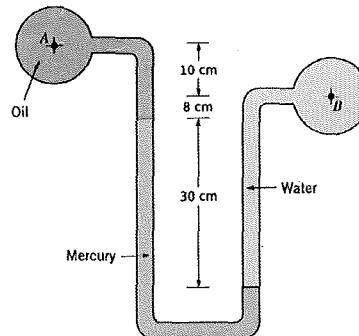


KJR-C2003 Virtausmekaniikan perusteet, K2016

Välikoe 1, perjantai 8.4.2016 13:00-17:00

FI Lue tehtävät huolellisesti. Selitä tehtävissä eri vaiheet. Pelkät kaavat ja ratkaisu eivät riittää täysiin pisteisiin. Vastaa jokaiseen kysymykseen eri paperille. **SE** Läs uppgifterna noggrant. Förlara de olika stegen i uppgifterna. Det är inte tillräckligt att ha bara formler och lösningen. Svara varje uppgift på separat papper. **EN** Read the task statements carefully. Explain the various steps of the solution process. It is not sufficient to have just the formulas and the solution. Answer each task on separate paper.

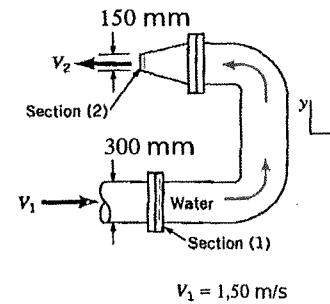
1. **FI** Vastaan lyhyesti (enintään muutama virke) seuraaviin kysymyksiin. Jokaisesta kohdasta 1p. **SE** Svara kort (max. några meningar) på följande frågor. En poäng för varje punkt. **EN** Answer shortly (max. few sentences) to the following questions. One point for each item.
 - a) **FI** Mitä tarkoittaa Newtonilainen fluidi? **SE** Vad betyder en Newtonsk fluidum? **EN** What do we mean by a Newtonian fluid?
 - b) **FI** Mitä eroa on dynaamisella ja kinemaattisella viskositeetilla? **SE** Vad är skillnaden mellan den dynamiska och den kinematiska viskositeten? **EN** What is the difference between the dynamic and kinematic viscosity?
 - c) **FI** Mikä on Lagrangen ja Eulerin kuvaustapojen ero ja miten se näkyy liikemääryhtälössä? **SE** Vad är skillnaden mellan Lagrange- och Euler-beskrivningen och hur syns det i rörelsemängdekvationen? **EN** What is the difference between Lagrange and Euler descriptions and how does it show in the momentum equation?
 - d) **FI** Mitä Reynoldsin kuljetuslause tarkoittaa? **SE** Vad är betydelsen av Reynolds transportteoremet? **EN** What does the Reynolds transport theorem mean?
 - e) **FI** Mitä jännitystensorin τ_{ij} indeksit x ja y tarkoittavat? **SE** Vad betyder indexen x och y i spänningstensorn τ_{ij} ? **EN** What is the meaning of the indices x and y in the stress tensor τ_{ij} ?
 - f) **FI** Miten muotoilisit sanallisesti kulmaliikemääriän taseyhtälön? **SE** Hur skulle du uttrycka balansekvationen av rörelsemängdmoment i ord? **EN** How would you describe the balance equation of angular momentum in words?
2. **FI** U-manometri sisältää öljyä ($\rho = 913 \text{ kg/m}^3$), elohopeaa ($\rho = 13600 \text{ kg/m}^3$) ja vettä ($\rho = 999 \text{ kg/m}^3$) kuvan 1 mukaisesti. **SE** En U-manometer innehåller olja ($\rho = 913 \text{ kg/m}^3$), kvicksilver ($\rho = 13600 \text{ kg/m}^3$) och vatten ($\rho = 999 \text{ kg/m}^3$) enligt bild 1. **EN** A U-manometer contains oil ($\rho = 913 \text{ kg/m}^3$), mercury ($\rho = 13600 \text{ kg/m}^3$) and water ($\rho = 999 \text{ kg/m}^3$) as depicted in Fig. 1



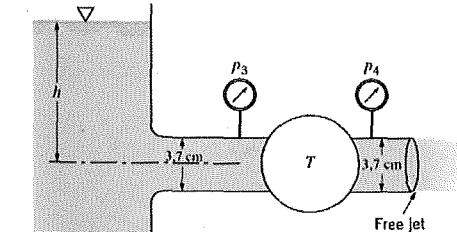
Kuva 1: Tehtävä 2 (Young et al, 2012)

pressure at point A is 100 kPa. (2p)

- c)** **FI** Mikä on uusi manometrilukema, jos paine pisteessä B kasvaa 10 kPa:lla? **SE** Beräkna det nya manometervärdet, om trycket i punkt B ökar med 10 kPa. **EN** Evaluate the new manometer value, if the pressure at point B increases by 10 kPa. (2p)
3. **FI** Määritä kuvan 2 mukaisessa suutin-mutka -yhdistelmässä tarvittavan tukivoiman x- ja y-suuntaiset komponentit seuraavien vaiheiden mukaisesti. Painovoimaa ja viskooseja ilmiöitä ei tarvitse ottaa huomioon. **SE** Bestäm x- och y-komponenterna av stödkraften för dys-krok kombinationen i bild 2 med de följande stegen. Tyngkrafter och viskosa fenomenen behövs inte ta i beaktande. **EN** Determine the x- and y-components of the supporting force for the nozzle-bend combination of Fig. 2 with the following steps. It is not necessary to take the influence of gravity or viscous effects into account.
 - a) **FI** Piirrä kontrollilavuus, jota voit käyttää voiman ratkaisemiseen. **SE** Rita kontrolvolymen, som du kan använda för att lösa kraften. **EN** Draw the control volume, which you can use to solve the force. (1p)
 - b) **FI** Kuva (piirrä ja nimeä/selitä) kaikki valitsemaasi kontrollilavuuteen vaikuttavat voimat. **SE** Beskriv (rita och benämna/beskriv) alla krafter, som påverkar på den utvalda volymen. **EN** Describe (draw and name/describe) all the forces that act on the selected control volume. (1p)
 - c) **FI** Määritä tukivoiman komponentit. **SE** Bestäm komponenterna av stödkraften. **EN** Determine the components of the supporting force. (4p)
4. **FI** Kuvan 3 turbiinin (T) teho on 74,6 kW, kun tilavuusvirta on $0,6 \text{ m}^3/\text{s}$ ja virtaan veden tiheys on 999 kg/m^3 . **SE** Turbinen (T) i bild 2 har en effekt av 74,6 kW, då volymströmmen är $0,6 \text{ m}^3/\text{s}$ och tätheten för det strömande vattnet är 999 kg/m^3 . **EN** The turbine (T) in Fig. 2 has a power of 74,6 kW, when the volume flow rate is $0,6 \text{ m}^3/\text{s}$ and the density of the flowing water is 999 kg/m^3 .
 - a) **FI** Mitä tiedät virtausnopeuksista ja paineista eri pisteissä? **SE** Vad vet du om hastighet och tryck i olika punkter? **EN** What do you know about the velocity and pressure at various points? (1p)
 - b) **FI** Määritä korkeus h . **SE** Beräkna höjden h . **EN** Determine the height h . (3p)
 - c) **FI** Määritä paine-ero p_3-p_4 . **SE** Beräkna tryckdifferensen p_3-p_4 . **EN** Determine the pressure difference p_3-p_4 . (1p)
 - d) **FI** Miten tilavuusvirta muuttuu, jos turbiini poistetaan? Perustele vastauksesi. **SE** Hur förändrar volymströmmen, om man tar bort turbinen? Motivera ditt svar. **EN** How does the volume flow rate change, if the turbine is taken out? Justify your answer. (1p)



Kuva 2: Tehtävä 3 (Young et al, 2004)



Kuva 3: Tehtävä 4 (Young et al, 2012)

- a) **FI** Miten hydrostaattinen paine muuttuu korkeuden funktiona levossa olevassa fluidissa ja miten tämä yhteys on johdettavissa? **SE** Hur varierar trycket i en stilla fluidum som en funktion av höjd och hur kan härledas denna relation? **EN** How does the pressure vary as a function of height in a fluid at rest and how can one derive this relation? (2p)
- b) **FI** Johda yhtälö pisteeseen A ja B väliselle paine-erolle kuvan tilanteessa. Mikä on pisteen B paine, jos paine pisteessä A on 100 kPa? **SE** Härleda ekvationen för tryckdifferensen mellan punkter A och B i bilden. Beräkna trycket i punkt B, då trycket i punkt A är 100 kPa. **EN** Derive the equation for the pressure difference between points A and B in the figure. Evaluate the pressure at point B, when the

KJR-C2003 Virtausmekaniikan perusteet, kaavakokoelma, VK1

Bernoulli

$$p + \frac{1}{2}\rho V^2 + \rho g z = \text{vakio virtaviivalla}$$

Taseyhtälöt

$$\begin{aligned} \frac{dB_{\text{sys}}}{dt} &= \frac{\partial B_{\text{cv}}}{\partial t} - \sum_{\text{in}} \rho V A b + \sum_{\text{out}} \rho V A b \\ \frac{dB_{\text{sys}}}{dt} &= \frac{\partial}{\partial t} \int_{\text{cv}} \rho b dV + \int_A \rho b \vec{v} \cdot \vec{n} dA \\ \frac{\partial M_{\text{cv}}}{\partial t} - \sum_{\text{in}} \rho V A + \sum_{\text{out}} \rho V A &= 0 \\ \frac{\partial(M\vec{v})_{\text{cv}}}{\partial t} - \sum_{\text{in}} \rho V A \vec{v} + \sum_{\text{out}} \rho V A \vec{v} &= \sum \vec{F}_{\text{cv}} \\ \frac{\partial(M\vec{r} \times \vec{v})_{\text{cv}}}{\partial t} - \sum_{\text{in}} \rho V A (\vec{r} \times \vec{v}) + \sum_{\text{out}} \rho V A (\vec{r} \times \vec{v}) &= \sum (\vec{r} \times \vec{F})_{\text{cv}} \\ \frac{\partial(Me)_{\text{cv}}}{\partial t} + \sum_{\text{out}} \left(\check{u} + \frac{p}{\rho} + \frac{V^2}{2} + gz \right) \rho A V & \\ - \sum_{\text{in}} \left(\check{u} + \frac{p}{\rho} + \frac{V^2}{2} + gz \right) \rho A V &= \dot{Q}_{\text{net}} + \dot{W}_{\text{shaft}} \\ \left(\frac{p}{\rho} + \frac{V^2}{2} + gz \right)_{\text{out}} &= \left(\frac{p}{\rho} + \frac{V^2}{2} + gz \right)_{\text{in}} - \left(\check{u}_{\text{out}} - \check{u}_{\text{in}} - \frac{\dot{Q}_{\text{net}}}{\dot{m}} \right) + \frac{\dot{W}_{\text{shaft}}}{\dot{m}} \end{aligned}$$

Pyörimisliike

$$(\vec{r} \times \vec{v})_z = rv_\theta, \quad (\dot{m}rv_\theta)_{\text{out}} - (\dot{m}rv_\theta)_{\text{in}} = T_{\text{shaft}}, \quad (\dot{m}r\omega v_\theta)_{\text{out}} - (\dot{m}r\omega v_\theta)_{\text{in}} = \dot{W}_{\text{shaft}}$$

Differentiaaliyhtälöt

$$\begin{aligned} \frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial \rho u}{\partial x} + \frac{\partial \rho v}{\partial y} + \frac{\partial \rho w}{\partial z} &= 0 \\ \rho \left(\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} \right) &= \frac{\partial \sigma_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial z} + \rho g_x \\ \rho \left(\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} \right) &= \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_{yy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zy}}{\partial z} + \rho g_y \\ \rho \left(\frac{\partial w}{\partial t} + u \frac{\partial w}{\partial x} + v \frac{\partial w}{\partial y} + w \frac{\partial w}{\partial z} \right) &= \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_{zz}}{\partial z} + \rho g_z \\ \sigma_{xx} = -p + 2\mu \frac{\partial u}{\partial x}, \quad \sigma_{yy} = -p + 2\mu \frac{\partial v}{\partial y}, \quad \sigma_{zz} = -p + 2\mu \frac{\partial w}{\partial z} & \\ \tau_{xy} = \tau_{yx} = \mu \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right), \quad \tau_{xz} = \tau_{zx} = \mu \left(\frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x} \right), \quad \tau_{yz} = \tau_{zy} = \mu \left(\frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \right) & \\ \rho \left(\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} \right) &= -\frac{\partial p}{\partial x} + \mu \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right) + \rho g_x \\ \rho \left(\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} \right) &= -\frac{\partial p}{\partial y} + \mu \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \right) + \rho g_y \\ \rho \left(\frac{\partial w}{\partial t} + u \frac{\partial w}{\partial x} + v \frac{\partial w}{\partial y} + w \frac{\partial w}{\partial z} \right) &= -\frac{\partial p}{\partial z} + \mu \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} \right) + \rho g_z \end{aligned}$$