Universitetet i Stavanger

DET TEKNISK-NATURVITENSKAPELIGE FAKULTET

EKSAMEN I: BIT260 Fluidmekanikk **DATO:** 25. august 2005

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

TILLATTE HJELPEMIDDEL: Kalkulator, én valgfri standard formelsamling

OPPGAVESETTET BESTÅR AV 4 OPPGAVER PÅ 4 SIDER, INKL. DENNE FORSIDEN OG ET KURVEBLAD

MERKNADER: —

OPPGITT:

Tabellverdier:

$g = 9.807$ m/s^2

$\rho_{\text{vann}} = 999.1$ kg/m^3 $\quad \nu_{\text{vann}} = 1.139 \times 10^{-6}$ m^2/s $\quad \rho_{\text{luft}} = 1.226$ kg/m^3 $\quad$ (15 $^{\text{o}}$C, 1 atm)

Formeluttrykk:

$$p_2 - p_1 = -\rho g(z_2 - z_1) \qquad p_{\text{gauge}} = p_{\text{abs}} - p_{\text{atm}} \qquad V_{\text{kule}} = \frac{4}{3}\pi R^3$$

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

$$\boldsymbol{u} = -\nabla\phi \qquad (\nabla\phi)_r = \frac{\partial\phi}{\partial r} \qquad (\nabla\phi)_t = \frac{1}{r}\frac{\partial\phi}{\partial\theta}$$

$$\nabla\cdot\boldsymbol{u} = \frac{\partial v_r}{\partial r} + \frac{v_r}{r} + \frac{1}{r}\frac{\partial v_t}{\partial\theta} \qquad (\nabla\times\boldsymbol{u})_z = \frac{\partial v_t}{\partial r} + \frac{v_t}{r} - \frac{1}{r}\frac{\partial v_r}{\partial\theta} \qquad \boldsymbol{a} = \frac{\partial\boldsymbol{u}}{\partial t} + (\boldsymbol{u}\cdot\nabla)\boldsymbol{u}$$

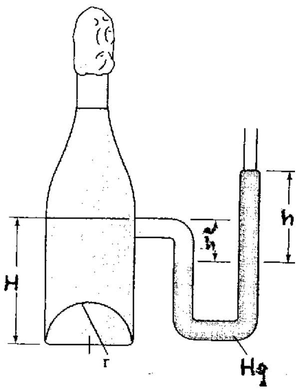
$$\{(\boldsymbol{u}\cdot\nabla)\boldsymbol{u}\}_r = (v_r\frac{\partial}{\partial r} + \frac{1}{r}v_t\frac{\partial}{\partial\theta})v_r - \frac{1}{r}v_t^2 \qquad \{(\boldsymbol{u}\cdot\nabla)\boldsymbol{u}\}_t = (v_r\frac{\partial}{\partial r} + \frac{1}{r}v_t\frac{\partial}{\partial\theta})v_t + \frac{1}{r}v_r v_t$$

$$\frac{p_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} + z_1 + h_P = \frac{p_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + z_2 + h_L$$

$$h_L = h_f + \sum h' \qquad h_f = f\frac{L}{D}\frac{V^2}{2g} \qquad \text{Re} = \frac{VD}{\nu}$$

Oppgave 1

Champagneflaska på figuren er under trykk målt med et kvikksølvmanometer, ved $15\ ^{\mathrm{o}}$C. Spesifikke tettheter for champagne og kvikksølv er s_{ch} og s_{Hg}. Indre flaskeradius og den halvkuleformede bunnens krumningsradius er begge lik r. Manometeret er festet i høyde H over bunnen ved flaskeveggen. Manometerutslaget er h, og festepunktet til flaska ligger i høyde $\tilde{h}$ over laveste kvikksølvnivå. Oppgitt:

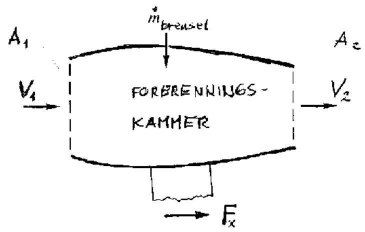


$s_{\text{ch}} = 0.96 \qquad s_{\text{Hg}} = 13.56$
$r = 5$ cm $\qquad H = 16$ cm $\qquad h = 10$ cm
$\tilde{h} = 5$ cm

a) Regn ut gaugetrykket i flaska i høyde H over bunnen.
b) Regn ut vekta av champagnen mellom manometerets festehøydenivå og bunnen.
c) Regn ut netto (gauge)kraft F mot flaskas halvkuleformede bunn.

Oppgave 2

Figuren viser en turbojetmotor sett fra flyet den er festet til. Den tar inn luft horisontalt ved standardatmosfæretrykk og $15\ ^{\mathrm{o}}$C ved venstre tverrsnitt, hvor arealet er A_1, og hastigheten V_1 har størrelse lik flyets hastighet. Forholdet mellom massestrømratene for brensel og innstrømmende luft er R. Eksosen går ut av høyre tverrsnitt med hastighet V_2, fremdeles med standardatmosfæretrykk antatt. F_x er den horisontale kraften fra flyet på grunn av fastspenningen av motoren, som balanserer motorens skyvkraft. Oppgitte tallverdier:



$A_1 = 0.035$ m^2
$V_1 = 280$ m/s $\qquad V_2 = 550$ m/s
$R = 1 : 25$

a) Regn ut vektstrømraten $(\rho g Q)_{\text{brensel}}$ for flybensinen.
b) Regn ut eksosens massestrømrate $(\rho Q)_{\text{ut}}$.
c) Regn ut størrelsen av F_x. (Bruk gaugetrykk.)

Oppgave 3

Et hastighetspotensial som forestiller en "fri virvel", er gitt i plane polarkoordinater (r, θ) som:

$$\phi \;=\; -\frac{\gamma}{2\pi}\theta \;\;, \qquad \gamma \text{ positiv konstant}$$

a) Vis (ta med regningen!) at hastighetskomponentene blir

$$v_r = 0 \;\;, \qquad\qquad v_t = \frac{\gamma}{2\pi}\frac{1}{r}$$

b) Sjekk om hastighetsfeltet kan oppfylle kontinuitetskravet for en inkompressibel ideell fluid.

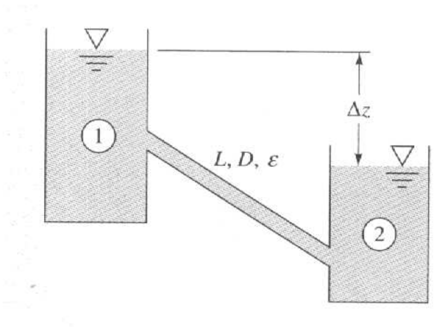
c) Beregn virvlingen i et punkt utenfor origo. På hvilken måte er resultatet i overensstemmelse med at et hastighetspotensial ble oppgitt?

d) Regn ut radiell komponent a_r og tangensiell komponent a_t av akselerasjonsvektoren $\boldsymbol{a}$ i et punkt utenfor origo. Hvilket fast punkt peker $\boldsymbol{a}$ alltid mot?

e) Tegn en skisse av strømlinjene, og sett på piler som viser strømretningen.

Oppgave 4

Figuren viser en rørledning med lengde L og diameter d mellom to vannreservoarer ved 15 $^{\text{O}}$C. Høydedifferansen mellom overflatene er $\Delta z = z_2 - z_1$. Se bort fra "små" tap, og anta at røret kan betraktes som hydraulisk glatt. Oppgitt:

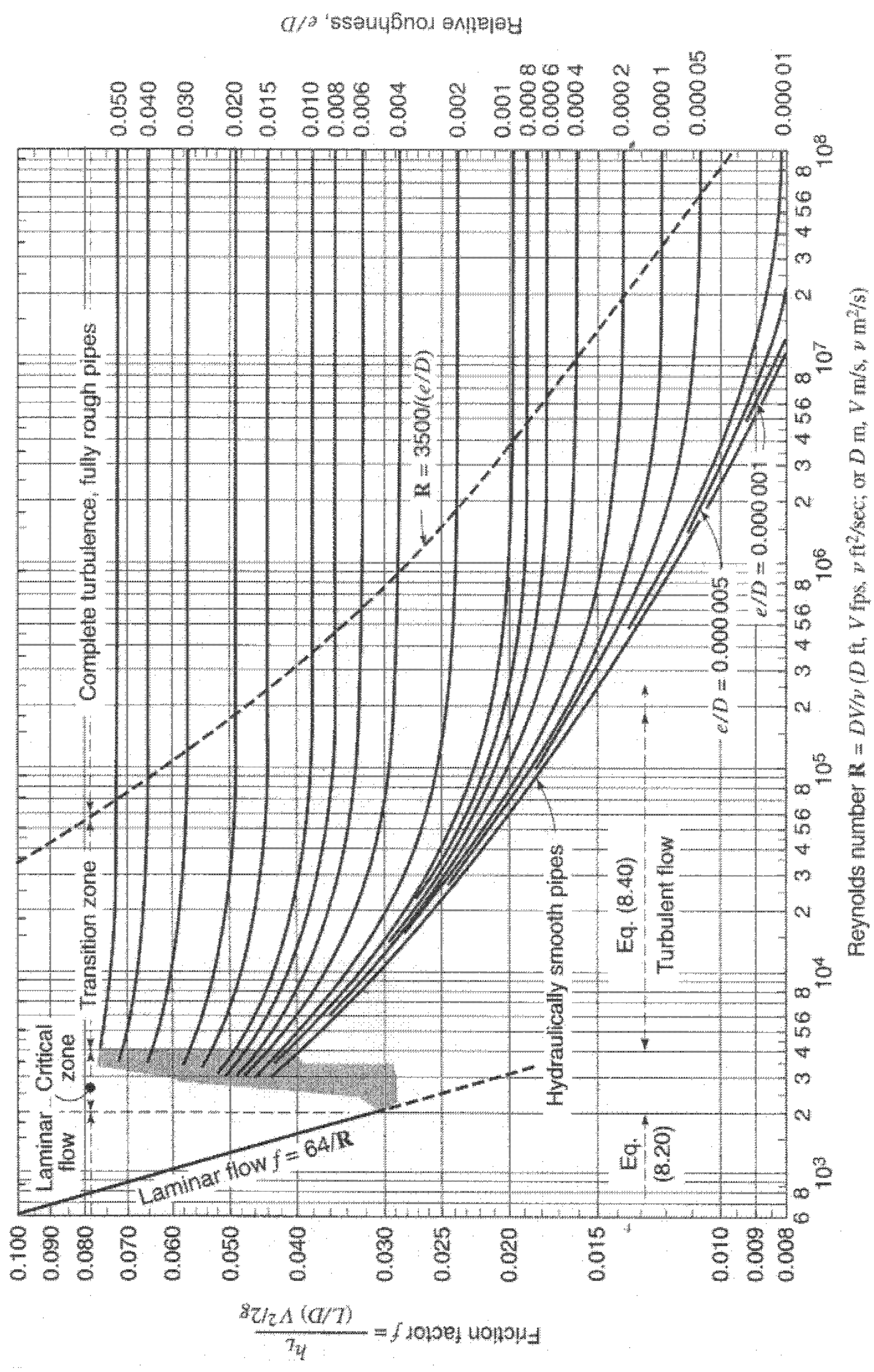


$L = 225$ m
$D = 4$ cm
$\Delta z = -5$ m

a) Finn $V = V(f)$, formelsammenhengen mellom strømhastighet og friksjonsfaktor i røret, med SI-tallverdier innsatt for alle de andre størrelsene. Finn ut fra det formelsammenhengen $\text{Re} = \text{Re}(f)$, igjen med tallverdiene innsatt.

b) Regn ut volumstrømraten Q ved iterasjon. *Vis regningen!* (Velg f. eks. $f_{\text{start}} = 0.02$ omtrent midt i Moody-diagrammet som passende startverdi.)

c) Argumenter (ved regning) for at hvis innløpet i røret i reservoar 1 er i samme nivå som overflaten i reservoar 2, så er gaugetrykket i rørinnløpet i reservoar 1, uttrykt som head, lik $(1 - D/fL)h_f$.



Relative roughness, e/D
Friction factor f = h_L / ((L/D) V²/2g)
Reynolds number R = DV/ν (D ft, V fps, ν ft²/sec; or D m, V m/s, ν m²/s)
Laminar flow
Critical zone
Transition zone
Complete turbulence, fully rough pipes
R = 3500/(e/D)
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

– God høst –