

Matematiska vetenskaper

/Mathematical Sciences/

Forskarutbildningsämnet Matematiska vetenskaper omfattar fem ämnesområden:

- **Beräkningsmatematik** /Computational Mathematics/ SCB kod: 10105/
- **Matematik** /Mathematics/ SCB kod: 10105/
- **Matematisk statistik** /Mathematical Statistics/ SCB kod: 10106/
- **Optimeringslära** /Optimization/ SCB kod: 10105/
- **Tvärvetenskaplig matematik**/Interdisciplinary Mathematics/ SCB kod: 10105/

Ämnesbeskrivning

Inom matematiska vetenskaper studeras frågeställningar av matematisk karaktär, antingen ur ett rent teoretiskt perspektiv eller baserat på praktiska tillämpningar. Fokus ligger i båda fallen på att studera det matematiska problemet och dess egenskaper. De metoder som används för utförandet av forskningen är matematisk bevisföring och/eller datorstödda beräkningar.

Behörighet och urval

Den grundläggande behörigheten samt allmänna principer för urval anges i fakultetens *Studiehandbok för utbildning på forskarnivå*.

Särskild behörighet

Särskild behörighet till utbildning på forskarnivå inom matematiska vetenskaper har den som fullgjort kursfordringar omfattande minst 60 högskolepoäng (hp) på avancerad nivå med anknytning till det aktuella området. I dessa 60 hp ska det ingå ett självständigt arbete (examensarbete) med en omfattning om minst 30 hp inom ett område relevant för ämnesområdet. Här avses också kurser eller examensarbete i matematikorienterade, tillämpade ämnen.

Examen

Utbildning på forskarnivå leder till en doktorsexamen eller licentiatexamen. Den senare kan också utgöra en etapp i utbildningen. Licentiatexamen omfattar 120 hp varav kurser motsvarar studier om 60 hp och avhandlingsarbetet motsvarar studier om 60 hp. Doktorsexamen omfattar 240 hp varav kurser motsvarar studier om 100-120 hp och avhandlingsarbetet motsvarar studier om 120-140 hp.

Det totala antalet kurspoäng i matematik, matematisk statistik, optimeringslära och tvärvetenskaplig matematik är 60 hp för en licentiatexamen, samt 120 hp för en doktorsexamen. Resterande poäng utgörs av avhandlingen.

Det totala antalet kurspoäng i beräkningsmatematik är 60 hp för en licentiatexamen, samt 100-120 hp för en doktorsexamen. Resterande poäng utgörs av avhandlingen. Antalet kurspoäng specificeras vid upprättandet av doktorandens individuella studieplan.

Utbildningens mål och genomförande

Gemensamma mål och syften med forskarutbildningen anges i inledningen av fakultetens *Studiehandbok för utbildning på forskarnivå* samt i högskoleförordningens examensordning (återgiven i bilaga till *Studiehandboken*).

Utbildning på forskarnivå i matematiska vetenskaper ger doktoranden förutsättningar att uppfylla samtliga examensmål. Inom alla våra områden består utbildningen av forsknings- och avhandlingsarbete, kurser, deltagande i seminarier, samt medverkan vid nationella och internationella konferenser.

Utbildningen på forskarnivå ska ge grundläggande och breda kunskaper inom respektive område och fördjupade insikter inom någon eller några delar av ämnet. Den ska även ge färdighet att självständigt bedriva forskning och utvecklingsarbete inom ämnet eller närstående områden. Doktoranden ska efter utbildningen kunna kritiskt granska och värdera forskningsresultat och självständigt planera, genomföra och publicera forskningsprojekt.

Doktoranden förvärvar bred kunskap och förståelse inom sitt forskningsområde genom de grundläggande kurskraven (som specificeras nedan för de olika ämnesområdena) samt genom att vara delaktig i institutionens forskningsmiljö, som innehåller kompetens inom många delar av både ren och tillämpad matematik. Vidare finns alltid möjlighet till ytterligare bredd genom att ta del av andra institutioners relevanta kurser. Alla doktorander förväntas även delta regelbundet i institutionens seminarieverksamhet.

Doktoranden förvärvar djup kunskap och förståelse inom sitt område, och i synnerhet i sin egen forskningsinriktning, genom att aktivt delta i fördjupningskurser som väljs ut i samråd med handledarna (enligt beskrivningar i de områdesspecifika delarna av studieplanen), delta vid relevanta konferenser samt genom sitt eget forskningsarbete.

Doktoranden utvecklar förtrogenhet med vetenskaplig metodik genom egen forskning, genom samarbete med sina handledare och eventuellt andra mer erfarna forskare, samt genom att gå en obligatorisk kurs i forskningsmetodik.

Doktoranden förvärvar färdigheter och förmågor genom att självständigt planera och genomföra teoretiskt forskningsarbete, aktivt delta och presentera sin forskning vid konferenser och seminarier, samt eventuellt undervisa kurser på grundutbildningsnivå.

Värderingsförmågor och förhållningssätt utvecklas genom att doktoranden dels genomgår kurser i forskningsetik och dels deltar aktivt i seminarier inom ämnet. Vid institutionen har vi seminarier i ren och tillämpad matematik, beräkningsmatematik, matematisk statistik, optimeringslära och ämnesdidaktik. Doktoranderna bör också delta i seminarieriet *Research Seminars*, 2 hp.

Undervisningen sker i form av föreläsningar, seminarier, gruppstudier och handledning. Provet på utbildningens kursdel är skriftliga eller muntliga och bedöms med betygen Godkänd eller Icke-godkänd. Doktoranden ska delta aktivt i seminarier, gästföreläsningar och konferenser. Syftet med dessa aktiviteter är att informera om aktuell forskning och aktuella tillämpningar av ämnet och att orientera om utvecklingen utanför den egna specialiteten.

Avhandling

Övergripande regler kring utformning, framläggning och betygssättning av avhandlingar återfinns i fakultetens *Studiehandbok för utbildning på forskarnivå*.

För både doktorsexamen och licentiatexamen ska doktoranden författa en avhandling. Det är ett krav att doktoranden visar på intellektuell självständighet genom att på ett omfattande sätt bidra till produktionen av de forskningsresultat som ska ingå i avhandlingen.

För doktorsexamen ska avhandlingen vara av sådan vetenskaplig kvalitet att resultaten kan publiceras i en internationell vetenskaplig tidskrift på god nivå. Avhandlingen kan utformas som ett sammanhängande verk (monografiavhandling) eller som en sammanläggningsavhandling. En sammanläggningsavhandling består av bilagda kopior av ett antal vetenskapliga artiklar/manuskript samt en introduktion (kappa). Artiklarna kan vara författade av doktoranden själv eller ha medförfattare, men i det senare fallet ska det gå att särskilja doktorandens bidrag till artiklarna. Kappan ska alltid vara skriven av doktoranden själv, och ska innehålla en introduktion till forskningsområdet för avhandlingen, samt en beskrivning av de uppnådda resultaten. Härigenom ska också alla de uppnådda resultaten placeras in i ett övergripande sammanhang. Doktorsavhandlingar i de aktuella ämnena ska normalt vara sammanläggningsavhandlingar och innehålla minst två accepterade eller publicerade artiklar.

En licentiatavhandling kan bestå av en vetenskaplig uppsats eller en på vetenskaplig grund utarbetad utredningsrapport.

Individuell studieplan

För varje doktorand ska en individuell studieplan upprättas. Den närmare planeringen av kurser och andra moment görs i samråd med handledaren och dokumenteras i den individuella studieplanen (se *Studiehandbok för utbildning på forskarnivå*, avsnitt 5.3). Studieplanen upprättas senast en månad efter antagningen och revideras minst en gång per år.

Handledning

Alla doktorander ska ha minst två handledare. En av handledarna ska utses till huvudhandledare (se *Studiehandbok för utbildning på forskarnivå*, avsnitt 4.1).

Handledarna ska medverka vid planeringen av utbildningen och vid valet av forskningsuppgift samt i övrigt vägleda doktoranden under studietiden.

Kurser

Kursdelen består av tre delar, som tillsammans uppgår till 100-120 hp för doktorsexamen och 60 hp för licentiatexamen beroende på ämnesområde:

- Fakultetsgemensamma kurskrav
- Ämnesgemensamma kurskrav
- Områdesspecifika kurskrav

De fakultetsgemensamma kurskraven innefattar kurser som ska säkerställa att vissa av examensmålen i högskoleförordningen uppfylls, samt att ge de doktorander som undervisar vid Linköpings universitet en grundläggande pedagogisk utbildning.

De ämnesgemensamma kurskraven ska ge doktoranderna en bredd inom matematiska vetenskaper bestående av vissa centrala delar av de olika områdena som bedöms värdefulla för alla doktorander inom ämnet.

De områdesspecifika kurskravens roll är att dels ge en bredd inom området och både djup och bredd inom den aktuella forskningsinriktningen. Det finns också möjlighet att inkludera kurser i andra ämnen som bedöms vara relevanta för doktoranden.

Doktoranden förvärvar djup kunskap och förståelse inom matematiska vetenskaper, och i synnerhet inom sitt forskningsområde, genom att välja lämpliga kurser, vilket görs med hänsyn till avhandlingsarbetet i samråd med handledaren.

Fakultetsgemensamma kurskrav

Vetenskapsteori, metodik och etik

Samtliga doktorander antagna från och med 1 januari 2010 ska för att få examen ha genomgått av fakulteten beslutade obligatoriska kurser i metodik och etik, eller bedömts ha motsvarande kompetens. (Detta gäller både för licentiat- och doktorsexamen).

Pedagogisk utbildning

Alla doktorander som undervisar ska genomgå en grundläggande pedagogisk kurs. Minst 3 högskolepoäng från denna kurs ska ingå i utbildningen på forskarnivå och eventuella resterande poäng ska räknas som institutionstjänstgöring (se *Studiehandbok för utbildning på forskarnivå*, avsnitt 5.5).

Ämnesgemensamma kurskrav

I normalfallet ska alla doktorander läsa minst 5 hp inom vardera av ämnesområdena beräkningsmatematik, matematik, matematisk statistik samt optimeringslära, alternativt bedömas ha inhämtat likvärdig kunskap på annat sätt.

Tillgodoräknande

Ansökan om tillgodoräknande görs på avsedd blankett av den studerande; ansökan tillstyrks eller avstyrks av huvudhandledaren och ett eventuellt positivt beslut om tillgodoräknande tas av forskarstudierektorn. Beslut om avslag rörande begäran om tillgodoräknande får inte fattas av forskarstudierektorn, utan endast av forskarutbildningsnämnden. En begäran om tillgodoräknande som inte godkänns av forskarstudierektorn måste alltså sändas vidare till forskarutbildningsnämnden. Kurser på avancerad nivå motsvarande högst hälften av kurskraven för examen, som inte ingår i det grundläggande eller särskilda behörighetskravet till området och som är relevanta för utbildningen, får tillgodoräknas. Kurser på forskarnivå som fullgjorts före antagningen till forskarutbildningen inom matematiska vetenskaper, alternativt läses vid annat lärosäte under utbildningen, får tillgodoräknas utan inskränkning, om de bedöms relevanta för utbildningen.

Ämnesområden

Nedan ges beskrivningar av de olika ämnesområden inom matematiska vetenskaper, samt de specifika kurskrav som gäller för varje område. Utöver dessa innehåller alla ämnesområden förutom de obligatoriska kraven utrymme för ytterligare breddning och fördjupning, och dessa kurser kan även väljas utanför det egna området i samråd med handledaren.

Beräkningsmatematik

Beräkningsmatematik är den gren av tillämpad matematik, som utvecklar och analyserar numeriska metoder och algoritmer för lösning av problem huvudsakligen från teknik och naturvetenskap, formulerade som matematiska modeller. Viktiga begrepp är känslighet för störningar i data hos den styrande matematiska modellen (välställdhet) samt stabilitet och konvergens hos den numeriska approximationen. Andra viktiga frågeställningar är effektivitet hos algoritmer, samt programvaru-aspekter och datorimplementering (t.ex. på paralleldatorer).

Områdesspecifika kurskrav

För att utbildningen ska ge tillräckligt bred kunskap och djup förståelse inom forskningsområdet ska kursdelen för doktorsexamen innehålla minst motsvarande 20 hp grundläggande kurser där följande

ämnesinnehåll täcks:

- Numeriska metoder för partiella och ordinära differentialekvationer.
- Numerisk linjär algebra och metoder för glesa matriser.
- Algoritmer och mjukvara för högpresterande datorsystem.

Förutom de grundläggande kurserna ska kursdelen innehålla ytterligare minst 40 hp fördjupningskurser inom beräkningsmatematik. För licentiatexamen gäller samma krav på grundläggande kurser och dessutom att fördjupningskurserna ska omfatta minst 10 hp. Resterande kurser kan väljas bland övriga matematikområden eller från tillämpningsämnen.

Matematik

Ämnesområdet *matematik* täcker vid Linköpings universitet en mångfacetterad verksamhet. Den innehåller bland annat algebra, diskret matematik, dynamiska system, funktionalanalys, geometri, inversa problem, komplex analys, matematisk fysik, partiella differentialekvationer, tillämpad matematik och topologi. Doktoranden har alltså många forskningsområden att välja mellan och i normalfallet är detta val redan gjort när studierna påbörjas eller görs inom sex månader.

Områdesspecifika kurskrav

För att utbildningen ska ge den studerande bred kunskap och förståelse inom matematik ska kursdelen för doktorsexamen innehålla minst 60 hp vara från följande tre områden:

- Algebra och diskret matematik (minst 20 hp),
- Analys och differentialekvationer (minst 20 hp),
- Geometri och topologi (minst 10 hp).

För licentiatexamen ska minst 30 hp vara kurser från dessa ämnesområden.

Matematisk statistik

Ämnesområdet *matematisk statistik* består av sannolikhets teori och statistisk inferens teori. Sannolikhets teori är en gren av matematiken, baserad på mått- och integrationsteori, som används vid konstruktion och analys av modeller för slumpförsök, det vill säga försök vars resultat beror av slumpmässiga faktorer. Inferens teori är vetenskapen om hur man inom ramen för ett visst försök kan utnyttja observerade värden för att prediktera okända storheter som inte kan observeras. Sannolikhets teoretiska modeller är då ett oundgängligt redskap, varför de två delämnena är intimt förknippade med varandra.

Områdesspecifika kurskrav

För att utbildningen ska ge doktoranden bred kunskap och förståelse inom forskningsområdet matematisk statistik ska kursdelen för doktorsexamen innehålla minst 30 hp av kurser vardera inom områdena:

- Sannolikhets teori (inklusive stokastiska processer),
- Statistisk inferens (teori eller praktik).

I kursdelen för licentiatexamen ska minst 15 hp utgöras av kurser från vardera av dessa två delområden.

Optimeringslära

Optimeringslära behandlar teorier och metoder för att analysera och lösa matematiskt formulerade beslutsproblem. Vid tillämpning av optimeringsmetodik på ett beslutsproblem behövs en matematisk modell av problemet och en optimeringsalgoritm för att finna en lösning till problemet. Den

matematiska modellen beskriver vilka lösningar som är möjliga/tillåtna samt värdet av varje lösning. Lösningarna representeras av variabler (beslutsfattarens val), begränsningarna av bivillkor, och värdet av en målfunktion. En optimeringsalgoritm beräknar en optimal lösning till ett givet optimeringsproblem; olika typer av modeller kräver olika algoritmer. Eftersom verkliga optimeringsproblem kan ha miljontals besluts-variabler, blir dessa beräkningar ofta mycket tidskrävande. Den vetenskapliga verksamheten inom optimeringslära består i att utveckla nya och bättre optimeringsmetoder för olika problemklasser, att härleda teoretiska egenskaper hos olika optimeringsproblem och optimeringsmetoder, samt att strukturera och modellera beslutsproblem inom olika tillämpade områden, så att de kan angripas med optimering.

Områdesspecifika kurskrav

För att utbildningen ska ge tillräckligt bred kunskap och djup förståelse inom forskningsområdet ska kursdelen både för licentiat- och doktorsexamen normalt innehålla minst motsvarande 30 hp grundläggande kurser där följande ämnesinnehåll täcks:

- Linjär optimering,
- Olinjär optimering,
- Diskret optimering,
- Nätverksoptimering.

Vidare ska kursdelen bestå av fördjupningskurser som syftar till att ge djup kunskap och förståelse inom optimeringslära, och i synnerhet inom doktorandens egna forskningsområde. Kurser kan också väljas bland övriga matematikområden eller från tillämpningsämnen.

Tvärvetenskaplig matematik

Ämnesområdet *tvärvetenskaplig matematik* täcker tvärvetenskaplig forskning som innehåller två områden varav huvudområdet är inom matematiska vetenskaper (d.v.s. beräkningsmatematik, matematik, matematisk statistik eller optimeringslära) och det andra är ett område utanför matematiska vetenskaper (t ex fysik, biologi eller medicin). Lösningssmetoderna som används ska baseras på matematiska metoder och matematisk bevisföring. Doktoranden väljer i normalfallet forskningsområde och forskningsprojekt innan studierna påbörjas.

Områdesspecifika kurskrav

För att utbildningen ska ge den studerande bred kunskap och förståelse inom tvärvetenskaplig matematik ska kursdelen för doktorsexamen innehålla minst 60 hp från följande fyra områden: beräkningsmatematik, matematik, optimeringslära och matematisk statistik, varav 40 hp av dessa ska vara från det aktuella huvudområdet.

För licentiatexamen ska minst 30 hp vara kurser från dessa ämnesområden.

Dessutom ska kurser inom området utanför matematiska vetenskaper ingå med för doktorsexamen minst 20 hp och licentiatexamen minst 10 hp.

Övergångsbestämmelser

Ändringar i allmänna studieplanen gäller inte de som redan antagits i ämnet. Byte till den nya studieplanen kan dock ske om både huvudhandledare och doktorand är överens. Detta skall i så fall dokumenteras i den individuella studieplanen.