

TENTAMEN I TRANSPORTPROCESSER I KEMITEKNIKEN (KAA060)

Fredag 09 april 2010 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 29 april 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 stationär, fullt utvecklad, laminär horisontell rörströmning.

a) Vilka krafter balanserar?

b) I ett fall var $\frac{dp}{dx} > 0$. Åt vilket håll strömmar det? Motivera! (2p)

A2. Vatten rinner ut från en stor tank enligt Figur A1. Hålet är beläget på djupet h och har tvärsnittsytan A och tanken har tyngden N . För vilket värde på friktionskoefficienten mellan tank och underlag, η , börjar tanken flytta sig? (4p)

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

a) Vilken kraft kan försummas utanför gränsskiktet? Motivera!

b) Det är ett bra antagande att tryckskillnader tvärs gränsskiktet är försumbara. Varför?

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

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

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

a) Ge uttryck och fysikalisk tolkning av ingående dimensionslösa tal!

b) Vilket är det analoga uttrycket för värmetransport? (3p)

A8. 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)

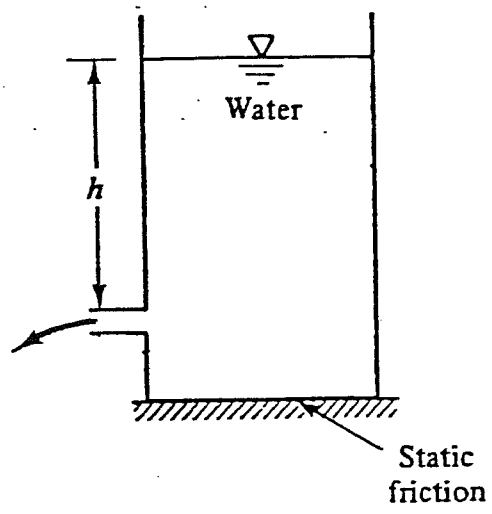


Fig. A1

DEL B. PROBLEM

B1

En forskare utför experiment för att bestämma hur lång tid det tar för olika föremål att falla i två olika fluider (luft och vatten). Två experiment visar sig ta exakt lika lång tid:

Experiment 1

En liten rund boll av kork släpps i stillastående luft och får falla 10 m. Korkbollens diameter är 1 mm.

Experiment 2

En större stålklump av obestämbart form släpps i stillastående vatten och får sjunka 1 m.

Bestäm värdet på formmotståndskoefficienten, C_D , för stålklumpen vid för experimentet rådande betingelser, givet att stålklumpens projicerade area i sjunkriktningen är 0.8 m^2 . Antag att båda föremålen når sin terminalhastighet omedelbart.

Data: $T = 298 \text{ K}$

$$\rho_{\text{kork}} = 160 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_{\text{stål}} = 7800 \text{ kg/m}^3$$

$$m_{\text{stålklump}} = 1 \text{ kg}$$

(8 p)

B2

Vatten i ett 20m långt rör värms upp från 10°C till 20°C med hjälp av uppvärmd luft. Den omgivande luften har temperaturen 35°C . Rörets innerdiameter är 10cm och rörväggen är 5mm tjock. Värmeöverföringstalet mellan vattnet och röretsinsida är $1600 \text{ W/m}^2\text{K}$ och $40 \text{ W/m}^2\text{K}$ mellan den omgivande luften och röretsutsida. Värmeledningsförmågan i rörväggen är uppmätt till 35 W/mK .

Beräkna tryckfallet över röret som uppstår på grund av friktionsförlusterna.

(10p)

B3

Alla länder är inte lika miljömedvetna som Sverige, därför är det på vissa platser fortfarande tillåtet att bleka pappersmassa med klor (Cl_2), istället för klordioxid (ClO_2), vilket innebär mycket mer utsläpp av klorerade kolväten.

Vatten kloreras genom att absorbera klorgas i ett packat torn i motströmsförfarande, för att sedan användas i en bleksekvens vid ett massabruk. Tornet hålls konstant vid 293 K och atmosfärstryck. I en punkt i tornet är partialtrycket av klorgas 40000 Pa och klorkoncentrationen i vattenfasen 1 kg/m^3 .

75 % av masstransportmotståndet ligger i vätskefasen. Henry's lag kan antas gälla för systemet och jämviktskonstanten är $11111.1 \text{ Pa}/(\text{kg/m}^3)$.

Beräkna koncentrationen av klor i gränsskiktets båda faser.

(8p)

B4

Några elever vill busa med professorn och lägger en surströmning i ventilationen. När koncentrationen av fiskmolekyler överstiger $5 \mu\text{mol/m}^3$ i luften börjar det lukta illa. För att reducera fluxet av fiskmolekyler till luftströmmen, och således bibehålla stanken över en längre tid, hålls fiskytan vid en konstant temperatur av 10°C med hjälp av en kylplatta som överför 2.1 W/m^2 . I ventilationssystemet strömmar luft vid 20°C . Koncentrationen av luktmolekyler i fiskens yta är 1 mmol/m^3 och fluxet av fiskmolekyler till luftströmmen är uppmätt till $0.1 \mu\text{mol/m}^2\text{s}$. Kommer professorn att påverkas av doften?

Materialdata för luften:

$$\rho = 1.2614 \text{ kg/m}^3$$

$$c_p = 1.0057 \cdot 10^3 \text{ J/kgK}$$

$$\nu = 1.3876 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$\text{Pr} = 0.713$$

$$D_{AB} = 0.0962 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s} \quad (\text{Luktmolekyler i luft})$$

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