

# KJR-C2003 Virtausmekaniikan perusteet, K2019

Välikoe 2 perjantai 31.5.2019 8:00-12:00

**VASTAA JOKAISEEN TEHTÄVÄÄN (1-4) ERI PAPERILLE**

**SVARA PÅ VARJE UPPGIFT (1-4) PÅ SEPARAT PAPPER**

**ANSWER TO EACH TASK (1-4) 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** Vastaan lyhyesti (enintään muutama virke) seuraaviin kysymyksiin. Jokaisesta kohdasta 1p.
  - a) Miten virtausta kuvaavat yhtälöt ovat yksinkertaistettavissa, jos virtaus oletetaan pyörteettömäksi?
  - b) Potentiaaliteoriassa virtaus sylinterin ympäri voidaan kuvata homogenivirtauksen ja dipolin summana. Miten dipolin voimakkuus saadaan ratkaistua, kun homogenivirtauksen nopeus tunnetaan?
  - c) Mitä tarkoittavat ennusteytälö ja mallilait mallikokeiden yhteydessä?
  - d) Miten kappaleeseen vaikuttava voima jaetaan vastukseksi ja nostovoimaksi?
  - e) Miten virtaviivaisen ja tylpän kappaleen vastukset eroavat paine- ja kitkavastusosuuksien osalta ja miksi?
  - f) Mitä siirtymäpaksuus tarkoittaa?

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

- a) Hur kan man förenkla strömningsekvationerna, om man antar, att strömningen är virvelfritt?
- b) 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?
- c) Vad är betydelsen av prediktionsmodell och modellagar i sammanhanget av modelförsök?
- d) Hur delar man upp kraften på en kropp i motstånd och lyftkraft?
- 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) How can we simplify the flow equations, if we assume that the flow is irrotational?
- b) 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?
- c) What do we mean by the prediction equation and modelling laws in the context of model testing?
- d) How is the force on a body divided into drag and lift?
- 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  $\Delta p$  on funktio pumpun halkaisijasta  $D$ , kulmanopeudesta  $\omega$ , fluidin tiheydestä  $\rho$  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  $\Delta p$  är en funktion av pumpens diameter  $D$ , vinkelhastighet  $\omega$ , fluidens densitet  $\rho$  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 mätas tryckskillnaden på 128 kPa, när volymströmmen är 8,0 l/s. Vad är den motsvarande volymstömmen och tryckskillnaden med 300 mm pumpen, om varvtalet och fluidet inte förändras. (2p)

**EN** The pressure difference produced by a pump  $\Delta p$  is a function of the diameter of the pump  $D$ , the angular velocity  $\omega$ , the density of the fluid  $\rho$  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 ( $\rho = 998 \text{ kg/m}^3$ ,  $v = 1,003 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ ) pumpataan suureen altaaseen teräsputkistoa ( $\varepsilon = 0,045 \text{ mm}$ ) pitkin. Paine heti pumpun jälkeen on 150 kPa (suhteellinen), ja tämä piste on 5,0 metriä alaan 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 alaan liitos vedenpinnan alla on teräväreunainen. Laske tilavuusvirta putkessa. (6p)

**SE** Vatten ( $\rho = 998 \text{ kg/m}^3$ ,  $v = 1,003 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ ) pumpas in i en stor bassäng genom ett rörsystemet av stål ( $\varepsilon = 0,045 \text{ mm}$ ). 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 ( $\rho = 998 \text{ kg/m}^3$ ,  $v = 1,003 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ ) is pumped into a large basin through a steel piping system ( $\varepsilon = 0,045 \text{ mm}$ ). The pressure directly after the pump is 150 kPa (relative), 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 keskipakopumpun tilavuusvirta vedellä on  $0,007 \text{ m}^3/\text{s}$ . Absoluuttinen nopeus sisäänvirauksessa on säteen suuntainen ja suhteellinen nopeus ulosvirauksessa kuvan siiven suuntainen.

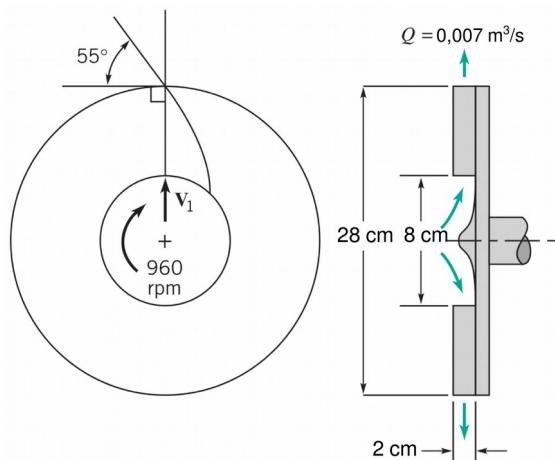
- Piirrä nopeuskolmio ulosvirauksessa ja selitä, mitä nopeuskolmion eri nopeudet kuvaavat. (2p)
- Määritä pumpun teho. (2p)
- Määritä pumpun ideaalinen nostokorkeus ja selitä, miten tämä eroaa todellisesta nostokorkeudesta. (2p)

SE Volymströmmen av centrifugalpumpen på bilden är  $0,007 \text{ m}^3/\text{s}$  med vatten. Den absoluta hastigheten vid inströmningen är parallelt med radien och den relativaste hastigheten vid utströmningen är parallelt med bladet på bilden.

- Rita hastighettriangeln vid utströmningen och beskriva, vad de olika hastigheterna av hastighettriangeln föreställer. (2p)
- Bestäm pumpens effekt. (2p)
- Bestäm den idealiska lyfthöjden av pumpen och beskriva, vad är skillnaden mellan den idealiska och den faktiska lyfthöjden. (2p)

EN The volume flow rate of the centrifugal pump in the figure is  $0,007 \text{ m}^3/\text{s}$  with water. The absolute velocity at the inlet is radial and the relative velocity at the outlet is parallel to the blade in the figure.

- Draw the velocity triangle at the outlet and explain, what the different velocities of the velocity triangle describe. (2p)
- Determine the power of the pump. (2p)
- Determine the ideal head of the pump and explain what is the difference between this and the actual head. (2p)



Kuva 1: Tehtävä 4 (Young et al, 2011)