

**MTF052 STRÖMNINGSMEKANIK**

**Tentamen onsdagen den 11 januari 2012, kl 8:30-13:30, V-huset  
(OBS! 5-timmarstenta)**

**Hjälpmedel: Teoridelen:**  
Inga hjälpmedel tillåtna

**OBS!** Före tentamen skall hjälpmedlen lämnas på en av vakten anvisad plats. Lösningarna på teoriuppgifterna inlämnas vid godtycklig tidpunkt, varefter hjälpmedlen får användas vid lösandet av problemen.

**Problemdelen:**  
Tillåtna hjälpmedel är läroboken ("Fluid Mechanics", Frank M. White), Data och Diagram, matematiska tabeller, räknedosa, av institutionen utgivna formelsamlingar och material, föreläsninganteckningar - dock ej lösta exempel.

**Lösningar:** Anslås på institutionens anslagstavla torsdag 12 januari 2012

**Betygsgränser:** Maximal poängsumma är 85 p. Betyg  $3 \geq 34p$ ,  $4 \geq 51p$ ,  $5 \geq 68p$

**Tentaresultat:** Meddelas senast måndag 30 januari 2012

**Granskning:** Tisdag 31 januari 2012, kl 11.45-12.45  
Onsdag 1 februari 2012, kl 09.00-11.00

Göteborg den 21 december 2011

Alf-Erik Almstedt, tel 772 1407



## Teoriuppgifter

T1. Förklara begreppen: stationär, inkompressibel, friktionsfri, och turbulent strömning. (4p)

T2. Om man håller tummen för övre änden i ett sugrör fyllt med vatten så rinner inte vattnet ut. Hur hög kan en vattenpelare i ett rör bli om övre änden är tät och den undre är öppen? (2p)

T3. Hur definieras (volymmedelvärderade) medelhastigheten genom en yta (för inkompressibel strömning)? (2p)

T4. Rita en kontrollvolym i form av en kub och märk ut spänningarna som verkar på kubens ytor i en av riktningarna, samt teckna ett uttryck för den resulterande kraften i den riktningen. (3p)

T5. Navier-Stokes ekvation i x-riktningen ser ut som följer:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} = g_x - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\mu}{\rho} \left\{ \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right\}$$

Förklara de ingående termerna. Under vilka förutsättningar gäller Navier-Stokes ekvation? (6p)

T6. Strömningsmotståndet,  $F_D$ , för en omströmmad kropp kan delas upp i ett formmotstånd,  $F_{Dn}$ , och ett friktionsmotstånd,  $F_{Df}$ . Visa utgående från Reynolds likformighetslag att formmotståndet kan skrivas som

$$F_{Dn} = C_{Dn}(\text{Re}) \cdot A_p \cdot \frac{\rho U^2}{2}$$

där motståndskoefficienten  $C_{Dn}$  enbart är en funktion av Reynolds tal. (5p)

T7. Förklara hur man mäter hastigheten med ett Prandtlrör ("Pitot-Static Tube"). (3p)

T8. Visa att statiska trycket är oberoende av avståndet från väggen i ett laminärt tvådimensionellt gränsskikt. Utgå från NS i y-led på dimensionslös form:

$$\bar{u} \frac{\partial \bar{v}}{\partial x} + \bar{v} \frac{\partial \bar{v}}{\partial y} = - \frac{\partial \bar{p}}{\partial y} + \frac{1}{\text{Re}} \left( \frac{\partial^2 \bar{v}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \bar{v}}{\partial y^2} \right)$$

Följande storleksuppskattningar gäller och behöver ej visas:

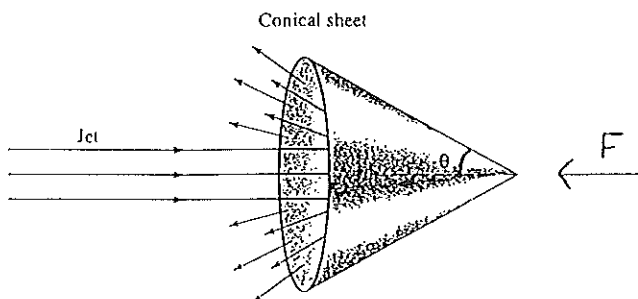
$$\bar{u} \sim 1, \bar{v} \sim \delta \text{ och } \text{Re} \sim \frac{1}{\delta^2}. \quad (4p)$$

T9. Förklara uppkomsten av von Kármáns virvelgata. (3p)

T10. Förklara med hjälp av en figur hur trycket och hastigheten varierar för olika mottryck i ett konvergent munstycke, vid utströmning från en stor behållare med trycket  $p_0$ . Vad gäller för massflödet vid olika mottryck? (3p)

### Problem

P1. En vattenstråle, med diametern 1 cm och hastigheten 10 m/s, träffar en kon och avböjs så att hastigheten på vattnet blir parallell med konens vägg (se figur). Beräkna vilken toppvinkel,  $\theta$ , konen har om den kraft som behövs för att hålla konen stillastående,  $F$ , är 15 N. Vattnet som lämnar konen antas ha samma hastighet som strålen, dvs 10 m/s.

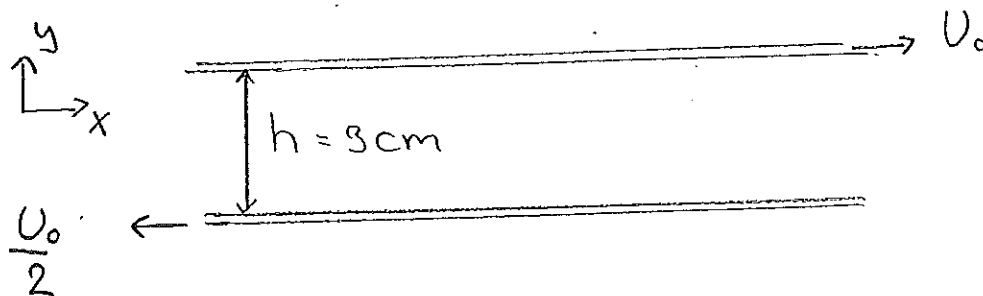


(10p)

P2. Mellan två plana horisontella plattor strömmar vatten med temperaturen  $20^\circ\text{C}$ , se figur. I x-riktningen finns en positiv tryckgradient på  $50 \text{ Pa/m}$ . Den övre plattan rör sig i positiv x-riktning med hastigheten 10 m/s och den undre plattan rör sig i negativ x-riktning med hastigheten 5 m/s.

Ange storlek och riktning på flödet/breddenhet ( $Q/dz$ ).

Avståndet mellan plattorna, som kan anses ha oändlig utsträckning, är 3 cm.



(10p)

- P3. En fumlig kemist tappar en behållare med giftig vätska i en stor öppen tank med ofarlig vätska. I behållaren finns en omrörare, så vätskorna blandas omedelbart. Från botten på den stora tanken strömmar vätskan ut genom ett 15 m långt rör som mynnar ut i omgivningen. En meter före utloppet på röret sitter en elektriskt styrd, flänsad sätesventil ("globe valve"). Kemisten är snabb och trycker på reglerknappen till ventilen, som stängs 4 sekunder efter olyckan. Beräkna om något av den giftiga vätskeblandningen har hunnit passera ventilen innan den stängs.

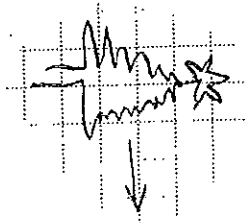
Vätskeytan i tanken är 4,0 m ovanför rørets utlopp. Røret är av galvaniserat järn och har en innerdiameter av 8 cm. Vätskans kinematiska viskositet är  $0,5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 / \text{s}$ .

(10p)

- P4. Julen är slut och julgranen ska ut. En familj som bor på 8:e våningen, 20 m över marken, slänger ut granen genom fönstret, för att slippa bära ut den. Den tankspridde familjefadern har glömt att ta bort julstjärnan i toppen varför granen faller liggande, en figur. Granens projicerade area är  $1 \text{ m}^2$  och dess massa (inkl. julstjärnan) är 15 kg. Beräkna granens nedslagshastighet. Granens  $C_D$  får anses oberoende av hastigheten.

Ledning: Om det skulle råka dyka upp en term av typen  $\frac{du}{dt}$  kan det underlätta att skriva om

den med hjälp av kedjeregeln som  $\frac{du}{dt} = \frac{dy}{dt} \cdot \frac{du}{dy} = u \frac{du}{dy}$



(10p)

- P5. Luft strömmar genom en konvergent-divergent dysa med cirkulärt tvärsnitt. Luften tillföres från en mycket stor behållare där trycket 0,7 MPa och temperaturen  $30^\circ\text{C}$  råder. Trycket utanför dysans mynning är 0,1 MPa. Dysan har i minsta sektionen diametern 0,5 cm och i mynningen 1,0 cm. Beräkna massflödet genom dysan och utred om en stöt förekommer i dysans divergerande del.

(10p)