



LUNDS
UNIVERSITET

Naturvetenskapliga fakulteten

FYSN33, Fysik: Tillämpad beräkningsfysik och maskininlärning, 7,5 högskolepoäng

Physics: Applied Computational Physics and Machine Learning, 7.5 credits
Avancerad nivå / Second Cycle

Fastställande

Kursplanen är fastställd av Naturvetenskapliga fakultetens utbildningsnämnd 2024-12-12. Kursplanen träder i kraft 2024-12-12 och gäller från och med höstterminen 2025.

Allmänna uppgifter

Kursen är en valbar kurs på avancerad nivå i en naturvetenskaplig masterexamen med inriktning mot fysik.

Undervisningsspråk: Svenska och Engelska
Vid behov ges kursen i sin helhet på engelska.

Huvudområde Fördjupning

Fysik A1N, Avancerad nivå, har endast kurs/er på grundnivå som förkunskapskrav

Kursens mål

Kursens övergripande mål är att ge kunskap och färdigheter för att angripa ett fysikproblem och att välja, motivera och implementera en lämplig numerisk lösningsmetod.

Kunskap och förståelse

Efter avslutad kurs ska studenten kunna:

- redogöra för skillnaden mellan viktigare numeriska metoder och deras tillämpbarhet på fysikproblem,
- bedöma styrkor och svagheter hos ett urval av maskininlärningsmodeller tillämpade på fysikproblem,
- redogöra för vikten av prestandaöverväganden och hur valet av implementering påverkar beräkningseffektiviteten.

Färdighet och förmåga

Efter avslutad kurs ska studenten kunna:

- utveckla numeriska lösningsimplementeringar för ordinära och partiella differentialekvationer med Python och C++ och effektivt visualisera resultaten,
- implementera Monte Carlo-simuleringar och maskininlärningsklassificerare för att lösa sannolikhets- och klassificeringsproblem inom fysik,
- använda moderna versionskontrollsystem för att hantera kod, samarbeta och dokumentera projektframskridande.

Värderingsförmåga och förhållningssätt

Efter avslutad kurs ska studenten kunna:

- kritiskt utvärdera olika numeriska metoder och maskininlärningsalgoritmer, och välja det mest lämpliga tillvägagångssättet för ett givet fysikproblem,
- analysera avvägningar i beräkningsprestanda och resursanvändning (t.ex. CPU jämfört med GPU, exekveringsmiljöer) för simuleringar av olika typer av problem inom fysiken,
- reflektera över påverkan av koddesign och algoritmeffektivitet inom vetenskapliga beräkningar, inklusive hållbarhetsaspekter som energiförbrukning i storskaliga simuleringar,
- visa ett systematiskt tillvägagångssätt för fysikproblem genom att välja, motivera och utvärdera sitt val av numeriska metoder, beräkningstekniker och verktyg,
- visa anpassningsförmåga till nya beräkningstekniker och bibliotek genom att utnyttja AI-hjälp där det är tillämpligt, med medvetenhet om dess begränsningar.

Kursens innehåll

Kursen innehåller en mängd olika numeriska- och analystekniker, tekniska färdigheter samt aspekter av algoritmdesign och mjuka färdigheter som är nödvändiga för att slutföra ett tillämpat projekt inom beräkningsfysik. De sammanfattas nedan:

- Numeriska metoder för att lösa ordinära och partiella differentialekvationer, t.ex.: Runge-Kutta, matrismetoden, framåt- och bakåtriktade Euler-algoritmer, samt finita element-metoden.
- Monte Carlo-metoder för att lösa stokastiska problem, t.ex.: slumpvals-generering, fördelningssampling, Metropolis-algoritmen och genetiska algoritmer.
- Maskininlärningsmetoder för klassificeringsuppgifter och generativa modeller, t.ex.: BDTs, k-means/klustring, GANs/normaliseringsflöden.
- Tekniska programmeringsfärdigheter, inklusive C++ och Python-programmering, den senare i olika miljöer, paketering av bibliotek, grunder i GPU-programmering.
- Aspekter av algoritmdesign och mjuka färdigheter, inklusive tillämpning av algoritmparadigm (som t.ex. divide-and-conquer eller greedy-algoritmer) på konkreta problem, hållbarhetsaspekter på val av implementering, praktisk erfarenhet av AI-assistans för implementering och dess begränsningar,

användning av versionshantering i konkreta projekt och att använda det för att publicera kod.

Kursens genomförande

Kursen är huvudsakligen inriktad mot problembaserat projektarbete, med fokus på praktisk erfarenhet i att lösa fysikproblem med hjälp av kunskap, färdigheter och förmågor som nämns ovan. Kursen är indelad i ett antal moduler där större och mindre projekt ingår. Alla projekt är obligatoriska och ska dokumenteras av studenten i en onlineportfölj, baserad på ett versionskontrollsystem. Portföljen ska dokumentera både den teoretiska bakgrunden till de algoritmer som används, teoretiska eller praktiska överväganden bakom de val som gjorts, och den faktiska koden som skrivits.

Till varje modul hör ett antal föreläsningar som täcker teorin, samt workshop-träffar med projekthandledning.

Kursens examination

Examinationen består av en muntlig presentation av ett av de större projekten vid ett seminarium, samt en muntlig tentamen vid kursens slut baserad på projektportföljen. Alla kursprojekt måste vara godkända innan den muntliga tentamen kan genomföras.

För studerande som ej godkänts vid ordinarie examination erbjuds ytterligare examinationstillfälle i nära anslutning härtill.

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 studentstöd fatta beslut om alternativ examinationsform för berörd student.

Betyg

Betygsskalan omfattar betygsgraderna: Underkänd, Godkänd

För att bli godkänd på hela kursen krävs att projekten är genomförda och projektrapporterna godkända, en godkänd presentation vid ett seminarium, och en godkänd muntlig tentamen.

Förkunskapskrav

För tillträde till kursen krävs 75 högskolepoäng i Fysik och 45 högskolepoäng i Matematik eller en kandidatexamen i Fysik, i båda fallen inkluderande kunskaper motsvarande en introduktionskurs i numeriska metoder och grundläggande kunskaper i Python såsom NUMA01, Numerisk analys: Beräkningsprogrammering med Python, 7,5 högskolepoäng. Engelska 6/B samt grundläggande behörighet.

Övrigt

Kursen ersätter FYTN03, Teoretisk fysik: Beräkningsfysik, 7,5 högskolepoäng och kan inte tillgodoräknas i en examen tillsammans med denna. Inte heller tillsammans med FYSM01 Fysik 4, Introduktion till avancerade studier i fysik, om denna inkluderar FYTN03, Teoretisk fysik: Beräkningsfysik, 7,5 högskolepoäng som en delkurs.

Kunskaper motsvarande MNXB11: Introduktion till programmering och datoranvändning för naturvetare, 7,5 högskolepoäng rekommenderas men är inte ett krav.

Kursen ges vid fysiska institutionen, Lunds universitet.