

Faglig kontakt under eksamen:

Lars Sætran, tlf.: 73 59 37 16

Alireza Ashrafiyan, tlf.: 98 23 04 69

Reidar Kristoffersen, tlf.: 73 59 35 67

EKSAMEN I TEP 4100 / TEP 4107 FLUIDMEKANIKK

Bokmål/Nynorsk

Lørdag 2. juni 2007

Tid: 0900 – 1300

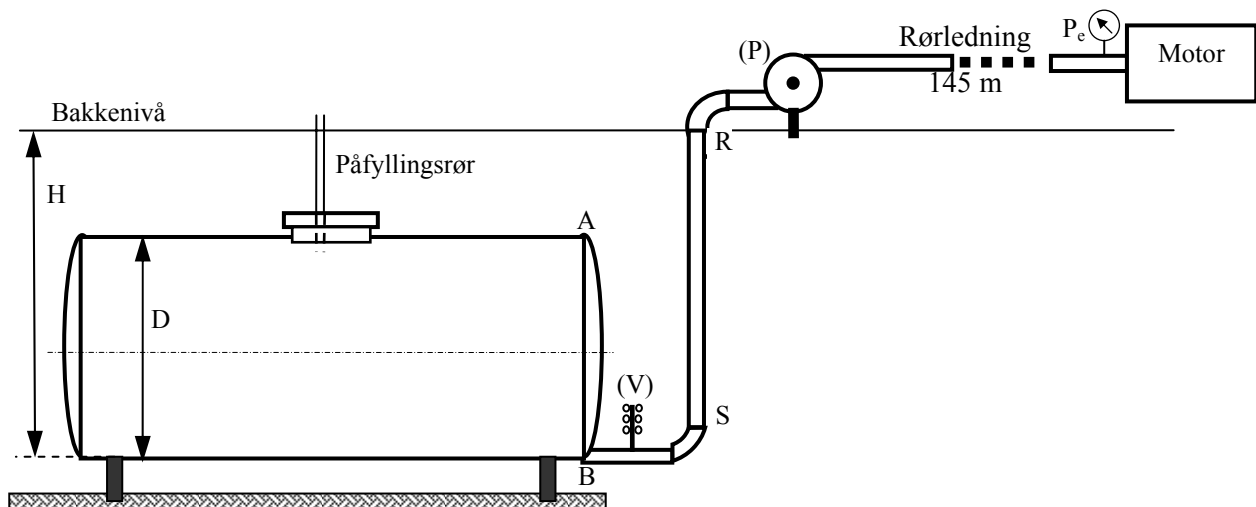
Hjelpemidler C: Bestemt, enkel kalkulator tillatt.
F.Irgens: "Formelsamling i mekanikk" (med egne kommentarer tillatt).
K.Rottmann: "Matematisk formelsamling".
Vedlegg: "Equations of Motion in Cylindrical Coordinates".

Sensuren faller 23.06.07

Oppgave 1.

Et stillestående kar er fylt med olje med relativ tetthet ("Specific Gravity") $SG = 0.85$ og med viskositet $\mu = 0.1 \text{ Ns/m}^2$. En massiv kule med diameter $d = 1 \text{ mm}$ og med $SG = 3.0$ skal slippes ned i karet. Tyngdens akselerasjon er $g = 9.81 \text{ m/s}^2$.

- Kulen henger i en snor. Finn vektforskjellen når kulen henger i luft og når den henger neddykket i oljen.
- Kulen slippes og etter en kort distanse synker den med konstant hastighet U . Motstandskraften (Drag) estimeres fra dragkoeffisienten $C_D = 24 / Re_d$. Finn kulas hastighet U . Uttrykket for C_D er gyldig hvis $Re_d \leq 0.1$. Kontrollér at svaret ditt overholder dette kravet.
- Motstandskraften på en kule som synker med konstant hastighet U i et væskefylt kar kan finnes ut fra følgende opplysninger: Karet har konstant tverrsnittsareal A . Den vertikale hastighetsfordelingen u er kjent over et tverrsnitt en høyde over kula der trykket antas statisk. Sett opp et uttrykk for motstandskraften på kula (ingen utregninger kreves).
- Karet med olja står oppå en vekt. Hvor stort ekstra utslag viser vekten i disse tre situasjonene: Kula henger stille neddykket i olja som i spørsmål a); Kula synker med konstant hastighet U som i spørsmål b); Kula ligger stille på bunnen i karet.

Oppgave 2.

En sylindrisk bensintank med diameter $D = 2$ m er plassert i kjelleren i en dybde $H = 5$ m under bakkenivå. Nederst på tanken er det en ventil (V) som vist i figuren. Et 3 m langt påfyllingsrør er alltid åpent mot atmosfæretrykket $p_a = 10^5$ Pa ved bakkenivå. Tyngdens akselerasjon er $g = 9.81$ m/s².

En pumpe (P) plassert i bakkenivå kan levere bensin ($\rho = 750$ kg/m³) gjennom en horisontal rørledning til en motor. Rørledningen inkluderer totalt 150 m rette lengder (inkludert det 5 m lange vertikale røret RS) samt 50 identiske rørbend. Alle rør i systemet er glatte med diameter $d = 16$ mm.

- a) Ventilen (V) er til å begynne med lukket. Tanken er fylt med bensin helt opp til bakkenivå. Beregn horisontalkomponenten av netto trykkraft som virker fra bensinen på den krumme endeflaten AB til tanken, og lag en skisse av trykkfordelingen på den krumme flaten AB.

Ventilen (V) åpnes helt, pumpen (P) startes og bensin (kinematisk viskositet $\nu = 4 \times 10^{-3}$ cm²/s) strømmer gjennom rørledningen med konstant volumstrøm $Q = 18$ liter/min.

- b) Finn den totale tapshøyden h_{tot} (fra friksjon h_f og fra rørbend h_K) i rørledningen. Tapskoeffisienten for et rørbend er $K = 0.2$.

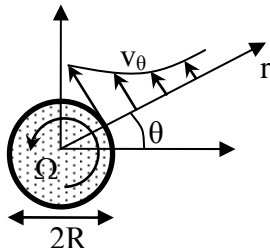
$$\text{Gitt: } f = \begin{cases} 64 / Re ; & \text{Laminær} \\ 0.316 Re^{-0.25} ; & \text{Turbulent} \end{cases}$$

Betrakt situasjonen like før tanken er tom. Overtrykket ved enden av rørledningen p_e er 2 bar (1 bar = 100 kPa).

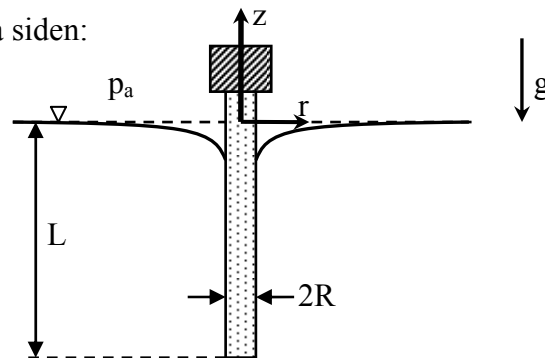
- c) Beregn nødvendig effekt pumpen må yte for å holde volumstrømmen $Q = 18$ liter/min. Bruk $h_{tot} = 23$ m.
- d) Undersøk om kavitasjon kan oppstå noen steder i rørledningen. Damptrykket til bensin er $p_v = 5.5 \times 10^4$ Pa.

Oppgave 3.

Sett ovenifra:



Sett fra siden:



En lang rett sylinder med sirkulært tverrsnitt er montert i en drill. Sylindren stikkes vertikalt ned i vann med tetthet ρ og dynamisk viskositet μ . Sylindrens lengde L er mye større enn dens radius R slik at endeeffekter kan neglisjeres. Sylindren roteres om sin egen akse med konstant vinkelhastighet Ω slik at det etableres en stasjonær strømning i horisontalplanet som antydnet i figuren. Tyngdens akselerasjon er g og atmosfæretrykket er p_a .

Vi antar at hastighetsfeltet kan skrives som

$$v_\theta = \frac{A}{r}, \quad v_r = v_z = 0 \quad \text{der } A \text{ er en positiv konstant.}$$

- Verifiser at strømningsfeltet er hvirvlingsfritt. Finn strømfunksjonen ψ og hastighetspotensialet ϕ . Hvilke SI-enheter har størrelsene ψ og ϕ ?
- Vis at trykket i vannet kan skrives som

$$p(r, z) = p_a - \rho g z - \frac{1}{2} \rho \frac{A^2}{r^2}$$

og finn formen på vannoverflaten.

- Vis at det oppgitte trykk- og hastighetsfelt tilfredsstiller bevegelseslikningen for et viskøst inkompressibelt fluid. Trykket antas uavhengig av θ på grunn av aksesymmetri. Bestem konstanten A .
- Finn et uttrykk for effekten som drillen må yte for å holde sylindren i konstant rotasjon.