

KJR-C2003 Virtausmekaniikan perusteet, K2019

Tentti perjantai 30.8.2019 12:00-16:00

VASTAA JOKAISEEN TEHTÄVÄÄN (1-5) ERI PAPERILLE

SVARA PÅ VARJE UPPGIFT (1-5) PÅ SEPARAT PAPPER

ANSWER TO EACH TASK (1-5) ON SEPARATE PAPERS

FI Lue tehtävät huolellisesti. Selitä tehtävissä eri vaiheet. Pelkät kaavat ja ratkaisu eivät riitä täysiin pisteisiin.

SE Läs uppgifterna noggrant. Förklara de olika stegen i uppgifterna. Enbart formler och lösningar räcker inte till fulla poäng.

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.

1. **FI** Vastaa lyhyesti (enintään muutama virke) seuraaviin kysymyksiin. Jokaisesta kohdasta 1p.
 - a) Osoita, että pystysuoraan pintaan vaikuttavan voiman suuruus voidaan laskea käyttäen painetta pinnan keskiössä.
 - b) Mikä on Lagrangen ja Eulerin kuvaustapojen ero ja miten se näkyy liikemääräyhtälössä?
 - c) Miten kuvailisit sanallisesti liikemäärän säilymlain partikkelisysteemille?
 - d) Potentiaaliteoriassa virtaus sylinterin ympäri voidaan kuvata homogeenivirtauksen ja dipolin summana. Miten dipolin voimakkuus saadaan ratkaistua, kun homogeenivirtauksen nopeus tunnetaan?
 - e) Miten virtaviivaisen ja tylpän kappaleen vastukset eroavat paine- ja kitkavastusosuuksien osalta ja miksi?
 - f) Mitä siirtymäpaksuus tarkoittaa?

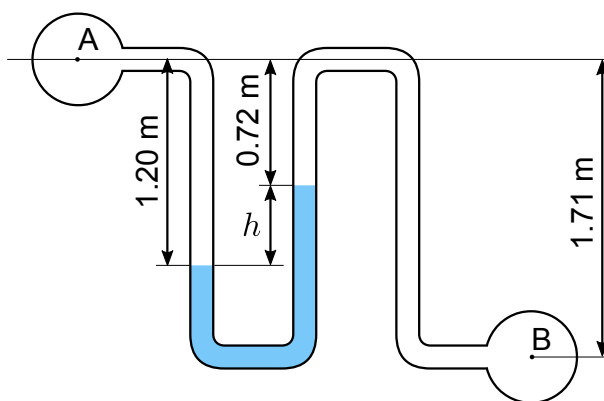
SE Svvara kort (max. några meningar) på följande frågor. En poäng för varje punkt.

- a) Visa, att beloppet av den hydrostatiska kraften på en vertikal yta kan beräknas med hjälp av trycket vid centroiden av ytan.
- b) Vad är skillnaden mellan Lagrange- och Euler-beskrivningen och hur syns det i rörelsemängdekvationen?
- c) Hur skulle du uttrycka konserveringslagen av rörelsemängd för ett partikelsystem i ord?
- d) I potentialteori kan flödet kring en cylinder beskrivas som en summa av en konstant friström och en dipol. Hur bestäms styrkan av dipolen, om friströmshastigheten är känt?
- e) Vad är skillnaden mellan motstånd av en strömlinjeformad och en trubbig kropp när det gäller tryck- och friktionsmotstånd och varför?
- f) Vad är betydelsen av förträngningstjockleken?

EN Answer shortly (max. few sentences) to the following questions. One point for each item.

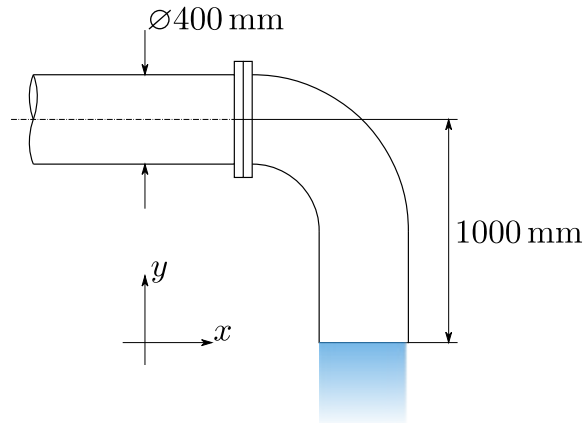
- a) Show that the magnitude of the hydrostatic force acting on a vertical surface can be evaluated using the pressure at the centroid of the surface.
- b) What is the difference between Lagrange and Euler descriptions and how does it show in the momentum equation?
- c) How would you describe the conservation of momentum of a particle system in words?
- d) In potential flow theory the flow around a cylinder can be described as a sum of a uniform flow and a dipole. How is the strength of the dipole determined, if the velocity of the uniform flow is known?
- e) What is the difference between the drag of a streamlined and blunt body in terms of pressure and friction drag contributions and why?
- f) What do we mean by the displacement thickness?

2. **FI** Kuvan 1 manometrissa on putkessa A vettä ($\rho = 998 \text{ kg/m}^3$), putkessa B etanolia ($\rho = 789 \text{ kg/m}^3$) ja manometrinesteenä elohopeaa ($\rho = 13590 \text{ kg/m}^3$). Paine putkessa A on 200 kPa.
- Määritä paine putkessa B. (3p)
 - Paljonko putken B paineen pitää kasvaa, jotta manometrilukema h olisi nolla? (3p)
- SE** Manometern på bilden 1 innehåller vatten ($\rho = 998 \text{ kg/m}^3$) i röret A, etanol ($\rho = 789 \text{ kg/m}^3$) i röret B och kvicksilver ($\rho = 13590 \text{ kg/m}^3$) som manometervätska. Trycket i röret A är 200 kPa.
- Bestäm trycket i röret B. (3p)
 - Hur mycket måste trycket i röret B öka, för att avläsningen h skulle vara noll? (3p)
- EN** The manometer shown in the figure 1 contains water ($\rho = 998 \text{ kg/m}^3$) in pipe A, ethanol ($\rho = 789 \text{ kg/m}^3$) in pipe B and mercury ($\rho = 13590 \text{ kg/m}^3$) as the manometer fluid. The pressure in pipe A is 200 kPa.
- Determine the pressure in pipe B. (3p)
 - How much should the pressure in pipe B increase in order for the manometer reading h to be zero? (3p)



Kuva 1: Tehtävä 2

3. **FI** Vettä pumpataan ilmaan kuvan 2 mukaisesta poistoputkesta. Putkeen on liitetty laippaliitoksella pystysuora mutka. Keskimääräinen virtausnopeus putkessa on 2,0 m/s. Mutkan massa on 75 kg, ja sen sisätilavuus on 0,15 m³. Oleta, että virtauksessa ei tapahdu häviöitä ja että virtausnopeusjakaumat liitoksessa ja mutkan ulostulossa ovat samat. Tehtävänä on määrittää mutkaan kohdistuva tukivoima.
- Valitse sopiva kontrollitilavuus sekä piirrä ja nimeä selkeästi (esim. tukivoima) tähän kohdistuvat voimat. Pisteitä saa vain nimetyistä voimista. (2p)
 - Laske liitoksesta mutkaan kohdistuva vaaka- ja pystysuuntainen voima. (4p)
- SE** Vatten pumpas i luft från avloppsröret på bild 2. En vertikal rörkrök är kopplad till röret med en fläns skarv. Den genomsnittliga hastigheten i röret är 2,0 m/s. Rörkröken har en massa på 75 kg och volymen på 0,15 m³. Anta, att förlusterna är obetydliga och att hastighetsfördelningarna vid förbandet och vid avloppet är desamma. Din uppgift är att bestämma stödkraften på rörkröken.
- Välj en lämplig kontrollvolym och rita samt benämnd tydligt krafterna (t.ex. stödkraften) som påverkar på volymen. Poäng kan fås enbart för det namnade krafterna. (2p)
 - Beräkna den horisontella och den vertikala stödkraften från förbandet på rörkröken. (4p)
- EN** Water is pumped into air according to Fig. 2 from a discharge pipe. A vertical elbow is connected to the pipe with a flange joint. The average flow speed in the pipe is 2,0 m/s. The elbow weighs 75 kg and has an internal volume of 0,15 m³. Assume that there are no losses in the flow and that the velocity distributions at the joint and at the outlet are the same. Your task is to determine the supporting force acting on the elbow.
- Choose an appropriate control volume and draw and name clearly (e.g. supporting force) the forces acting on it. Points are awarded only for named forces. (2p)
 - Determine the horizontal and vertical force that the joint exerts on the elbow. (4p)



Kuva 2: Tehtävä 3

4. **FI** Vettä ($\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$) pumpataan suuresta tankista (kuva 3). Painehäviöiden tiedetään olevan $4\rho V^2/2$ ja pumpun nostokorkeus on $h_p = 20 - 40Q^2$, jossa h_p :n yksikkö on m ja Q :n m^3/s . Tehtävänäsi on määrittää tilavuusvirta ja pumpun teho.

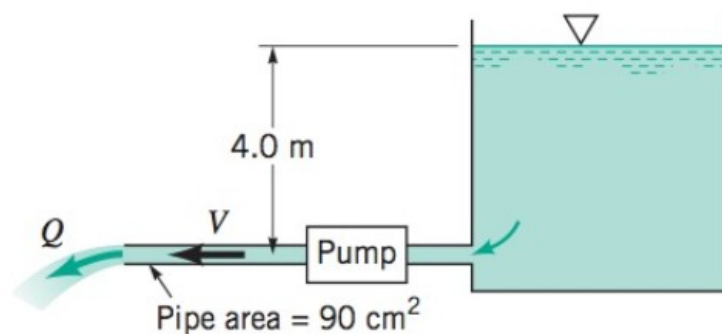
- Kuvaa tunnetut suuret ja yhtälöt, joita tarvitset tehtävän ratkaisemiseksi. (2p)
- Määritä tilavuusvirta. (2p)
- Määritä pumpun teho. (2p)

SE Vatten ($\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$) pumpas från en stor tank (bild 3). Tryckförlusten är $4\rho V^2/2$ och lyfthöjden av pumpen är $h_p = 20 - 40Q^2$ med h_p i meter och Q i m^3/s . Du borde bestämma volymströmmen och pumpens effekt.

- Beskriva de bekanta storheter och ekvationer, som du behöver för att lösa problemet. (2p)
- Beräkna volymströmmen. (2p)
- Beräkna pumpens effekt. (2p)

EN Water ($\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$) is pumped out of a large tank (Fig. 3). The pressure loss is $4\rho V^2/2$ and the pump head is $h_p = 20 - 40Q^2$ with h_p in meters and Q in m^3/s . Your task is to determine the volume flow rate and the power of the pump.

- Describe the known quantities and equations that you need in order to solve the problem. (2p)
- Determine the volume flow rate. (2p)
- Determine the power of the pump. (2p)



Kuva 3: Tehtävä 4 (Young et al, 2012)

5. **FI** Oletetaan, että putkessa virtaavan nesteen synnyttämä leikkausjännitys seinällä τ riippuu putken halkaisijasta D , tilavuusvirrasta Q , fluidin tiheydestä ρ ja kinemaattisesta viskositeetista ν . Laboratoriokokeet halkaisijaltaan 6 cm putkella antoivat kuvan 4 mukaiset tiedot.

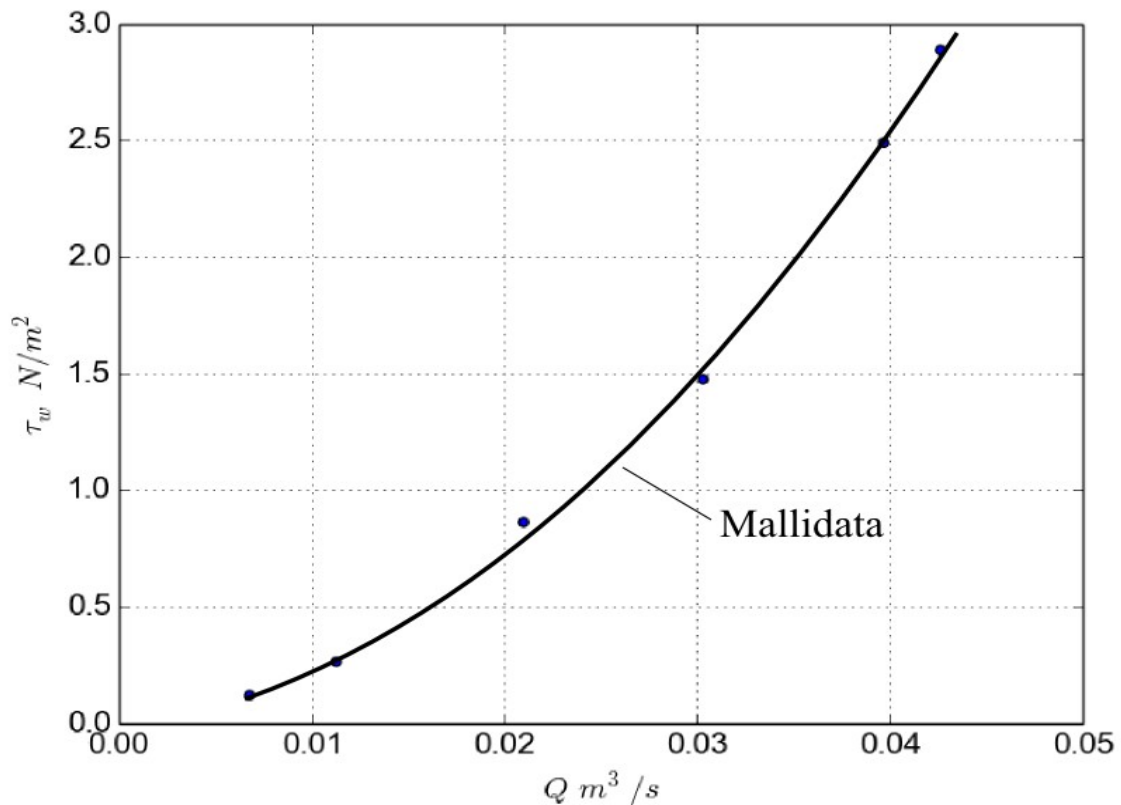
- Määritä dimensioton riippuvuus tässä tapauksessa käyttäen toistuvien muuttujien menetelmää. (4p)
- Määritä dimensioanalyysin ja mallidatan avulla leikkausjännitys virtaukselle, jossa putken halkaisija on 9,1 cm ja tilavuusvirta on 0,042 m³/s. Virtaava neste on molemmissa tapauksissa vettä. (2p)

SE Anta, att skjuvspänningen på rörväggen τ , orsakad av fluidet i röran beror på diametern av röran D , volymströmmen Q , densiteten ρ och kinematisk viskositeten ν av fluidet. Laboratorieexperimenten med en rördiametern på 6 cm gav resultatet på bild 4.

- Bestäm en dimensionslös relation i denna situation medelst metoden med upprepade variabler. (4p)
- Med hjälp av dimensionsanalys och experimentdata bestäm skjuvspänningen i situationen, där diametern är 9,1 cm och volymströmmen är 0,042 m³/s. Fluidet i båda situationerna är vatten. (2p)

EN Let's assume that the shear stress on the wall τ caused by the flowing fluid in a pipe depends on the diameter of the pipe D , the volume flow rate Q , the density of the fluid ρ and the kinematic viscosity ν . Laboratory tests for a pipe with a diameter of 6 cm gave the results according to Fig 4.

- Determine a non-dimensional relation in this case using the method of repeating variables. (4p)
- By using dimensional analysis and model test data determine the shear stress for a flow, where the diameter of the pipe is 9,1 cm and the volume flow rate is 0,042 m³/s. The fluid in both cases is water. (2p)



Kuva 4: Tehtävä 5 (Young et al, 2012)