Universitetet i Stavanger

DET TEKNISK-NATURVITENSKAPELIGE FAKULTET

EKSAMEN I: BIT260 Fluidmekanikk **DATO:** 15. mai 2007

TID FOR EKSAMEN: kl. 09-13 (4 timer)

TILLATTE HJELPEMIDDEL: Bestemt, enkel kalkulator (kode C)
Ei valgfri standard formelsamling

OPPGÅVESETTET ER PÅ 5 OPPGÅVER PÅ 5 SIDER,
INKL. DENNE FORSIDA OG EIT KURVEBLAD

MERKNADER: —

OPPGJEVE:

Tabellverdiar:

$g = 9.80665\,\mathrm{m/s^2}$
$\rho_{\text{vatn}} = 998.2\,\mathrm{kg/m^3}$ $\rho_{\text{luft}} = 1.205\,\mathrm{kg/m^3}$ $\nu_{\text{vatn}} = 1.003 \times 10^{-6}\,\mathrm{m^2/s}$
$\nu_{\text{luft}} = 1.50 \times 10^{-5}\,\mathrm{m^2/s}$ (verdiar ved 20°C og 1 atm)

Formeluttrykk:

$$\tau = \mu \frac{du}{dy} \approx \mu \frac{\Delta u}{\Delta y} \qquad O_{\text{sylinder}} = 2\pi r L \qquad P = \Gamma \omega$$

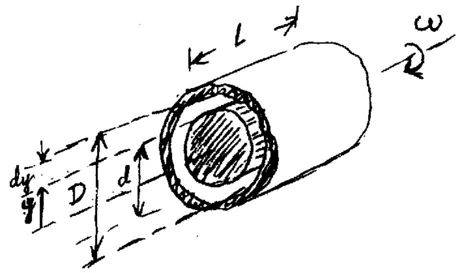
$$\Sigma \boldsymbol{F} = \Sigma(\rho Q \boldsymbol{V})_{\text{ut}} - \Sigma(\rho Q \boldsymbol{V})_{\text{inn}}$$

$$Q = \frac{\pi}{4} D^2 V \qquad h_f = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} \qquad \mathrm{Re} = \frac{VD}{\nu} \qquad \nu = \frac{\mu}{\rho}$$

$$\nabla = \left(\frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial y}, \frac{\partial}{\partial z}\right) \qquad \boldsymbol{u} = -\nabla \phi \qquad \nabla \cdot \boldsymbol{u} = \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} \qquad \boldsymbol{\xi} = \nabla \times \boldsymbol{u}$$

$$(\nabla \times \boldsymbol{u})_x = \frac{\partial w}{\partial y} - \frac{\partial v}{\partial z} \qquad (\nabla \times \boldsymbol{u})_y = \frac{\partial u}{\partial z} - \frac{\partial w}{\partial x} \qquad (\nabla \times \boldsymbol{u})_z = \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y}$$

Oppgåve 1



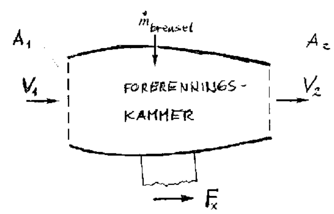
Figuren syner opplagringa av ein aksling med diameter $d = 2r$ i eit lager med indre diameter $D = 2R$ og lengde L. Klaringa mellom aksling og lager antar vi er den same heile vegen rundt, og er mykje mindre enn akslingsdiameteren. Lageret er fylt av ei smøreolje med viskositet μ. Akslingen roterer med vinkelfrekvensen $\omega = 2\pi f$. Snøggleiksdifferansen mellom overflatene på grunn av rotasjonen er $r\omega$. Oppgjevne talverdiar:

$r = 4$ cm $\quad R = 4.015$ cm $\quad L = 11.81$ cm
$f = 2\ \text{s}^{-1}$ $\quad \mu = 0.12\ \text{Ns/m}^2$

a) Syn at skjærspenninga ved akslingen blir $\tau \approx \mu r\omega/(R - r)$. *(Syn rekninga!)*
b) Grei ut kvifor det totale viskøse dreiemomentet blir $\Gamma = \mu \dfrac{r\omega}{R - r} 2\pi r^2 L$.
c) Rekn ut P, energitapet pr. tidseining på grunn av viskositeten, med benemning W (watt). *(Syn rekninga!)*

Oppgåve 2

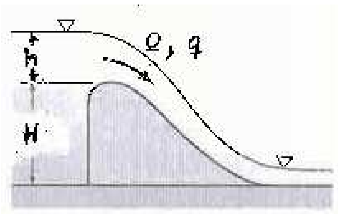
Figuren syner ein turbojetmotor sett frå flyet den er festa til. Den tar inn luft vassbeint ved standardatmosfæretrykk og $20\ ^{\mathrm{o}}$C ved venstre tverrsnitt, der arealet er A_1, og snøggleiken V_1 har storleik lik flyets snøggleik. Forholdet mellom massestraumratene for brensel og innstrøymande luft er R. Eksosen går ut av høgre tverrsnitt med snøggleik V_2, framleis med standardatmosfæretrykk anteke. F_x er den vassbeine krafta frå flyet på grunn av fastspenninga av motoren, som balanserer motorens skyvkraft. Oppgjevne talverdiar:



$A_1 = 0.0407\ \text{m}^2 \qquad V_1 = 280$ m/s $\qquad V_2 = 550.15$ m/s $\qquad R = 1:26$

a) Rekn ut vektstraumraten $(\rho g Q)_{\text{brensel}}$ for flybensinen.
b) Rekn ut eksosens massestraumrate $(\rho Q)_{\text{ut}}$.
c) Rekn ut storleiken av F_x.

Oppgåve 3



Ein seksjon av ein modell med høgde H_m av et damoverløp er plassert i ei renne i eit laboratorium, der vasshøgda over demninga er h_m, og breidden av modellseksjonen er b_m. Modellforholdet er $\lambda = H_m/H_p$, men breidden b_m av modellseksjonen har ikkje samme forhold til breidden b_p av prototypen. Volumstraumraten over demninga i modellen er Q_m, og pr. breiddeeining $q = Q/b$. Talverdiar til bruk i punkt c):

$b_m = 32$ cm $\qquad Q_m = 25.6$ l/s $\qquad \lambda = 1/16 \qquad b_p = 390.65$ m

Π-teoremet gjev ein funksjonssamanheng $\Phi(\Pi_1, \Pi_2) = 0$ mellom 2 dimensjonslause grupper

$$\Pi_1 = \frac{gh^3}{q^2}\ , \qquad \Pi_2 = \frac{h}{H}$$

a) Syn *(ta med rekninga!)* at volumstraumraten pr. breiddeeining, både for modellen og prototypen, er dermed gjeven ved (der Φ_1 er ein funksjon som må bestemmast ved eksperiment)

$$q = \sqrt{g}h^{3/2}\Phi_1(\frac{h}{H})$$

b) Ved dynamisk similaritet er $\Pi_{1,\mathrm{p}} = \Pi_{1,\mathrm{m}}$ og $\Pi_{2,\mathrm{p}} = \Pi_{2,\mathrm{m}}$.[1] Syn at det medfører *(ta med rekninga!)* at

$$\frac{q_p}{q_m} = \lambda^{-3/2}$$

c) Rekn ut q_p og Q_p for prototypen.

Oppgåve 4

Eit røyr av støypejarn med lengde L, diameter D og ruleik ϵ skal føre vatn med kinematisk viskositet ν_{vatn} ved 20 $^{\mathrm{o}}$C, med volumstraumrate Q. Headtapet h_f på grunn av friksjon er kjent. I denne oppgaven skal ein finne naudsynt røyrdiameter D når alle dei andre storleikane er kjent, dvs. et "type-3" problem med iterasjon. Oppgjeve:

$L = 60.93$ m $\qquad \epsilon_{\mathrm{st.jern}} = 0.25$ mm $\qquad Q = 196.9$ l/s $\qquad h_f = 4.0$ m

(forts. neste side)

[1]Dette gir like Froudetal, liksom i tilsvarande løysing i oppgåvesamlinga, men det treng du ikkje tenke på i denne oppgåva!

a) Finn taluttrykkene for ϵ/D, V og Re uttrykt ved D, når SI-talverdiar er sett inn for de andre storleikane.

b) Finn taluttrykket for $D = D(f)$ når SI-talverdiar er sett inn, på formen $D = \text{konstant} \times f^{1/5}$.

c) Finn verdien av f ved å iterera $D = D(f)$ og $\text{Re} = \text{Re}(D)$ sammen med Moody-diagrammet, inntil f ikkje forandrer seg. *Vis rekninga!* (Velg f. eks. $f_{\text{start}} = 0.02$, "midt i" Moody-diagrammet.)

d) Kva verdi fann du for minste røyrdiameter D?

Oppgåve 5

Ei inkompressibel væske strøymer med eit snøggleikspotensial gjeve i kartesiske koordinater som

$$\phi = -\frac{1}{2}a(x^2 + y^2 - 2z^2) \qquad (a > 0)$$

a) Finn snøggleikskomponentane u, v og w.

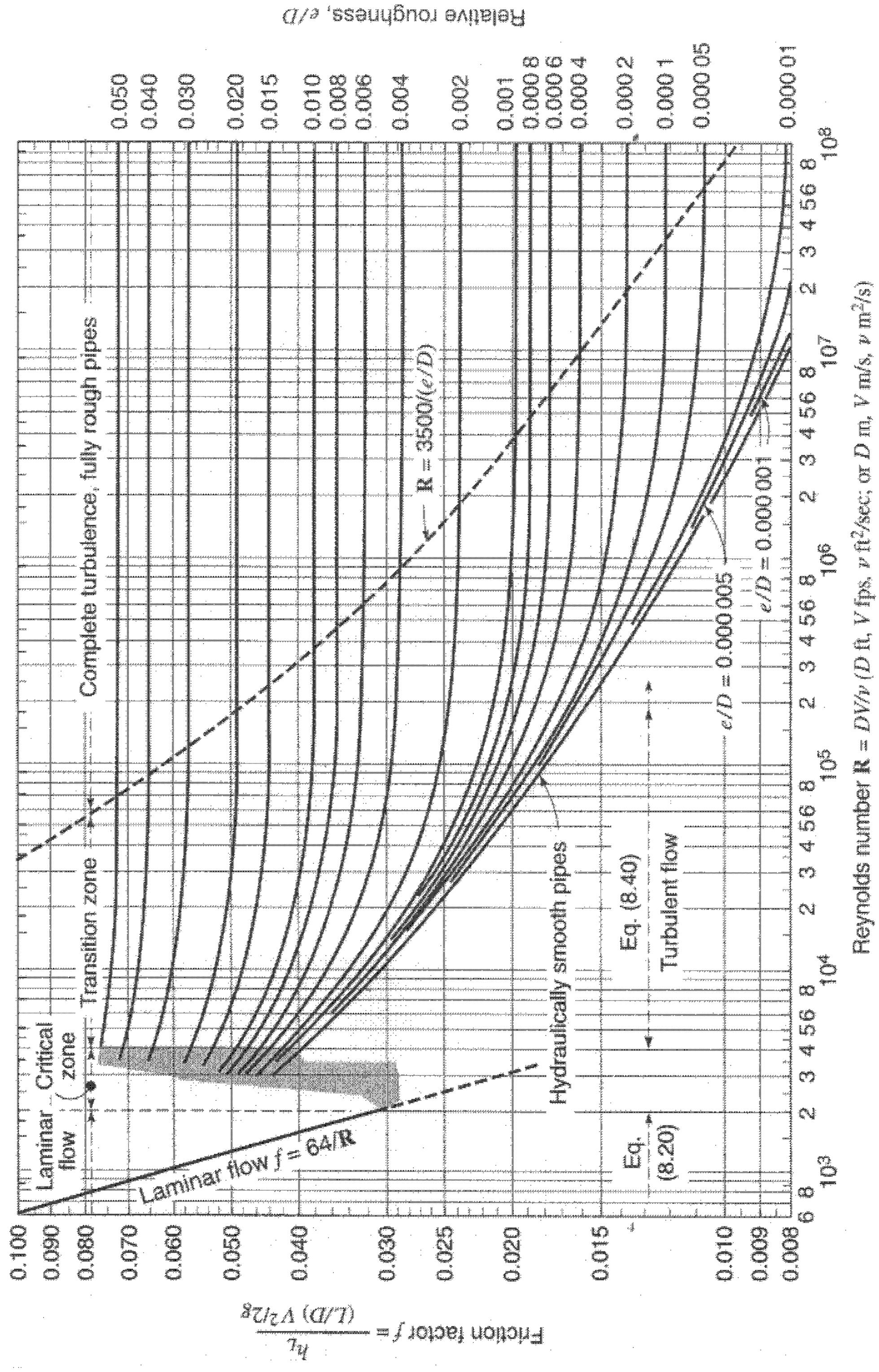
b) Oppfyller snøggleikene kontinuitetslikninga? *(Grunngjev svaret ved rekning!)*

c) Er straumen kvervlingsfri? *(Begrunn svaret ved regning!)* Korleis kunne du ha forutsett resultatet?

På grunn av at $v/u = y/x$ og $\sqrt{u^2 + v^2} \propto \sqrt{x^2 + y^2}$ er det rotasjonssymmetri kring z-aksen, og i det følgjande er det difor tilstrekkeleg å se på straummen i xz-planet:

d) Straumlinene i xz-planet oppfyller likninga $dx/u = dz/w$. Integrer likninga og finn et uttrykk for straumlinekurvane i xz-planet, uttrykt ved ein generell integrasjonskonstant.

e) Teikn ein skisse av straumlinene i xz-planet for $z > 0$, med pilretninger sett på. Kva kan det fulle 3D straumfeltet for eksempel representere?


Relative roughness, e/D
0.050
0.040
0.030
0.020
0.015
0.010
0.008
0.006
0.004
0.002
0.001
0.000 8
0.000 6
0.000 4
0.000 2
0.000 1
0.000 05
0.000 01
Complete turbulence, fully rough pipes
R = 3500/(e/D)
Transition zone
Laminar flow
Critical zone
Laminar flow f = 64/R
Hydraulically smooth pipes
Eq. (8.20)
Eq. (8.40)
Turbulent flow
e/D = 0.000 005
e/D = 0.000 001
Friction factor f = h_L / ((L/D) V²/2g)
0.100
0.090
0.080
0.070
0.060
0.050
0.040
0.030
0.025
0.020
0.015
0.010
0.009
0.008
Reynolds number R = DV/ν (D ft, V fps, ν ft²/sec; or D m, V m/s, ν m²/s)

– God sumar –