



HØGSKOLEN I STAVANGER

**DATO:** 20. september 2000

**AVDELING FOR TEKNISK - NATURVITENSKAPELIGE FAG**

**EKSAMEN I:**

TE 347 Fluidmekanikk

**VARIGHET:**

5 timer

**TILLATTE HJELPEMIDLER:**

Kalkulator

En valgfri standard formelsamling

**OPPGAVESETTET BESTÅR AV 3 SIDER**

**MERKNAD:** Alle de 5 oppgavene skal besvares. Hver teller like mye.

---

**OPPGITT** (Kandidaten skal selv vite hva uttrykkene står for)

$$\begin{aligned} g &= 9.807 \text{ m/s}^2 & \rho_{\text{vann}} &= 998 \text{ kg/m}^3 \\ u &= \frac{\partial \psi}{\partial y} & v &= -\frac{\partial \psi}{\partial x} & \nabla \cdot \mathbf{u} &= \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} & (\nabla \times \mathbf{u})_z &= \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y} & \mathbf{u} &= -\nabla \phi \\ \mathbf{a} &= \frac{\partial \mathbf{u}}{\partial t} + (\mathbf{u} \cdot \nabla) \mathbf{u} & \mathbf{u} \cdot \nabla &= u \frac{\partial}{\partial x} + v \frac{\partial}{\partial y} \\ F_h &= \rho g h_c A & h_p &= h_c + \frac{I_c}{h_c A} & I_c &= \frac{1}{12} b h^3 \text{ (rektangel)} & F_v? & \text{Arkimedes ...} \\ \Sigma \mathbf{F} &= \rho Q (\mathbf{V}_{\text{ut}} - \mathbf{V}_{\text{inn}}) & \Sigma A_{\text{inn}} V_{\text{inn}} &= \Sigma A_{\text{ut}} V_{\text{ut}} \\ \text{Re} &= \frac{VD}{\nu} & \nu &= \frac{\mu}{\rho} & S &= \frac{2\pi f D}{V} \text{ (Strouhallet)} \\ \frac{p_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} + z_1 &= \frac{p_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + z_2 + h_L \end{aligned}$$

---

### Oppgave 1

Et todimensjonalt stasjonært strømfelt i en inkompressibel fluid har strømfunksjon

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

- Hvordan kan du umiddelbart avgjøre om denne strømmen er kontinuerlig?
- Regn ut  $(\boldsymbol{\xi})_z$ , virvlingen i strømmen.
- Eksisterer hastighetspotensialet  $\phi$ ? (Begrunn svaret.)
- Finn komponentene  $a_x$  og  $a_y$  av akselerasjonsvektoren  $\mathbf{a}$ , og vis ut fra det at  $\mathbf{a} \propto -\mathbf{r}$ , med  $\mathbf{r} = (x, y)$ .

## Oppgave 2

Figuren viser et vertikalt snitt gjennom en luke som stenger for vannet i en kanal. Den er en  $60^\circ$  sektor av en sylinderflate med krumningsradius  $R$  om punktet  $O$ . Vannhøyden  $H$  er lik høyden av luken. Bredden av luken (inn i papiret) er  $b$ . Luken svinger om aksen gjennom  $O$  når den blir åpnet. Oppgitt:

$$H = R = b = 1.599 \text{ m}$$

- Finn  $F_h$ , den horisontale komponenten av vannets resultantkraft mot luken.
- Finn  $h_p$ , avstanden fra vannoverflaten til angrepspunktet for  $F_h$ .
- Finn  $F_v$ , den vertikale komponenten av vannets resultantkraft mot luken.
- Forklar hvorfor vannkreftene ikke vil åpne luken, uansett vannhøyden og vekten av luken.

## Oppgave 3

Fra et strålemunnstykke som er montert i enden av et rør med diameter  $D$ , kommer en horisontal vannstråle med diameter  $d$  og hastighet  $V_{\text{stråle}}$  ut i fri luft. Gaugetrykket i røret like før strålemunnstykket er  $p_{\text{rør,g}}$ . Strålen går tangensielt mot kransen til et vannhjul som ikke roterer, og treffer en enkelt skovl som bøyer av strålen en vinkel på  $120^\circ$ . Oppgitt:

$$\begin{aligned} V_{\text{stråle}} &= 25.26 \text{ m/s} & d &= 2 \text{ cm} \\ p_{\text{rør,g}} &= 342.8 \text{ kPa} & D &= 5d \end{aligned}$$

- Regn ut kraftkomponenten  $F_{\text{skovl}}$  i retningen til innkommende stråle, som vannet virker på skovlen med.
- Regn ut strekkraften  $F_{\text{flens}}$  i sammenkoplingen mellom røret og strålemunnstykket.

## Oppgave 4

Vi planlegger å måle virvelavløsningsfrekvensen  $f$  for et “stump legeme” med størrelse  $D$  i en luftstrøm med hastighet  $V$ . Luften har tetthet  $\rho$  og viskositet  $\mu$ . Vi har også gjort en dimensjonsanalyse, der vi antok at  $f$  burde avhenge av  $\rho$ ,  $\mu$ ,  $V$  og  $D$ , og vi fant at sammenhengen måkunne skrives som en relasjon mellom 2 uavhengige dimensjonsløse parametre,  $\Pi_1$  og  $\Pi_2$ . Med en av dem ferdig utregnet:

$$\Pi_1 = \text{Re} \quad (\text{Reynoldstallet})$$

$$\Pi_2 = f\rho^a V^b D^c$$

a) Bestem eksponentene  $a$ ,  $b$  og  $c$  ved dimensjonsanalyse (vis regningen). Begrunn at  $\Pi_2$  kan settes lik Strouhallet  $\mathcal{S}$  (se definisjon på oppgavesettets forside).

b) Hva blir forholdet mellom virvelavløsningsfrekvensene ved dynamisk similaritet for to legemer med størrelsesforhold  $D_1/D_2 = 10/3$ , ved samme trykk og temperatur?

## Oppgave 5

En hevert med samme diameter  $D$  overalt og ellers mål som på figuren, tømmer vann fra et kar og ut i fri luft. Strømraten er  $Q$ . Tapshead mellom punktene 1 og 2 og mellom punktene 2 og 3 er henholdsvis  $h_{L12}$  og  $h_{L23}$ . Tallverdier:

$$Q = 24.60 \text{ l/s}$$

$$D = 10 \text{ cm}$$

$$h_{L12}/h_{L23} = 1.303$$

a) Finn tapshead  $h_{L13}$  mellom punkt 1 og punkt 3.

b) Finn gaugetrykket i punkt 2.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup>