



**LUNDS UNIVERSITET**  
Lunds Tekniska Högskola

*Kursplan för*

## **Numeriska simuleringar av flödesproblem Numerical Simulations of Flow Problems**

**FMNN40, 7,5 högskolepoäng, A (Avancerad nivå)**

**Gäller för:** Läsåret 2023/24

**Fakultet:** Lunds tekniska högskola

**Beslutad av:** Programledning F/Pi

**Beslutsdatum:** 2023-04-18

### **Allmänna uppgifter**

**Valfri för:** F4, F4-bs, Pi4-bs

**Undervisningsspråk:** Kursen ges på engelska

### **Syfte**

Kursens allmänna mål är att studenten skall tillägna sig grundläggande kunskaper om moderna numeriska metoder för icke-linjära konervationslagar, med fokus på fluidmodeller.

Viktiga exempel på sådana modeller är Eulerekvationerna för gasdynamik och "the shallow water equations", som båda är förenklingar av Navier-Stokes ekvationer. Dessa modeller används vid design av flygplan och vindkraftverk, liksom i forskning om klimatsystemet.

Kursen behandlar så kallade finita volymmetoder för att diskretisera modellerna, deras härledning, konvergens och stabilitetsegenskaper, och berör varianter av högre ordning.

Diskretiseringen leder ofta till stora olinjära ekvationssystem. Kursen presenterar iterativa metoder för att lösa dessa, såsom multigrad och Newton-Krylov. Deras konvergenssegenskaper diskuteras med särskild tonvikt på system som uppstår vid diskretiseringarna ovan.

### **Mål**

*Kunskap och förståelse*

För godkänd kurs skall studenten

- kunna redogöra för matematiska och numeriska svårigheter hos icke-lineära

konserveringslagar och chocklösningar,

- kunna redogöra för stabilitet och konvergens av diskontinuerliga Galerkinmetoder,
- kunna beskriva strukturen av Jacobianfria Newton-Krylovmetoder,
- kunna beskriva multigridmetoder och deras användning inom flödesproblem.

#### *Färdighet och förmåga*

För godkänd kurs skall studenten

- kunna härleda en diskontinuerlig Galerkinmetod för en allmän konserveringslag,
- kunna implementera en diskontinuerlig Galerkinmetod för en endimensionell icke-lineär konserveringslag,
- kunna tolka numeriska stabilitets- och noggrannhetsproblem som uppstår vid en simulering,
- kunna implementera en Jacobianfri Newton-Krylovmetod med förkonditionering,
- kunna implementera en multigridmetod och tillämpa den på ett flödesproblem,
- kunna integrera kunskap från kursens olika delar för att hantera frågeställningar inom kursens ram,
- kunna planera och med adekvata metoder genomföra kvalificerade uppgifter inom kursens ram och inom givna tidsramar.

#### *Värderingsförmåga och förhållningssätt*

För godkänd kurs skall studenten

- kunna kritiskt värdera och självständigt tillämpa metoder från kursen inom ett projekt,
- kunna värdera det egna ansvaret för hur ämnet används samt diskutera ämnets möjligheter att bidra till en hållbar samhällsutveckling.

## **Kursinnehåll**

- Modeller inom fluiddynamik
- Hyperboliska konserveringslagar och deras grundegenskaper (lösning i svag mening, svag entropilösning, chocklösningar),
- Diskontinuerliga Galerkindiskretiseringar
- Simulering av gasdynamik
- Krylov-underrummetoder med förkonditionering
- Jacobianfria Newton-Krylovmetoder
- Multigridmetoder för flödesproblem

## **Kursens examination**

**Betygsskala:** TH - (U,3,4,5) - (Underkänd, Tre, Fyra, Fem)

**Prestationsbedömning:** Examinationen sker i form av en skriftlig rapport av slutprojektet och en till detta hörande muntlig tentamen. Muntlig tentamen ges endast för de studenter som har blivit godkända på den skriftliga rapporten. För studerande som ej godkänts vid ordinarie examinationstillfälle erbjuds ytterligare examinationstillfälle i nära anslutning därtill.

Om så krävs för att en student med varaktig funktionsnedsättning ska ges ett likvärdigt examinationsalternativ jämfört med en student utan funktionsnedsättning, så kan examinator efter samråd med universitetets avdelning för pedagogiskt stöd fatta beslut om alternativ examinationsform för berörd student.

## **Delmoment**

**Kod:** 0123. **Benämning:** Projektrapport.

**Antal högskolepoäng:** 3,5. **Betygsskala:** UG. **Prestationsbedömning:** Skriftlig rapport på det avslutande projektet.

**Kod:** 0223. **Benämning:** Tentamen.

**Antal högskolepoäng:** 4. **Betygsskala:** TH. **Prestationsbedömning:** Muntlig tentamen på den skriftliga projektrapporten.

## Antagningsuppgifter

**Förkunskapskrav:**

- FMNN10 Numeriska metoder för differentialekvationer

**Förutsatta förkunskaper:** FMAB35 Flerdimensionell analys med vektoranalys och FMAN55 Kontinuerliga system.

**Begränsat antal platser:** Nej

**Kursen överlappar följande kurser:** NUMN28

## Kurslitteratur

- Philipp Birken: Numerical Methods for Unsteady Compressible Flow Problems. CRC Press, 2021, ISBN: 9780367457754. Finns även som e-bok.
- Randall J. LeVeque: Numerical Methods for Conservation Laws. Birkhäuser Verlag AG, 2008, ISBN: 9783764327231. Häftat nytryck av andra upplagan från 1992.

## Kontaktinfo och övrigt

**Kursansvarig:** Anders Holst, [studierektor@math.lth.se](mailto:studierektor@math.lth.se)

**Lärare:** Philipp Birken, [philipp.birken@math.lu.se](mailto:philipp.birken@math.lu.se)

**Hemsida:** <https://canvas.education.lu.se/courses/22833>