HØGSKOLEN
I STAVANGER

DET TEKNISK-VITENSKAPELIGE FAKULTET

EKSAMEN I:	TE0347 Fluidmekanikk	**DATO:**	13. mai 2004
	BIT260 Fluidmekanikk		13. mai 2004

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

TILLATTE HJELPEMIDDEL: Kalkulator, én valgfri standard formelsamling

OPPGAVESETTET BESTÅR AV 5 OPPGAVER PÅ 4 SIDER INKL. DENNE FORSIDEN

MERKNADER: TE0347: Alle spørsmålene skal besvares
BIT260: Alle med unntak av 1d) og 2b) skal besvares

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

Tabellverdier:

$g = 9.807\ \mathrm{m/s^2}$ $\quad\rho_{\text{vann}} = 998\ \mathrm{kg/m^3}$ $\quad\nu_{\text{vann}} = 1.01 \times 10^{-6}\ \mathrm{m^2/s}$
(ovenstående verdier for vann ved 20°C og 1 atm)

Formeluttrykk:

$$p_2 - p_1 = -\rho g(z_2 - z_1) \qquad F_h = \rho g h_c A \qquad h_p = h_c + \frac{I_c}{h_c A} \qquad I_c = \frac{1}{12}bh^3 \ \text{(rektangel)}$$

$$y_c = \frac{1}{3}h \qquad \text{(flatesenterposisjon, triangel)}$$

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

$$\frac{p_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} + z_1 + h_P = \frac{p_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + z_2 + h_L \qquad p_{\text{gauge}} = p_{\text{abs}} - p_{\text{atm}}$$

$$\mathrm{Re} = \frac{VD}{\nu} \qquad \nu = \frac{\mu}{\rho} \qquad F_I = \rho V^2 L^2 \qquad F_V = \mu V L \qquad \mathrm{Re} = \frac{F_I}{F_V}$$

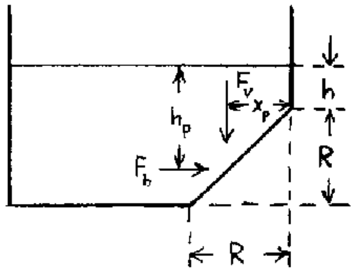
$$h_L = \left(\sum\nolimits_{\text{små}} k + f\frac{L}{D}\right)\frac{V^2}{2g} \qquad P_P = \frac{1}{\eta}\rho g Q h_P$$

$$\nabla\cdot\boldsymbol{u} = \frac{\partial v_r}{\partial r} + \frac{v_r}{r} + \frac{1}{r}\frac{\partial v_t}{\partial \theta} \qquad (\nabla\times\boldsymbol{u})_z = \frac{\partial v_t}{\partial r} + \frac{v_t}{r} - \frac{1}{r}\frac{\partial v_r}{\partial \theta} \qquad \Gamma = \oint_L \boldsymbol{u}\cdot d\boldsymbol{L}$$

Oppgave 1

Et kar er fylt med vann med temperatur 20°C. Den ene veggen har en vertikal flate og en skrå men plan del, som vist på figuren. Veggens bredde (loddrett på papirplanet) er b. Tallverdier:

$h = 1.0\,\text{m} \quad R = 2.0\,\text{m} \quad b = 3.0\,\text{m}$

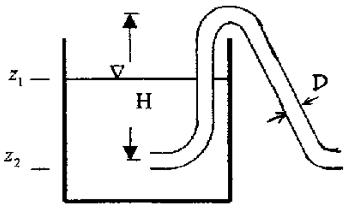


a) Beregn F_h, horisontalkomponenten av vannets resultantkraft mot den skrå delen av veggen.
b) Beregn h_p, avstanden fra vannoverflaten til angrepspunktet for F_h.
c) Beregn F_v, vertikalkomponenten av vannets resultantkraft mot den skrå delen av veggen.
d) Beregn x_v, avstanden fra forlengelsen av veggen til angrepspunktet for F_v.

Oppgave 2

En tank med vann blir tømt ved hjelp av en hevert, som vist på figuren. Heverten har konstant indre tverrsnitt med diameter D og indre volum $\mathcal{V}$, og dens høyde H er slik at kavitasjon ikke opptrer. Vannet strømmer horisontalt inn i heverten og horisontalt ut av den, og innløp og utløp har et felles høydenivå z_2, mens vannoverflaten i tanken har nivå z_1. Det strømmende vannet *inni* heverten virker på heverten med en kraft $\boldsymbol{F}$. Strømhastigheten inni heverten er V. Vi skal anta ideell strøm, uten friksjon eller energitap. Tallverdier:

$z_1 - z_2 = 2\,\text{m} \qquad D = 5\,\text{cm} \qquad \mathcal{V} = 0.0471\,\text{m}^3$



a) Regn ut V.
b) Regn ut $p_{2,\text{gauge}}$, trykket i vannet akkurat i innløpet i heverten.
c) Regn ut F_h, den horisontale komponenten av $\boldsymbol{F}$.
d) Regn ut F_v, den vertikale komponenten av $\boldsymbol{F}$. (Se altså bort fra oppdriften fra omgivende vann.)

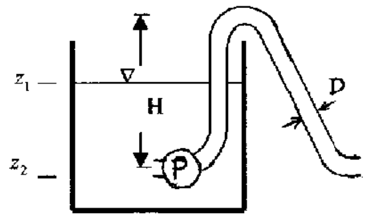
Oppgave 3

Et neddykket legeme skal bevege seg horisontalt med hastighet $V_p = 15$ m/s gjennon olje med $s_p = 0.833$ og $\mu_p = 0.0287\,$Ns/m^2. En modell med $\lambda = 7$ blir testet i vann med temperatur 20°C. Målt dragkraft på modellen ved dynamisk similaritet er $F_{Vm} = 3.5$ N.

a) Regn ut modellhastigheten V_m ved dynamisk similaritet.
b) Regn ut forventet dragkraft F_{Vp} på prototypen ved dynamisk similaritet.

Oppgave 4

Vi har en oppstilling som i Oppgave 2, men med disse forskjellene: Hevertørets innside er sterkt ru, væsken (vannet) er en reell fluid, og det er satt inn en pumpe med effektivitet η like etter hevertrørets innløp for å motvirke fallet i volumstrømrate på grunn av energitapet. Vi skal anta at ruheten er så stor at friksjonsfaktoren f er nær sin asymptotiske verdi og kan approksimeres med en konstant når V varierer. La k_e og k_b være tapskoeffisienter for innløp og alle bend, og L hevertlengden. Tallverdier:



$z_1 - z_2 = 2$ m $\qquad D = 5$ cm $\qquad \eta = 0.95 \qquad k_e + k_b + f\dfrac{L}{D} \approx 5.25$

a) Utled (uten tallregning!) at den nye strømhastigheten V_{reell} *uten pumpe* er relatert til den ideelle (tapsfrie) $V = V_{\text{ideell}}$ fra Oppgave 2 via

$$V_{\text{reell}} = V_{\text{ideell}} / \sqrt{1 + k_e + k_b + f\frac{L}{D}}$$

b) Regn ut (med tall) den elektriske effekten som må tilføres til pumpa for å få samme volumstrømrate som i det ideelle tilfellet. *Oppgitt* (utledning kreves ikke): Hvis pumpa skal levere en slik effekt til vannet at dette oppnås, så blir

$$h_P = (k_e + k_b + f\frac{L}{D})(z_1 - z_2)$$

Oppgave 5

Hastighetsfeltet for en "fri virvel" i 2D er gitt i plane polarkoordinater (r, θ) som

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

a) Sjekk om hastighetsfeltet oppfyller kontinuitetskravet for en inkompressibel ideell fluid.

b) Beregn virvlingen ξ i et punkt utenfor origo. Eksisterer hastighetspotensialet ϕ? Begrunn svaret. (Det kreves i så fall ikke at du beregner ϕ.)

c) Beregn sirkulasjonen Γ langs en sirkel om origo med radius r. Avhenger resultatet av r? Hvilken sammenheng er det mellom dette resultatet og resultatet fra punkt b)?

– God sommer –