

**MTF052 STRÖMNINGSMEKANIK**

**Tentamen onsdagen den 12 januari 2011, kl 8:30-13:30, M-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, föreläsningssanteckningar - dock ej lösta exempel.

**Lösningar:** Anslås på institutionens anslagstavla torsdag 13 januari 2011

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

**Tentaresultat:** Meddelas senast måndag 31 januari 2011

**Granskning:** Tisdag 1 februari 2011, kl 11.45-12.45  
Onsdag 2 februari 2011, kl 09.00-10.00

Göteborg den 4 januari 2011

Alf-Erik Almstedt, tel 772 1407

**TILLÄMPAD MEKANIK**  
Chalmers tekniska högskola  
412 96 Göteborg

Besök: Hörsalsvägen 7 B, 4 tr  
Telefon: 031-772 37 87  
E-post: ullt@chalmers.se  
Webb: www.chalmers.se/am

Chalmers tekniska högskola AB  
Organisationsnummer 556479-5598



## Teoriuppgifter

T1. Förklara skillnaden mellan strömlinje, partikelbana och stråk. Vad ska gälla för att dessa ska sammanfalla? (3p)

T2. Hur kan flytkraften på en kropp i en fluid tecknas? Visa detta. (3p)

T3. Härled kontinuitetsekvationen på integralform för en fix kontrollvolym genom att utgå från Reynolds transportteorem

$$\frac{d}{dt}(B_{\text{sys}}) = \frac{d}{dt} \left( \int_{cv} \beta \rho dV \right) + \int_{cs} \beta \rho (\mathbf{V}_r \cdot \mathbf{n}) dA$$

Förklara även vad kontinuitetsekvationen betyder fysikaliskt.

(4p)

T4. Förenkla impulsekvationen  $\Sigma \mathbf{F} = \frac{d}{dt} \left( \int_{cv} \mathbf{V} \rho dV \right) + \int_{cs} \mathbf{V} \rho (\mathbf{V}_r \cdot \mathbf{n}) dA$  för

a) fix kontrollvolym,

b) fix kontrollvolym med endimensionella in- och utlopp,

c) fix kontrollvolym med endimensionella in- och utlopp samt stationär strömning

(3p)

T5. Skriv om den totala accelerationen med hjälp av kedjeregeln till formen med en lokal och en konvektiv term. Förklara även fysikaliskt vad de olika bidragen betyder.

(5p)

T6. Vad menas med fullt utbildad rörströmning?

(2p)

T7. Definiera hydraulisk diameter och förklara hur den används vid laminär respektive turbulent rörströmning.

(3p)

T8. Hur förhåller sig den turbulenta viskositeten  $\epsilon_m$  storleksmässigt till den kinematiska viskositeten  $\nu$  i det viskösa underskiktet respektive i det fullt turbulenta området? Hur varierar totala skjuvspänningen  $\tau$  med  $y$ -koordinaten i dessa områden? Vilken matematisk form har hastighetsprofilen i de bågiga områdena?

(4p)

T9. Skriv om trycktermen i gränsskiktsekvationen

$$u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} = -\frac{1}{\rho} \frac{dp}{dx} + \nu \frac{\partial^2 u}{\partial y^2}$$

som en funktion av friströmshastigheten,  $U$ , mha Bernoullis ekvation (med försummat höjdtryck).

(2p)

T10. För laminär strömning längs en plan platta är hastighetsprofilen självlikformig. Vad betyder det?

(2p)

T11. Med hjälp av KE och EE på differentiell form och definitionen av ljudhastighet kan följande ekvation härledas

$$\frac{dV}{V} = \frac{dA}{A} \frac{1}{Ma^2 - 1} = - \frac{dp}{\rho V^2}$$

Visa utifrån detta samband hur hastigheten och trycket ändrar sig vid strömning genom en divergent och genom en konvergent kanal, för underljuds- respektive överljudsströmning. (4p)

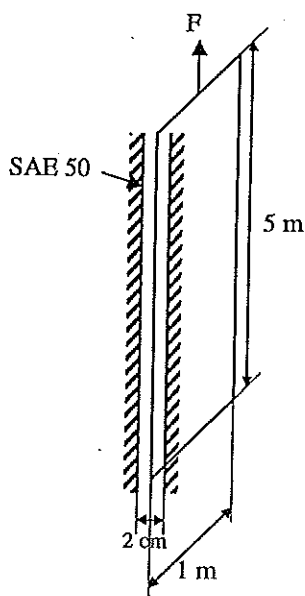
### Problem

P1. En plan tunn plåt skall dras upp ur ett vertikalt hålrum som innehåller SAE50-olja av 20°C. Vid vilken hastighet blir den erforderliga kraften 850 N?

Bortse från änd- och kanteffekter samt starteffekter. Skillnaden i statiskt tryck, och plåtens egen tyngd (dock ej tyngdkraftens inverkan på oljan) får också försummas. Plåtens längd och bredd är 5 m resp 1 m och dess tjocklek är försumbar. Hålrummets vidd är 2 cm, se figur.

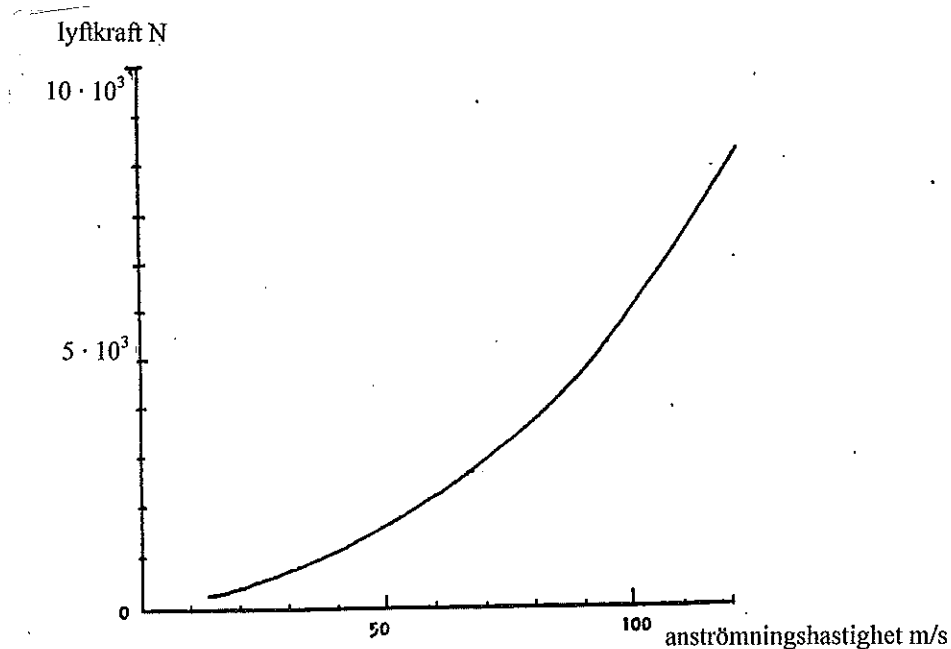
Man kan dessutom anta att det finns lika mycket olja på båda sidor om plåten, dvs. plåten är centralt placerad i hålrummet.

Ledning: Från kraften kan skjuvspänningen bestämmas vilket underlättar bestämmandet av integrationskonstanter om det nu av en händelse skulle bli några sådana.



(10p)

- P2. Man önskar bestämma lyftkraften på en vinge med vingkordan 1,0 m, då den med en viss anfallsvinkel flyger med hastigheten 25 m/s i luft av 20°C. För den skull gör man ett modellförsök i en vindtunnel. Anfallsvinkeln är densamma i båda fallen men lufttemperaturen i tunneln är 30°C. Modellvingen har kordan 0,30 m och dess längd har skalats i samma förhållande. För modellen uppmättes följande lyftkraft-anströmningshastighetsdiagram:



Vad blir lyftkraften på den stora vingen då man flyger med hastigheten 25 m/s? (10p)

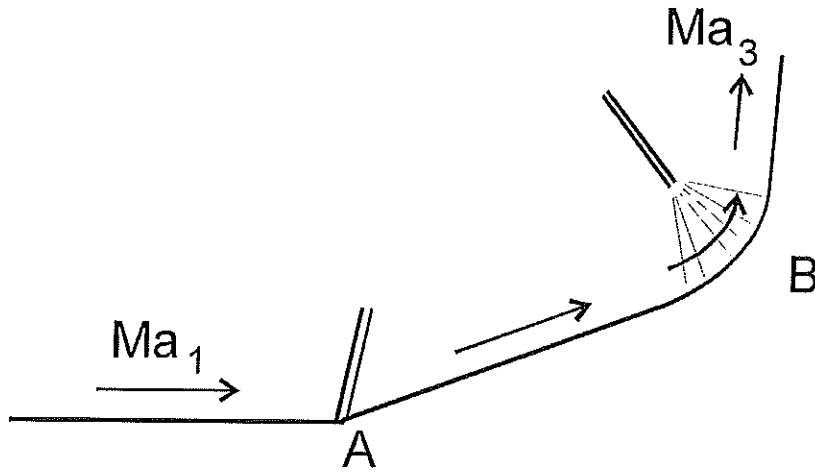
- P3. I en 25 m lång rörledning med diametern 0,15 m strömmar olja av 30°C. För att bestämma massflödet genom röret placeras ett pitotrör i rörets centrum, vilket ger totaltrycket 250 kPa. I samma tvärsnitt uppmättes trycket 225 kPa vid rörväggen genom ett litet hål borrarat vinkelrätt mot rörväggen. Bestäm massflödet ( $\rho = 980 \text{ kg/m}^3$ ,  $\nu = 1,0 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ ).

Mätsektionen är placerad så långt nedströms inloppet att hastighetsprofilen kan anses fullt utbildad. (10p)

- P4. En doktorand på Tillämpad mekanik har i ett experiment mätt upp väggskjuvspänningen 2 m nedströms framkanten på en plan platta till 2,1 Pa. Tyvärr glömde han att hålla koll på friströmshastigheten under försöket. Däremot visste han att lufttemperaturen var 20°C och trycket 1 atm.

- Hur stor var friströmshastigheten?
- Hur stor är hastigheten på avståndet 5 mm ut från plattan, 2 m från framkanten? (10p)

- P5. Luft av 20 °C strömmar parallellt utefter en plan platta med  $Ma = 3$ . Vid position A viker strömningen av och en sned stöt med stötvinkeln  $40^\circ$  uppkommer. Vid position B är väggen krökt, varför istället luften nära väggen komprimeras över en Machfana. Hur stor omlänkingsvinkel behövs i position B för att få ljudhastighet efter kompressionen?



(10p)