

KJR-C2003 Virtausmekaniikan perusteet, K2019

Tentti perjantai 31.5.2019 8:00-12:00

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 Svava 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** Pumpun tuottama paine-ero Δp on funktio pumpun halkaisijasta D , kulmanopeudesta ω , fluidin tiheydestä ρ ja tilavuusvirrasta Q .

- Määritä paine-erolle dimensioton riippuvuus käyttäen toistuvien muuttujien menetelmää. (4p)
- Pumpua ($D=300$ mm), testataan mallipumpulla ($D=120$ mm). Mallipumpulla mitataan paine-eroksi 128 kPa, kun tilavuusvirta on 8,0 l/s. Mikä on vastaava tilavuusvirta ja paine-ero 300 mm pumpulla, jos pyörimisnopeus ja fluidi ei muutu? (2p)

SE Tryckskillnaden genererat av en pump Δp är en funktion av pumpens diameter D , vinkelhastighet ω , fluidens densitet ρ och volymströmmen Q .

- Bestäm en dimensionslös relation för tryckskillnaden med hjälp av metoden med upprepade variabler. (4p)
- En pump ($D=300$ mm) testas med en modellpump ($D=120$ mm). Med modellpumpen mäts tryckskillnaden på 128 kPa, när volymströmmen är 8,0 l/s. Vad är den motsvarande volymströmmen och tryckskillnaden med 300 mm pumpen, om varvtalet och fluidet inte förändras. (2p)

EN The pressure difference produced by a pump Δp is a function of the diameter of the pump D , the angular velocity ω , the density of the fluid ρ and the flow rate Q .

- Determine a dimensionless relation for the pressure difference using the method of repeating variables. (4p)
- A pump ($D=300$ mm) is tested with a model pump ($D=120$ mm). With the model pump a pressure difference of 128 kPa is measured when the flow rate is 8,0 l/s. What is the equivalent flow rate and pressure difference with a 300 mm pump, if the rotational speed and the fluid does not change? (2p)

3. **FI** Vettä ($\rho = 998$ kg/m³, $\nu = 1,003 \times 10^{-6}$ m²/s) pumpataan suureen altaaseen teräsputkistoa ($\varepsilon = 0,045$ mm) pitkin. Paine heti pumpun jälkeen on 150 kPa (suhteellinen), ja tämä piste on 5,0 metriä altaan pinnan yläpuolella. Putkiston pituus pumpun jälkeen on 80 m ja halkaisija 150 mm. Putkistoon kuuluu yksi mutka ($K_L = 0,30$) sekä yksi venttiili ($K_L = 2,0$). Putkiston ja altaan liitos vedenpinnan alla on teräväreunainen. Laske tilavuusvirta putkessa. (6p)

SE Vatten ($\rho = 998$ kg/m³, $\nu = 1,003 \times 10^{-6}$ m²/s) pumpas in i en stor bassäng genom ett rörsystemet av stål ($\varepsilon = 0,045$ mm). Trycket direkt efter pumpen är 150 kPa (relativ), och denna punkt ligger 5,0 m högre än ytan av bassängen. Längden av rörsystemet efter pumpen är 80 m och diametern är 150 mm. Det finns en knärör ($K_L = 0,30$) och en ventil ($K_L = 2,0$) i rörsystemet. Sammanfogningen mellan rörsystemet och bassängen under vattenytan är skarpkantad. Beräkna volymströmmen i röret. (6p)

EN Water ($\rho = 998$ kg/m³, $\nu = 1,003 \times 10^{-6}$ m²/s) is pumped into a large basin through a steel piping system ($\varepsilon = 0,045$ mm). The pressure directly after the pump is 150 kPa (relativ), and this point is 5,0 m above the surface of the basin. The length of the piping system after the pump is 80 m and the diameter is 150 mm. The piping system contains one elbow ($K_L = 0,30$) and one valve ($K_L = 2,0$). The connection between the pipe and the basin under the water surface is sharp edged. Determine the flowrate in the pipe. (6p)

4. **FI** Kuvan 1 manometrissä on bensiniä ($\rho = 650 \text{ kg/m}^3$) putkessa A, vettä ($\rho = 999 \text{ kg/m}^3$) putkessa B ja elohopeaa ($\rho = 13600 \text{ kg/m}^3$) manometrimesteenä.

a) Selitä ilman yhtälöitä fysikaalisten periaatteiden avulla, miksi paine kasvaa levossa olevassa fluidissa alaspäin siirryttäessä. Kuinka paljon paine kasvaa vedessä, kun syvyys kasvaa 100m? (2p)

b) Määritä manometrilukema h , kun putkessa A on 20 kPa ylipainetta ja putkessa B 20 kPa alipainetta. (2p)

c) Laske putken B uusi paine, jos lukema h pienenee 10 cm:llä. (2p)

SE Manometern i bild 1 innehåller bensin ($\rho = 650 \text{ kg/m}^3$) i röran A, vatten ($\rho = 999 \text{ kg/m}^3$) i röran B och kvicksilver ($\rho = 13600 \text{ kg/m}^3$) som manometervätska.

a) Förklara utan ekvationer med hjälp av fysikaliska principer, varför trycket ökar nedåt i en stillstående fluid. Hur mycket ökar trycket i vatten, när djupet ökar med 100 m? (2p)

b) Bestäm avläsningen h , när röran A har 20 kPa övertryck och röran B 20kPa undertryck. (2p)

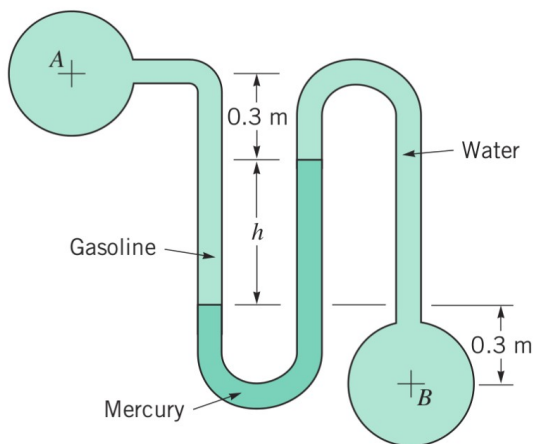
c) Beräkna det nya trycket i röran B, om avläsningen h minskar med 10 cm. (2p)

EN Manometer in Fig. 1 contains gasoline ($\rho = 650 \text{ kg/m}^3$) in pipe A, water ($\rho = 999 \text{ kg/m}^3$) in pipe B and mercury ($\rho = 13600 \text{ kg/m}^3$) as manometer fluid.

a) Explain without using equations through physical principles, why pressure increases with depth in stationary fluid. How much does the pressure increase in water, if the depth increases by 100 m? (2p)

b) Determine the reading h , when pipe A and B have 20kPa of over and under pressure respectively. (2p)

c) Evaluate the new pressure in pipe B, if the reading h decreases by 10 cm. (2p)



Kuva 1: Tehtävä 4 (Young et al, 2011)

5. **FI** Oletetaan kitkaton, kokoonpuristumaton ja yksiulotteinen veden virtaus vaakatasossa olevan T-liitoksen läpi (kuva 2). Määritä liitoksen veteen kohdistaman voiman x - ja y -komponentit. Kunkin putken sisähalkaisija on 1 m.

a) Valitse sopiva kontrollitilavuus sekä piirrä ja nimeä selkeästi tähän kohdistuvat voimat. Pisteitä saa vain nimetyistä voimista. (2p)

b) Määritä voiman komponentit. (4p)

SE Anta friktionslös, inkompressibel och endimensionell strömning av vatten genom den horisontell T-anlutning på bild 2. Bestäm x - och y -komponenterna av kraften på vatten från anslutningen. Innerdiametern av varenda rör är 1 m.

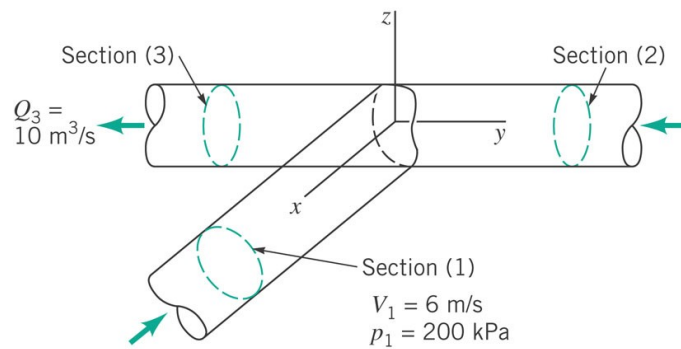
a) Välj en lämplig kontrollvolym och rita samt benämnd tydligt krafterna som påverkar på volymen. Poäng kan fås enbart för det namnade krafterna. (2p)

b) Bestäm komponenterna av kraften. (4p)

EN Assume inviscid, incompressible and one dimensional flow of water through a horizontal T-junction (Fig. 2). Determine the x - and y -component of the force exerted by the junction on the fluid. Each pipe has a diameter of 1 m.

a) Choose an appropriate control volume and draw and name clearly the forces acting on it. Points are awarded only for named forces. (2p)

b) Determine the components of the force. (4p)



Kuva 2: Tehtävä 5 (Young et al, 2011)