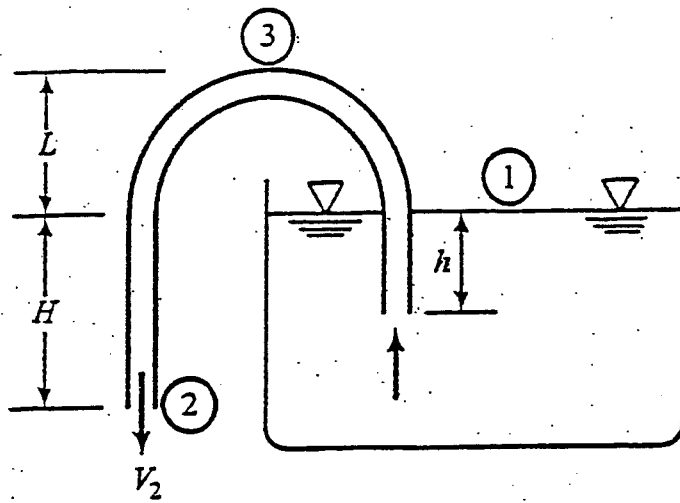


Fig. A1

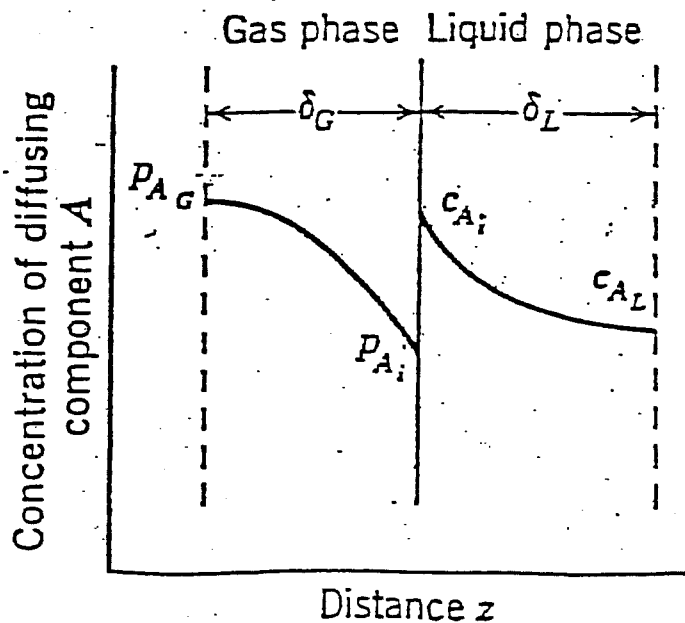


Fig. A2

DEL B. PROBLEM

B1

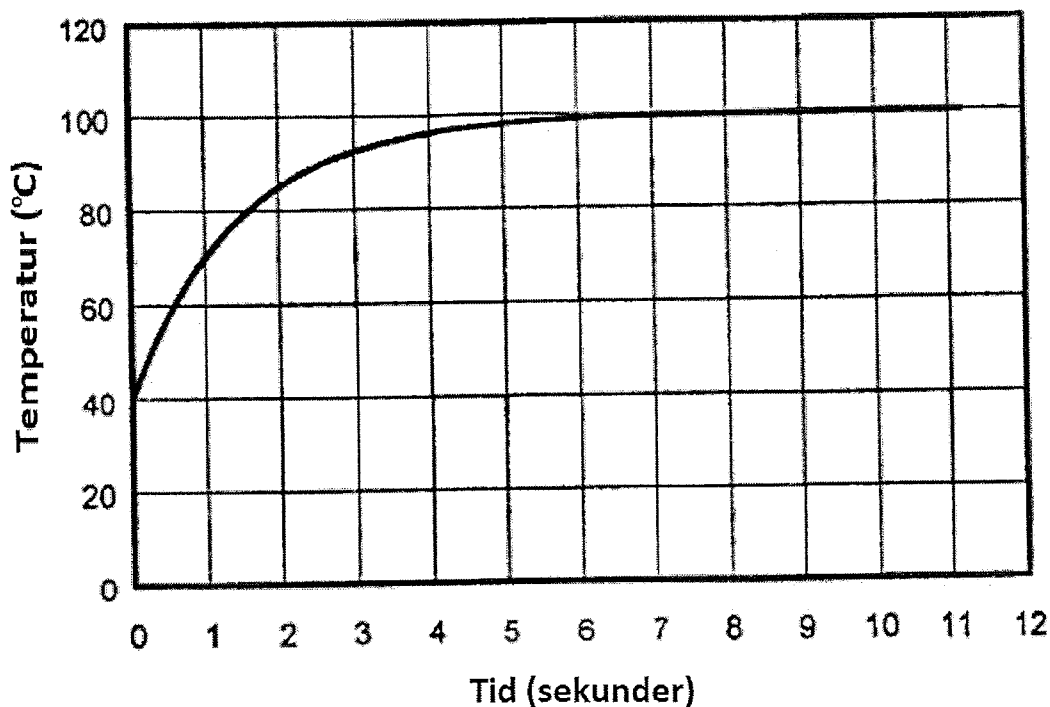
En rymdfärja ligger och svävar fritt i rymden. Färjan ska ändra sin nuvarande hastighet genom att starta sin raketmotor. När piloten trycker på gaspedalen sker en reaktion i raketmotorn där ett fast bränsle reagerar (utan externt syre) och bildar en gas. Gasen lämnar rymdfärjan som då accelereras i motsatt riktning. Densiteten på gasen kan antas vara 2kg/m^3 , volymsflödet av gas från raketten är $200\text{ m}^3/\text{s}$ och hastigheten på gasen är 300 m/s .

Beräkna kraften som rymdfärjan utsätts för.

B2

Temperaturen på en fluid i rörelse mäts med en sensor monterad i centrum på en liten kula. Kulan har en diameter på 2.5mm. Fluiden och kulan är initialt i termisk jämvikt och håller en temperatur på 40°C. Den termiska konduktiviteten ($k=105\text{W/mK}$), värmekapaciteten ($C_p=400\text{J/kgK}$) och densiteten ($\rho=7500\text{kg/m}^3$) på kulan kan antas oberoende av temperaturen.

- Under vilken kritisk konvektiv värmeöverföringskoefficient är den inre resistansen mot värmeöverföring i sfärens försumbar?
- Temperaturen på fluiden höjs snabbt till 100°C varvid temperaturen i kulans centrum loggas enligt nedanstående graf. Uppskatta med hjälp av detta hastigheten på den strömmande fluiden. Egenskaperna för fluiden är $k=0,6\text{W/mK}$, $\mu=1\cdot 10^{-3}\text{Pas}$, $C_p=1000\text{J/kgK}$ och $\rho=1000\text{kg/m}^3$. Dessa kan antas oberoende av temperaturen.



Ledning: Ranz and Marshall's korrelation kan antas gälla under rådande förhållanden.

B3

En vägg bestryks med ett 0.5 mm tjockt lager färg. Färgen består av ett väldigt lättflyktigt lösningsmedel samt en tung, oflyktig, komponent. Färgen tillåts torka, dvs; det lättflyktiga lösningsmedlet evaporerar.

Hur lång tid tar det innan halten lösningsmedel i gränsskiktet mellan vägg och färg har reducerats med 99 %, om väggen antas ogenomträngbar?

$$D_{AB} = 2.2 \cdot 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s} \quad (\text{Lsg-medlets diffusivitet i färgen})$$

8 p

B4

Tryckfallet i en tub i en tubvärmväxlare ska bestämmas. Till din hjälp har du temperaturmätningar från tuben och en given värmeöverföringskoefficient. Tuben är 1m lång. I tuben rinner vatten med intemperaturen 273 K och uttemperaturen 333 K. Då tuben värms på utsidan med kondenserande ånga kan temperaturen på rörväggens insida antagas konstant vid 443K. Tubens diameter är 10 cm och vattnets medelhastighet i röret är 2m/s. Värmeöverföringskoefficienten på rörets insida har skattats till 5700 W/m²K.

10 p

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

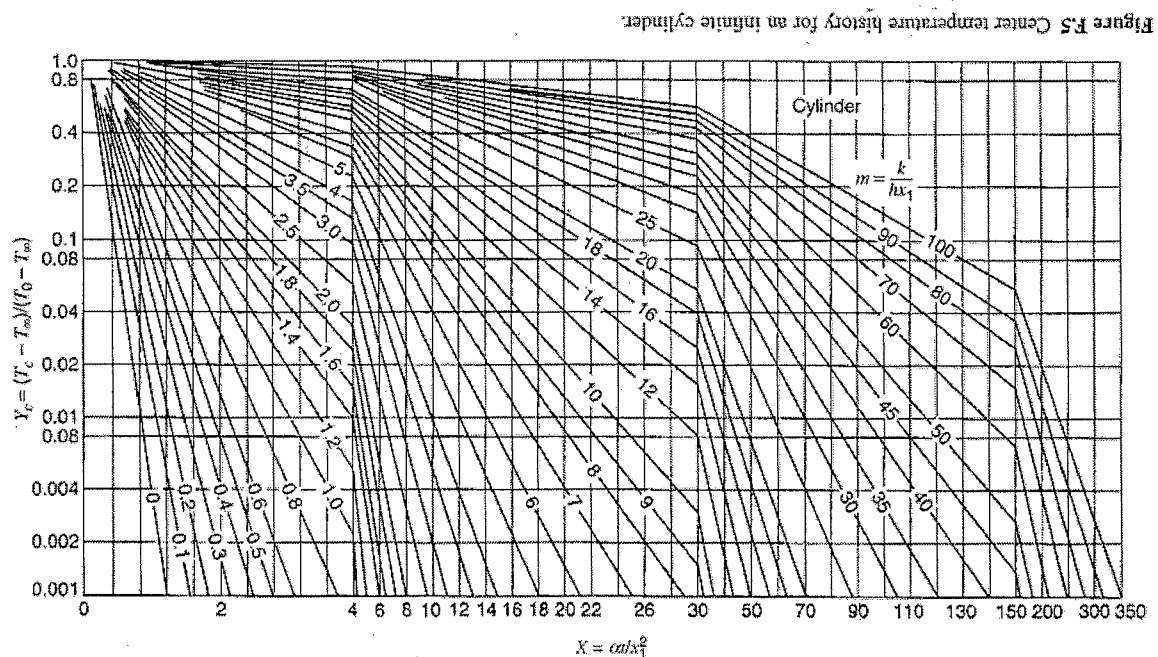
Sidan 509 Står $Y = \frac{C_{A,S} - C_A}{C_{A,S} - C_{A,0}}$ Skall stå: $Y = \frac{C_{A,\infty} - C_A}{C_{A,\infty} - C_{A,0}}$

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

Lösningssförslag B1

Kraften som förhållan påverkas av är

$$F = V^2 \rho A = V \cdot \underbrace{(V \cdot A)}_{\text{Volymens flödet}} \cdot \rho = 300 \text{ m/s} \cdot 200 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 2 \text{ kg/m}^3 =$$
$$= 120 \text{ kN}$$

B4

kolla om flödet är laminärt eller turbulent:

$Re \sim 250000 \Rightarrow$ turbulent \Rightarrow Hagen-Poiseuille kan ej användas!

Har givet h värde $\Rightarrow C_f$ via analogi

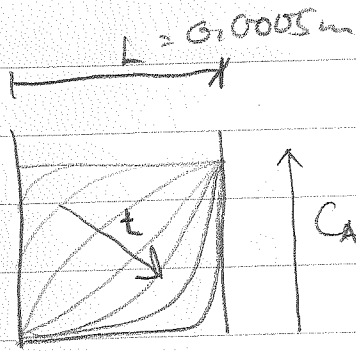
$$j_H = \frac{C_f}{2} \quad j_H = \frac{h}{\rho C_p V_{\infty}} \cdot Pr^{2/3}$$

använd $T_{\text{film medel}}$ för att ta fram ρ, C_p, Pr

ger $j_H \sim 0,002 \Rightarrow C_f \sim 0,004$

$$\Delta P = 2 C_f \frac{\rho}{D} V^2 \sim 200 \text{ Pa}$$

B3



$$D_{AB} = 2.2 \cdot 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$L = 5 \cdot 10^{-4} \text{ m}$$

$$\text{sökt: } t$$

transient konc. profil

lösning beroende av t och x

Ej semi-innit, - annan konc. profil

\Rightarrow Diagram lösning

$$\bar{I} = \frac{C_{AS} - C_{AE}}{C_{AS} - C_{A0}} = 0.01$$

$$m = \frac{D_{AB}}{k_c \cdot x_1} = 0 \quad \text{ty } k_c \gg D_{AB}$$

$$n = \frac{x}{x_1} = 0 \quad \text{ty "centrum"}$$

Figure F4 $\Rightarrow \bar{X} \approx 2$

$$\bar{X} = \frac{D_{AB} \cdot t}{x_1^2}$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow t &= \frac{\bar{X} \cdot x_1^2}{D_{AB}} = \frac{2 \cdot \left(\frac{0.0005}{2}\right)^2}{2.2 \cdot 10^{-11}} = 5682 \text{ s} \\ &= 95 \text{ min} \\ &= 1 \text{ h } 35 \text{ min} \end{aligned}$$