



CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Mekanik och maritima vetenskaper
412 96 Göteborg

TME055 Strömningsmekanik

2021-01-15

Tentamen fredagen den 15 januari 2021 kl 14:00-18:00

Ansvarig lärare: Henrik Ström

Ansvarig lärare (eller någon som företräder honom) kan under tentamen nås på mail henrik.strom@chalmers.se eller telefon 031-7721360.

Maximal poängsumma är 50. För godkänt krävs 20 poäng, för betyg 4 krävs 30 poäng och för betyg 5 krävs 40 poäng. **OBS! För godkänt betyg krävs utöver minst 20 poäng totalt även att minst 1 poäng erhållits per delområde (A-E).**

Skriv dina svar i en ordbehandlare (t ex Microsoft Word) eller på papper. Lämna in ditt dokument *allra helst som PDF* i Canvas innan tentan avslutas. Det är även möjligt att skriva svar på papper och scanna in med mobilen och ladda upp sådana bilder som PDF. Om du använder dig av något annat filformat än PDF, kontakta examinatorn via mail innan du lämnar in för att försäkra dig om att filformatet är OK! Inlämnade filer som inte går att läsa kan komma att ge noll poäng på tentan. Det är inte möjligt att byta ut sina filer efter att tentan avslutats.

Under tiden som du skriver tentan ska du vara inloggad i Zoom med kameran på. Följ i övrigt de centrala instruktioner som finns för Zoom-övervakad tentamen (se kursrummet i Canvas).

OBS! Notera att uppgifterna inte är ordnade efter svårighetsgrad.

Delområde A – Molekyler och kontinuum (10 p)

- 1) En vätska eller gas består av ett stort antal molekyler som rör sig i olika hastigheter och riktningar och kolliderar/interagerar med varandra. Samtidigt är det möjligt att prata om att en fluid har en viss hastighet, ofta väsentligt olik de ingående molekylernas, i en punkt. Förklara hur detta är möjligt och vilka krav som måste vara uppfyllda för att detta ska vara möjligt! (3 p)
- 2) Betrakta följande experiment: En 0,5L mjuk petflaska fylls med normalt mycket vatten (lite luft kvar längst upp). Därefter placerar man en liten sten inuti en liten ballong och blåser upp den. Ballongen med stenen förs ner i flaskan och korken skruvas på. Om flaskan lämnas stående flyter ballongen till vattenytan längst upp i flaskan. Om man däremot klämmer på flaskan sjunker ballongen nedåt mot botten (se bild här inunder). Ju hårdare man klämmer, desto längre ned i flaskan hamnar ballongen. Förklara detta experiment! (2 p)

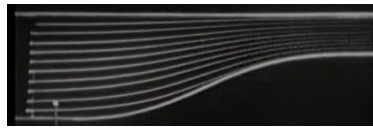


- 3) Varför måste det finnas en hastighetsgradient för att det ska föreligga skjuvspänningar i en fluid i rörelse? Förklara med utgångspunkt från vad som händer på molekylär nivå! (2 p)
- 4) Två identiska glas står bredvid varandra på ett bord. Ett glas är till hälften fyllt med kvicksilver, till resten med vatten. Det andra glaset innehåller hälften vatten och resten matolja. I vilket glas är trycket på botten högst? Motivera ditt svar! (2 p)

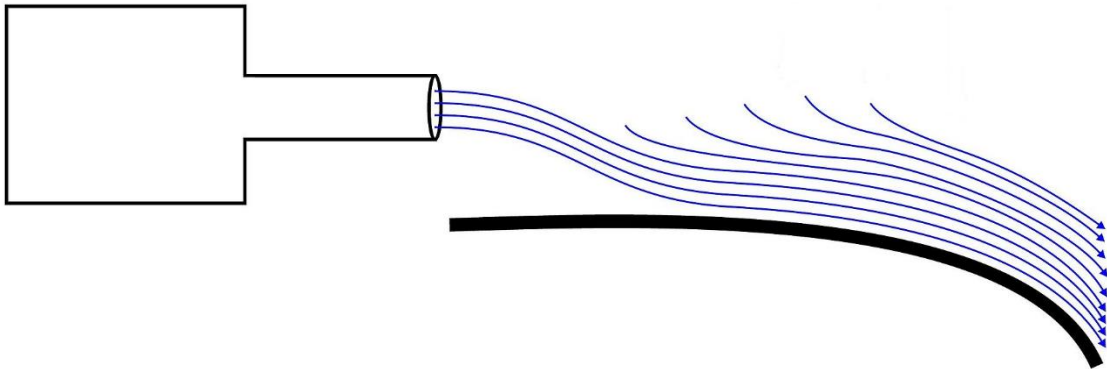
- 5) Tänk dig en boll fylld med luft som förs ner i vatten. Vattnets flytkraft kan antas vara oberoende av hur långt ned under ytan man håller bollen. Samtidigt är det uppenbart att bollens hastighet när den passerar upp genom vattenytan (om man släpper den) varierar med hur långt under ytan den är (när man släpper den). Förklara denna observation! (1 p)

Delområde B – Vardagliga fenomen, hastighet och tryck (10 p)

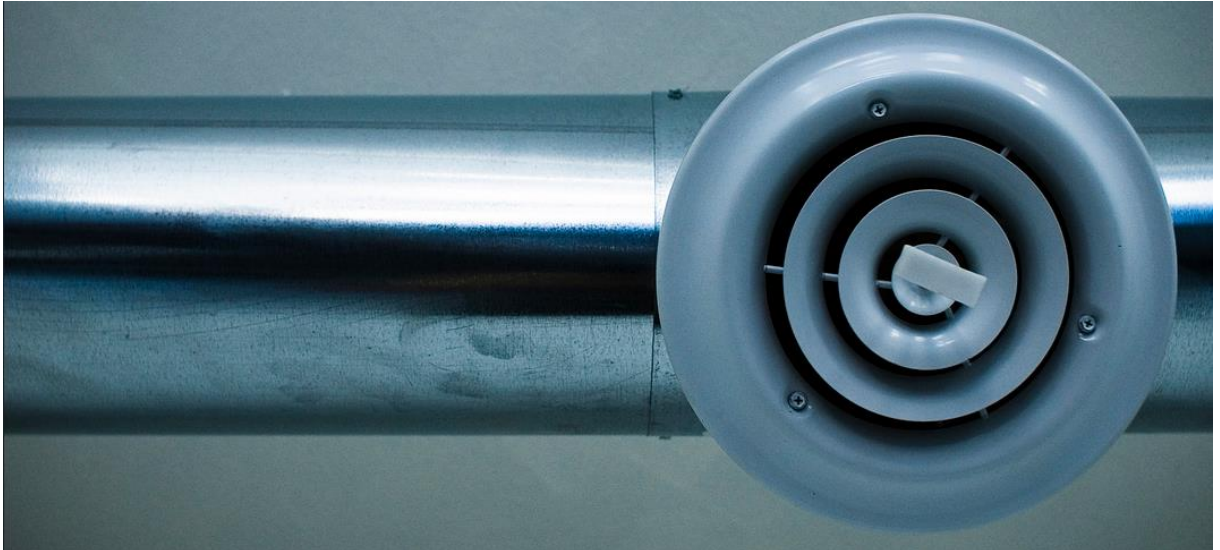
- 6) Vid inkompressibel strömning genom en kontraktion (se bild nedan) kan strömningen vara stationär samtidigt som fluiden accelererar. Den totala fluidaccelerationen i en punkt kan ur ett Eulerskt betraktelsesätt betecknas DV/Dt med hjälp av den så kallade materiederivatan. Skriv ut alla ingående termer i DV/Dt och markera särskilt vilka som är nollskilda i detta strömningsfall. (2 p)



- 7) En jetstråle av luft in i en stillastående luftvolym kan fås att böja av längs med en böjd yta som i bilden nedan. Förklara hur detta sker! (Ledning: Detta fenomen är känt som Coandăeffekten). (2 p)



- 8) I ventilationssystem är det vanligt att rör med luftutsläpp inomhus förses med någon typ av diffusor (se bildexempel överst på nästa sida) för att minska hastigheten på luftströmmen och på så sätt undvika olägenheter för de som vistas i rummet. Hur är det möjligt för en diffusor att minska hastigheten vid konstant luftflöde? (1 p)



- 9) Om vi tillämpar Bernoullis ekvation längs en strömlinje som passerar mycket nära ytan på ett omströmmat föremål kommer vi att dra felaktiga slutsatser, eftersom Bernoullis ekvation inte är giltig i detta fall. Vad är det för fysikalisk mekanism som är framträdande längs denna strömlinje och som Bernoullis ekvation inte tar hänsyn till? (1 p)

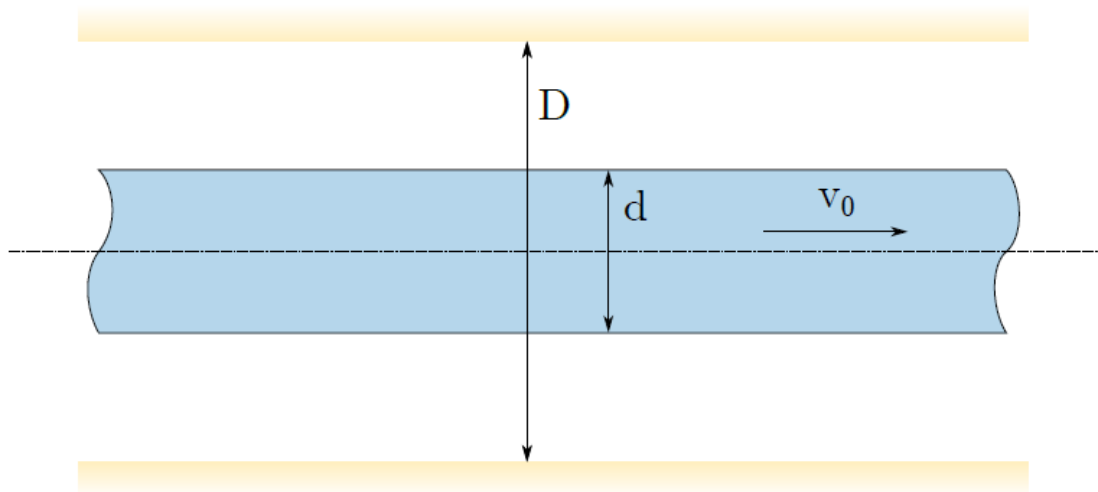
- 10) Sprayflaskor av den typ som illustreras i bilden här intill är vanliga i många konsumentapplikationer. Ett enkelt tryck på sprayhuvudet får vätska att sugas upp ur behållaren. Förklara hur en nedtryckning av sprayhuvudet kan orsaka att vätska sugas upp! (Ledning: Huvudeffekten av att sprayhuvudet trycks ned kan antas vara att luft trycks ut ur behållarens övre del.) (2 p)



- 11) I många länder är det vanligt att avloppssystemet i flerbostadshus har en "skorsten" på taket där gaser ventileras ut (för att förhindra att den dåliga lukten tar sig in i lägenheterna). I höghus med sådana system kan man se hur vätskeytan i toalettstolen rör sig när det blåser rejält utomhus. Förklara detta fenomen! (2 p)

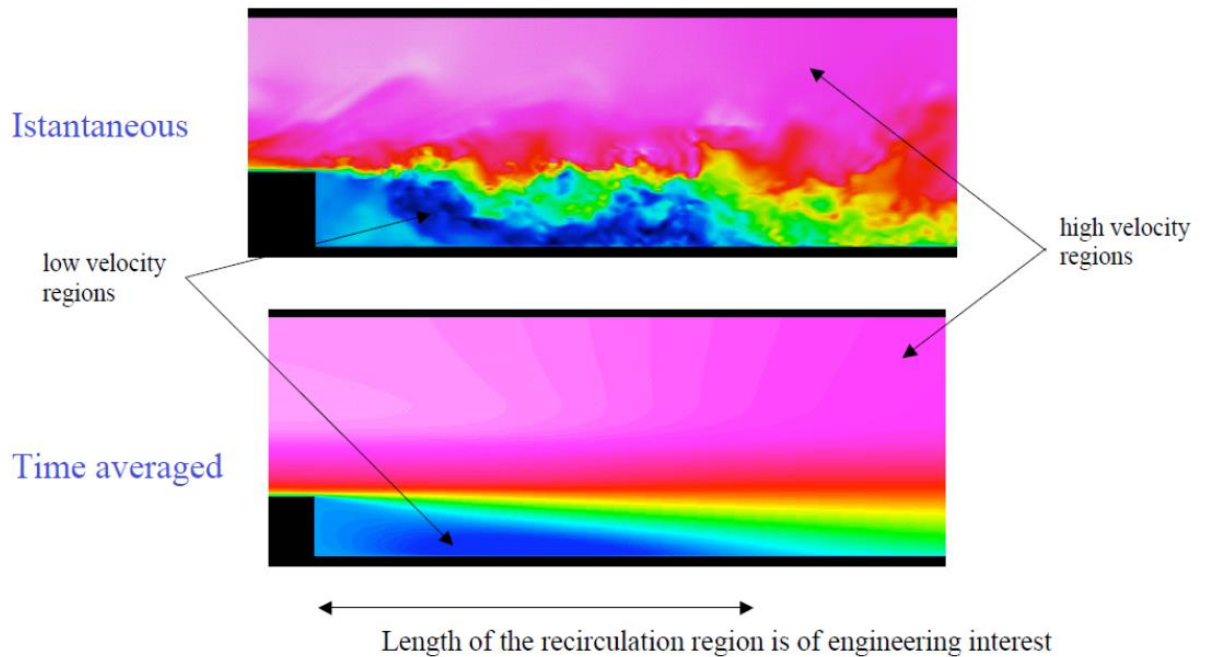
Delområde C – Dimensionsanalys och rörströmning (10 p)

- 12) En modell av en fallskärm har en diameter på 1.7 m. Modellen testas i en vindtunnel där den omströmmas av luft vid 20°C och atmosfärstryck ($\rho = 1.2 \text{ kg/m}^3$, $\mu = 1.8 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}\cdot\text{s}$). Den uppmätta formmotståndskraften på modellfallskärmen är då 4226 N vid en lufthastighet på 52.9 m/s. Vilken lufthastighet och kraft motsvarar detta för en fullstor fallskärm vid dynamiskt lik strömning (i luft av samma temperatur och tryck)? Den fullstora fallskärmen är tio gånger så stor som modellen. (3 p)
- 13) För att två system ska vara dynamiskt lika ska de relevanta dimensionslösa talen vara desamma i båda systemen. I många fall tvingas ingenjörer dock att bygga modellsystem som inte uppfyller detta krav, trots att de väl vet att modellen i dessa fall teoretiskt inte blir 100% tillförlitlig. Vad är orsaken till att det är så svårt att efterleva denna enkla princip i det praktiska arbetet? (2 p)
- 14) Inuti en oljeledning finns en slang (se figur nedan) som används för att värma oljan. Slangen skall dras ur oljeledningen, och man vill veta den kraft som krävs för att dra slangen ur ledningen. Oljeledningen har innerdiametern D och längden $L \gg D$, och slangens diameter är d . Slangen dras ut med hastigheten v_0 . Strömningen som uppkommer får antas vara både stationär och laminär. Oljan har viskositet μ , densitet ρ och temperatur T . Ställ upp ett uttryck för kraften som krävs för att dra ut slangen ur röret. (5 p)

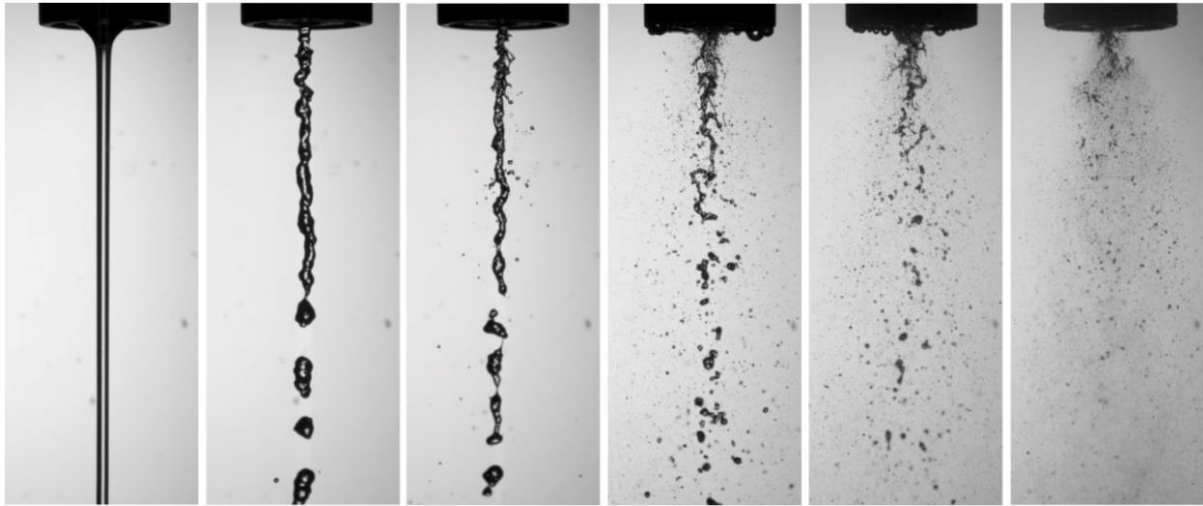


Delområde D – Turbulens och industriella system (10 p)

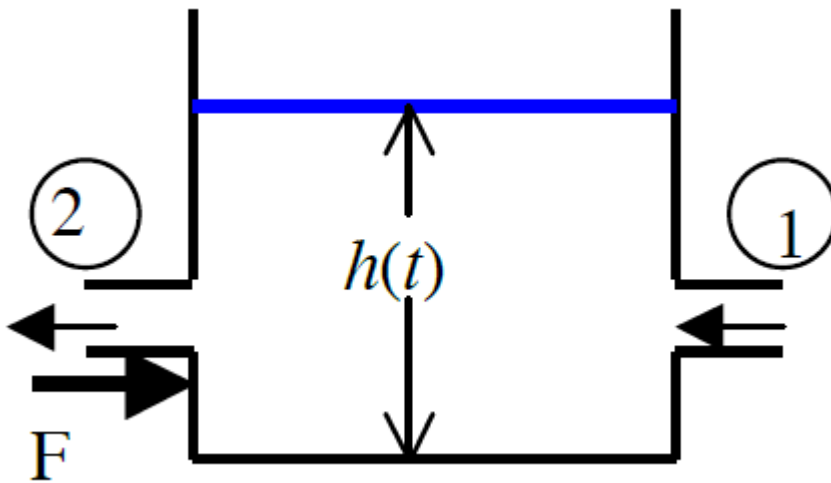
- 15) Bilden nedan visar ett instantant hastighetsfält i ett godtyckligt ögonblick för flöde över ett så kallat *backward-facing step*, samt det tidsmedelvärdade hastighetsfältet för samma situation. I de flesta ingenjörsmässiga tillämpningar är den tidsmedelvärdade lösningen av större intresse än enstaka ögonblicksbilder. Ge exempel på två olika strategier genom vilka man kan erhålla den tidsmedelvärdade lösningen! (2 p)



- 16) I ett turbulent strömningsfält brukar man översiktligt dela in de turbulenta skalorna i tre regioner: de stora virvlarna, de små virvlarna och tröghetsskalorna däremellan. Vad utmärker de olika turbulenta skalorna? Hur sker transporten av kinetisk energi mellan dessa skalor? (2 p)
- 17) Kolmogorovs tidsskala är $\tau_\eta = (\nu/\varepsilon)^{1/2}$. Vad representerar denna tidsskala fysikaliskt i ett turbulent flöde? (1 p)
- 18) Bilderna överst på nästa sida illustrerar uppbyggnad av en vattenstråle till droppar med hjälp av ett en luftström runt. I bilden längst till vänster är luftflödet avstängt och därefter ökar lufthastigheten för varje ny bild åt höger. Hade man på förhand kunnat gissa att högre lufthastighet skulle orsaka snabbare uppbyggnad av vattenstrålen? Motivera ditt svar. (1 p)



- 19) Vatten flödar in och ut ur en tank (se figur nedan). Diametrarna vid ① och ② är $D_1 = 8$ cm och $D_2 = 4$ cm. Medelhastigheten vid ① är $V_1 = 6$ m/s. En kraft F , riktad åt höger i bild, på 70 N krävs för att hålla tanken på plats. Tankens tvärsnittsarea (bredd multiplicerat med djup i papprets plan) är 1.2 m^2 . Beräkna hur snabbt vätskenivån $h(t)$ stiger eller sjunker! (4 p)



Delområde E – Separation, gränsskikt och potentialströmning (10 p)

- 20) Ett gränsskikt bildas då en fluid ankommer en plan platta parallellt med plattans ovansida. Fluidens densitet är 2 kg/m^3 och dess viskositet $2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}\cdot\text{s}$. Friströms-hastigheten är 1 m/s . Hur tjockt är gränsskiktet en centimeter in på plattan? (2 p)
- 21) Tänk dig ett oändligt plan som kan lutas i vinkel mot gravitationsaccelerationens riktning. En tunn, laminär vätskefilm rinner över planet. Vad är tillämpliga randvillkor för Navier-Stokes ekvationer vid planet och vid vätskeytan? (2 p)
- 22) Bilden nedan visar hur strömningen runt en cylinder ger upphov till en så kallad vak bakom cylindern. Förklara hur detta kan inträffa! Vad kan Reynolds tal tänkas vara för denna strömningssituation (rätt storleksordning räcker)? (3 p)



- 23) Det är vanligt att man bygger större industriskorstenar med spiralliknande strukturer runtom (se bild på nästa sida). Varför? (2 p)



24) Bilden nedan visar en post i Reddit-forumet r/ATAAE ("awful taste and awful execution"). Bör man förvänta sig att omslag till turbulent gränsskikt sker tidigare eller senare över bilen på fotot efter att den utsmyckats på detta sätt? Motivera ditt svar! (1 p)



r/ATAAE
u/cecilialibra • 22h • i.redd.it



The aerodynamics must be awful as well



↑ 828 ↓

💬 20

🔗 Share

🎁 Award