



HØGSKOLEN  
I STAVANGER

**DET TEKNISK-NATURVITENSKAPELIGE FAKULTET**

**EKSAMEN I:**

TE0347 Fluidmekanikk  
BIT260 Fluidmekanikk

**DATO:**

4. september 2004  
4. september 2004

**TID FOR EKSAMEN:**

kl. 09-13 (4 timer)

**TILLATNE HJELPEMIDDEL:** Kalkulator, ei valgfri standard formelsamling

**OPPGÅVESETTET BESTÅR AV 5 OPPGÅVER PÅ 4 SIDER INKLUDERT VEDLEGG**

**MERKNADER:**

TE0347: Alle spørsmåla skal svarast på  
BIT260: Alle med unntak av 1e) skal svarast på

---

**OPPGJEVE:** (Kandidaten skal sjølv veta kva uttrykka tyder)

$g = 9.807 \text{ m/s}^2$      $p_0 = 101.325 \text{ kPa}$      $\rho_{\text{vatn}} = 998 \text{ kg/m}^3$      $\rho_{\text{luft}} = 1.20 \text{ kg/m}^3$   
 $\mu_{\text{vatn}} = 1.002 \times 10^{-3} \text{ Ns/m}^2$      $s_{\text{glyserol}} = 1.26$      $\mu_{\text{glyserol}} = 1.494 \text{ Ns/m}^2$   
(verdiar ved 20°C og 1 atm)

$$p_2 - p_1 = -\rho g(z_2 - z_1)$$

$$p_{\text{gauge}} = p_{\text{abs}} - p_{\text{atm}}$$

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

$$\Sigma A_{\text{inn}} V_{\text{inn}} = \Sigma A_{\text{ut}} V_{\text{ut}}$$

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

$$\dim(\kappa) = \{M^{-1}LT^2\}$$

$$\dim(\nu) = \{L^2T^{-1}\}$$

$$\kappa = 1/p \quad (\text{ideell gass})$$

$$(\nabla \times \mathbf{u})_z = \frac{\partial v_t}{\partial r} + \frac{v_t}{r} - \frac{1}{r} \frac{\partial v_r}{\partial \theta}$$

$$\mathbf{a} = \frac{\partial \mathbf{u}}{\partial t} + (\mathbf{u} \cdot \nabla) \mathbf{u}$$

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

$$\{(\mathbf{u} \cdot \nabla) \mathbf{u}\}_t = (v_r \frac{\partial}{\partial r} + \frac{1}{r} v_t \frac{\partial}{\partial \theta}) v_t + \frac{1}{r} v_r v_t$$

$$h_L = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g}$$

$$\text{Re} = \frac{VD}{\nu}$$

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}$$

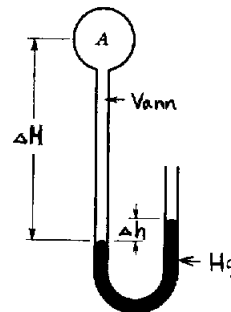
$$f_{\text{lam}} = \frac{64}{\text{Re}}$$

$$\text{Re}_{\text{krit}} \approx 2000$$

---

## Oppgave 1

Figuren syner eit tverrsnitt gjennom ein sfærisk vass-beholdar der det på undersida er montert eit manometer. Det absolutte trykket i  $A$  er  $p_A$ , og i atmosfæren  $p_{\text{atm}}$ . Hg-nivået i venstre grein er  $\Delta H_1$  under  $A$ , og manometeravlesinga (Hg-nivådifferansen) er  $\Delta h_1$ . Så vert det absolutte trykket i  $A$  dobla til  $2p_A$  (med same tallverdi for  $p_A$  som før). Nytt venstre Hg-nivå i forhold til  $A$  vert  $\Delta H_2$ , og ny manometeravlesing vert  $\Delta h_2$ .



- Forklar at hvis  $\Delta H_2 = \Delta H_1 + x$ , så medfører det at  $\Delta h_2 = \Delta h_1 + 2x$ .
- Bruk hydrostatikkens grunnlikning til å utleie eit uttrykk for  $p_A$  før trykkdoblinga.
- Vis at etter trykkdoblinga har det nye absolutte trykket den fylgjande verdien (med  $p_A$  framleis lik verdien frå før trykkdoblinga):

$$2p_A = p_{\text{atm}} + s_{\text{Hg}}\rho_{\text{vann}}g(\Delta h_1 + 2x) - \rho_{\text{vann}}g(\Delta H_1 + x)$$

- Finn  $x$  ut frå likningane under b) og c). (Uttrykket skal ikkje innehalde  $p_A$ .)
- Finn den numeriske verdien for  $\Delta h_2$  ved å setja inn tallverdiane

$$s_{\text{Hg}} = 13.56$$

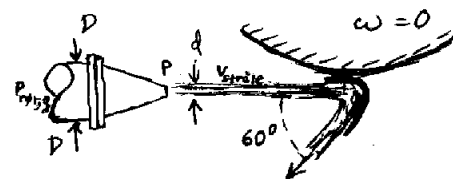
$$p_{\text{atm}} = 101.488 \text{ kPa}$$

$$\Delta H_1 = 4.8 \text{ m}$$

$$\Delta h_1 = 0.09 \text{ m}$$

## Oppgave 2

Frå eit strålemunnstykke i enden av eit røyr med diameter  $D$ , kjem ein horisontal vasstråle med diameter  $d$  og snøggleik  $V_{\text{stråle}}$  ut i fri luft. Gauge-trykket i røyet rett før strålemunnstykket er  $p_{\text{rør,g}}$ . Strålen går tangensielt mot kransen til eit vasshjul som ikkje roterer ( $\omega = 0$ ), og treff der ein einskild skovl som bøyer av strålen ein vinkel på  $120^\circ$ . Oppgjeve:



$$V_{\text{stråle}} = 25.26 \text{ m/s} \quad d = 2 \text{ cm}$$

$$p_{\text{rør,g}} = 342.8 \text{ kPa} \quad D = 5d$$

- Rekn ut kraftkomponenten  $F_{\text{skovl}}$  i retninga til den innkomande strålen, som vatnet verkar på skovlen med.
- Rekn ut tapshead  $h_L$  for den aktuelle straumen gjennom dysa.

### Oppgåve 3

Ljodbylgjer er longitudinale kompresjonsbylgjer, så det er rimeleg å tenkje seg at ljodsnøgggleiken  $c$  i ein fluid avheng av tettheit  $\rho$ , kompressibiliteten  $\kappa$  og kanhende den kinematiske viskositeten  $\nu$ . Vi skal utlei eit uttrykk for ljodsnøgggleiken ved dimensjonsanalyse, med føresetnadene nemnd ovanfor. Anta at uttrykket er eit produkt av potensar, med  $\tilde{C}$  ein dimensjonslaus konstant:

$$c = \tilde{C} \kappa^a \rho^b \nu^d$$

- Utlei eit lineært likningssett som bestemmer de 3 eksponentane  $a$ ,  $b$  og  $d$ .
- Finn verdiene for  $a$ ,  $b$  og  $d$ .
- Bruk uttrykket til å finne ein tallverdi for ljodsnøgggleiken i luft ved  $20^\circ\text{C}$  og standard-atmosfæretrykk  $p_0$ , med approksimasjonen ideell gass og verdien  $\tilde{C} = \sqrt{7/5}$  for den dimensjonslause konstanten.

### Oppgåve 4

Eit todimensjonalt stasjonært straumfelt i ein inkompressibel fluid har straumfunksjonen

$$\psi = B(k^2 - r^2), \quad r^2 = x^2 + y^2, \quad B, k \text{ konstantar}$$

som gjev snøggleikskomponentane

$$v_r = 0, \quad v_t = 2Br$$

- Korleis kan du avgjera utan rekning om denne straumen er kontinuerlig?
- Rekn ut kvervlinga  $\xi = (\xi)_z$ . Eksisterar snøggleikspotensialet  $\phi$ ? (Grunngjev svaret.)
- Rekn ut den radielle akselerasjonskomponenten  $a_r$ . Teikn eit kvalitativt straumlinebilete, med straumretning synt med piler for positiv  $B$ .

### Oppgåve 5

Eit røyr med diameter  $D$  fører ein straumrate  $Q$  av anten vatn eller glyserol. Head-tapet pr. lengdeining av røyret er  $h_L/L$ . Tallverdiar:

$$D = 0.6 \text{ m} \quad Q = 0.1 \text{ m}^3/\text{s} \quad (h_L/L)_{\text{vann}} = 0.0003$$

- Finn friksjonsfaktoren  $f_{\text{vatn}}$  utan bruk av Moody-diagram.
- Finn Reynoldstallene  $\text{Re}_{\text{vatn}}$  og  $\text{Re}_{\text{glyserol}}$ .
- Finn friksjonsfaktoren  $f_{\text{glyserol}}$ .
- Finn den relative ruleiken  $e/D$  til røyret, ut frå Moody-diagrammet.

