LUNDS UNIVERSITET

Naturvetenskapliga fakulteten

NAMAT, Masterprogram i matematik, 120 högskolepoäng

Master Programme in Mathematics, 120 credits

Program med akademiska förkunskapskrav och med slutlig examen på grundnivå / *First cycle degree programme requiring previous university study*

Beslutsuppgifter

Utbildningsplanen är fastställd av Naturvetenskapliga fakultetens utbildningsnämnd 2007-10-24 (N 2007-52) och senast reviderad 2020-12-04 (U 2020/1062). Den reviderade utbildningsplanen gäller från och med 2020-12-04, höstterminen 2021.

Programbeskrivning

Programmet för naturvetenskaplig masterexamen i huvudområdet matematik omfattar studier om 120 högskolepoäng som leder till en naturvetenskaplig masterexamen i huvudområdet matematik.

Utbildningen vilar på en vetenskaplig grund och har ett nära samband med forskningen på den naturvetenskapliga fakulteten vid Lunds universitet. Verksamheten vid fakulteten värnar om vetenskapens trovärdighet och forskningssed och är avpassad så att en hög kvalitet nås i utbildningen. Vidare främjar verksamheten en hållbar utveckling, jämställdhet mellan kvinnor och män samt förståelse för andra länder och internationella förhållanden. Dessa aspekter är integrerade i utbildningens examensmål.

Utbildning på avancerad nivå i huvudområdet matematik bygger väsentligen på de kunskaper som studenterna fått inom utbildning på grundnivå.

Utbildning på avancerad nivå inom huvudområdet matematik innebär en fördjupning av kunskaper, färdigheter och förmågor i förhållande till utbildning på grundnivå och ska, utöver vad som gäller för denna
- ytterligare utveckla studenternas förmåga att självständigt integrera och använda kunskaper,
- utveckla studenternas förmåga att hantera komplexa företeelser, frågeställningar

och situationer, och
- utveckla studenternas förutsättningar för yrkesverksamhet som ställer stora krav på självständighet eller för forsknings- och utvecklingsarbete.

Inom utbildningen tillämpas ett lärandeperspektiv, där studenterna tar en aktiv roll i lärandeprocessen samt medvetet och kontinuerligt reflekterar över sitt lärande och sin utveckling mot examensmålen.

I bilagan Måluppfyllelse för naturvetenskaplig masterexamen, huvudområde matematik vid den naturvetenskapliga fakulteten beskrivs huvudområdets vetenskapliga grund och samband med forskningen.

Mål

Kunskap och förståelse

För masterexamen skall studenten

- visa kunskap och förståelse inom huvudområdet för utbildningen, inbegripet såväl brett kunnande inom området som väsentligt fördjupade kunskaper inom vissa delar av området samt fördjupad insikt i aktuellt forsknings- och utvecklingsarbete, och
- visa fördjupad metodkunskap inom huvudområdet för utbildningen.

Färdighet och förmåga

För masterexamen skall studenten

- visa förmåga att kritiskt och systematiskt integrera kunskap och att analysera, bedöma och hantera komplexa företeelser, frågeställningar och situationer även med begränsad information,
- visa förmåga att kritiskt, självständigt och kreativt identifiera och formulera frågeställningar, att planera och med adekvata metoder genomföra kvalificerade uppgifter inom givna tidsramar och därigenom bidra till kunskapsutvecklingen samt att utvärdera detta arbete,
- visa förmåga att i såväl nationella som internationella sammanhang muntligt och skriftligt klart redogöra för och diskutera sina slutsatser och den kunskap och de argument som ligger till grund för dessa i dialog med olika grupper, och
- visa sådan färdighet som fordras för att delta i forsknings- och utvecklingsarbete eller för att självständigt arbeta i annan kvalificerad verksamhet.

Värderingsförmåga och förhållningssätt

För masterexamen skall studenten

- visa förmåga att inom huvudområdet för utbildningen göra bedömningar med hänsyn till relevanta vetenskapliga, samhälleliga och etiska aspekter samt visa medvetenhet om etiska aspekter på forsknings- och utvecklingsarbete,
- visa insikt om vetenskapens möjligheter och begränsningar, dess roll i samhället och människors ansvar för hur den används, och
- visa förmåga att identifiera sitt behov av ytterligare kunskap och att ta ansvar för sin kunskapsutveckling.

Självständigt arbete (examensarbete)
För masterexamen ska studenten inom ramen för kursfordringarna ha fullgjort ett självständigt arbete (examensarbete) om minst 30 högskolepoäng inom huvudområdet för utbildningen. Det självständiga arbetet får omfatta mindre än 30 högskolepoäng, dock minst 15 högskolepoäng, om studenten redan har fullgjort ett självständigt arbete på avancerad nivå om minst 15 högskolepoäng inom huvudområdet för utbildningen eller motsvarande från utländsk utbildning.

Kursuppgifter

Programmet omfattar 2 år (120 högskolepoäng) för masterexamen. I bilagan Måluppfyllelse för naturvetenskaplig masterexamen, huvudområde matematik vid den naturvetenskapliga fakulteten beskrivs de ingående kurserna.

Se bilaga Måluppfyllelse fo¨r naturvetenskaplig masterexamen huvudomra°de matematik 120 hp.

Examen

Examensbenämningar

Naturvetenskaplig masterexamen
Huvudområde: Matematik
Huvudområde: Matematik med fördjupning i numerisk analys
Degree of Master of Science (120 credits)
Major: Mathematics
Major: Mathematics with specialization in Numerical Analysis

Förkunskapskrav och urvalsmetod

Förkunskapskrav

Kandidatexamen om minst 180 hp eller motsvarande. Examen ska innehålla minst 90 hp i matematik, alternativt minst 60 hp i matematik och minst 30 hp i numerisk analys och beräkningsvetenskap. Det senare alternativet gäller sökande som avser avlägga mastersexamen i matematik med fördjupning i numerisk analys.

Engelska 6/Engelska B.

Urvalsmetod

Baseras på betyg på akademiska kurser, särskilt de i behörighetsgivande kurser, samt en motivering för ansökan som klargör sökandens mål med utbildningen (från den sökandes "Summary sheet").

Övergångsregler

Fakultetsstyrelsen kan besluta om nedläggning av program eller huvudområde och beslutar i samband med detta även om övergångsregler för studenter som påbörjat dessa utbildningar.

Övrigt

Regler för betyg och examination anges i kursplaner som fastställes av fakultetsstyrelsen.

Måluppfyllelse för naturvetenskaplig masterexamen, huvudområde matematik, 120 hp

En generell examen ska uppfylla de mål för all utbildning på högskolenivå som anges i Högskolelagen och i Högskoleförordningen. Dessa mål beskrivs i utbildningsplanen under avsnitten *Programbeskrivning* och *Mål*. I denna bilaga till utbildningsplanen, specificeras hur utbildningen och studenterna ska arbeta mot målen. Bilagan beskriver:

A. Utbildningens plats i utbildningssystemet
B. Huvudområdets vetenskapliga grund, utbildningens innehåll och forskningsanknytning
C. Perspektiv i utbildningen
D. Förberedelse för arbetslivet
E. Kvalitetsutveckling
F. Progressionsplan:
    1. Översiktlig beskrivning av utbildningens uppbyggnad och progression
    2. Kursfordringar för examen
    3. Etappvis fördjupning mot examensmålen inom kursfordringarna

Beslutsuppgifter:

Beslut: Fakultetsstyrelsen 2020-02-05
Ändringsuppgifter: Utbildningsnämnden 2020-12-04
Ikraftträdande: 2020-02-05
Gäller från: HT 2021

Detta dokument revideras årligen av utbildningsnämnden.

A. Utbildningens plats i utbildningssystemet

Lunds universitet har rätt att utfärda kandidatexamen, magisterexamen, masterexamen och forskarexamen, vilka i högskoleförordningens mening utgör generella examina.

Den naturvetenskapliga fakulteten vid Lunds universitet har inrättat huvudområdet matematik som på grundnivå leder till naturvetenskaplig kandidatexamen 180 hp. Huvudområdet matematik på avancerad nivå leder till naturvetenskaplig magisterexamen 60 hp eller till en naturvetenskaplig masterexamen 120 hp. Fakulteten har också inrättat forskarutbildningsämnet matematik som leder till en filosofie doktorsexamen 240 hp.

Undervisningen inom huvudområdet matematik sker vid naturvetenskapliga fakulteten och avdelningen för matematik vid Matematikcentrum.

B. Huvudområdets vetenskapliga grund, utbildningens innehåll och forskningsanknytning

Matematiken är en vetenskap där man använder logiska resonemang för att utifrån givna förutsättningar, så kallade axiom, studera samband mellan olika objekt. Dessa objekt kan komma från en modell av verkligheten, t.ex. kurvor och ytor, men kan också vara helt abstrakta. En av matematikens styrkor är att det är möjligt att utveckla abstrakta teorier som kan användas för att beskriva till synes orelaterade fenomen i vitt skilda områden inom t.ex. naturvetenskap, teknik, medicin eller ekonomi. Matematiken är således inte en experimentell vetenskap, men experiment, beräkningar och simuleringar har stor betydelse för att utforska vilka resultat som man kan vänta sig att bevisa logiskt. Det pågår hela tiden en växelverkan mellan matematiken och dess tillämpningar. Tillämpningarnas olika behov inspirerar till nya teoretiska resultat och man upptäcker nya tillämpningar av abstrakt matematisk teori.

Den teoretiska matematiken beskriver matematiska problem och karakteriserar deras exakta lösning. Däremot är det sällan möjligt att konstruera lösningen på sluten form. I ämnet numerisk analys utvecklar man approximativa beräkningsmetoder för sådana matematiska problem. Beräkningsmetoderna måste kunna generera approximativa lösningar av specificerad noggrannhet, och de måste vara stabila och effektiva. Ämnet inriktas på konstruktion och analys av sådana approximativa metoder, och konstruerar programvara som implementerar algoritmerna.

Masterprogrammet syftar till att på avancerad nivå ge studenterna teoretisk kunskap om matematik med praktiska färdigheter i att tillämpa den både på rent matematiska frågeställningar och inom matematikens tillämpningsområden. Programmet ger behörighet till forskarutbildning i matematik. Studenten skall också ha uppnått tillräckliga färdigheter i att tillämpa matematiken för att vara anställningsbar inom industri och förvaltning där matematiska problem uppstår.

Programmet har de två huvudinriktningarna matematik och numerisk analys. Matematikinriktningen omspänner matematikens grundläggande grenar analys, algebra och geometri. Inom båda inriktningarna är det även möjligt att i viss utsträckning välja kurser i sannolikhetsteori och matematisk statistik.

Den forskning som bedrivs vid institutionen präglar i hög grad utbildningen. I Lund har vi stark forskning inom flera olika delområden av matematik och numerisk analys. Framför allt finns det en mycket stark forskningstradition inom matematisk analys, med inriktning mot komplex analys och operatorteori, harmonisk analys, partiella differentialekvationer och dynamiska system. Inom komplex analys och operatorteori studeras rum av analytiska funktioner och operatorer mellan dessa. Flera viktiga exempel på operatorer är av denna form och tillämpningar finns bland annat inom kvantmekanik, probabilistiska modeller av partiklar, analytisk talteori och differentialgeometri. Inom harmonisk analys studerar man hur olika funktioner och operatorer kan delas upp i mindre byggstenar som är enklare att analysera. Ett klassiskt exempel är Fourierserier och ett mer modernt sådant är wavelets. Viktiga tillämpningar finns t.ex. inom signal- och bildbehandling. Partiella differentialekvationer och dynamiska system används som modeller inom en stor rad olika tillämpningsområden inom naturvetenskap och teknik, men även andra

områden som ekonomi och populationsdynamik. De är också viktiga komponenter i flera grenar av matematiken, såsom differentialgeometri och komplex analys. Inom algebra bedrivs bland annat forskning kring Liealgebra, algoritmisk algebra, algebraisk topologi och talteori. Tillämpningar finns bl.a. inom teoretisk fysik och datorseende. Inom geometri bedrivs forskning kring differentialgeometri. Speciellt studeras Riemannska mångfalder som är en sorts generalisering av kurvor och ytor till högre dimensioner. Dessa är av grundläggande betydelse för den allmänna relativitetsteorin. Inom numerisk analys bedrivs bland annat forskning kring numeriska metoder för partiella differentialekvationer och iterativa lösare för storskaliga system. Utöver forskningen i ren matematik och numerisk analys bedrivs det också forskning inom ämnesdidaktik. Utbildningen anpassas fortlöpande till forskningsfronten, inte minst genom att våra lärare är aktiva forskare inom sina respektive specialområden.

Kursutbudet ger studenterna en bred matematisk allmänbildning, men innehåller också fördjupningskurser som anknyter till forskningen vid institutionen. Fördjupningskurserna samläses ofta med forskarstudenter, vilket ger masterstudenterna ytterligare en kontaktyta mot forskningen. Inom inriktningen matematik har studenterna stor frihet att själva välja kurser, men rekommenderas olika kurser beroende på specialisering (analys, algebra eller geometri). För specialiseringen i analys rekommenderas kurser i analytiska funktioner, Fourieranalys, funktionalanalys och differentialekvationer. För algebra rekommenderas kurser i algebraiska strukturer, grupp- och ringteori, samt talteori och för geometrispecialiseringen rekommenderas kurser i differentialgeometri och topologi, samt algebraiska strukturer. Inom numerisk analys är numeriska metoder för differentialekvationer en obligatorisk nyckelkurs som övriga avancerade kurser bygger vidare på. Tonvikten är på numeriska metoder för partiella differentialekvationer i bred mening.

Examensarbetet är särskilt viktigt för forskningsanknytningen. Det ger studenterna en chans att fördjupa sig inom något forskningsområde som finns representerat vid institutionen. Inom numerisk analys finns också möjlighet att genomföra ett examensarbete i samarbete med någon annan institution eller något företag. Arbetet utförs under handledning av aktiva och internationellt välrenommerade forskare med breda vetenskapliga nätverk, vilket borgar för att det ligger nära forskningsfronten.

I hela utbildningen läggs stor vikt vid problemidentifikation, problemanalys och problemlösning. Särskilt inom numerisk analys spelar modellering en stor roll, det vill säga frågan om hur en given problemställning i t.ex. naturvetenskap, teknik eller ekonomi kan översättas till ett problem som kan analyseras med matematiska verktyg.
Förutom teoretiska ämneskunskaper betonas praktiska verktyg av vikt för yrkesverksamma matematiker. Bland dessa kan nämnas programmeringsspråk lämpade för beräkningar och numeriska lösningar av matematiska problem samt typsättningssystem för framställning av matematiska texter. Till detta kommer träning i informationssökning och i att presentera matematiska resonemang för en icke-specialiserad publik.

C. Perspektiv i utbildningen

Förutom ämnesmässiga kunskaper och generella färdigheter och förmågor är målet att studenterna under utbildningen även tillägnar sig ämnesintegrerade perspektiv på

hållbar utveckling, lika villkor och internationalisering. Matematikcentrum har därför satt upp följande målsättningar:

Hållbar utveckling
I samband med planering av kursers innehåll, utformning och genomförande tas hänsyn till att ämnesrelevanta aspekter på hållbarhet ska inkluderas och behandlas i utbildningen. Under utbildningen utvecklas studenternas kunskap och förståelse för hur ämneskunskap kan användas i arbetet med att främja en hållbar utveckling. Tillämpliga aspekter på hållbar utveckling inkluderas i det avslutande examensarbetet.

Lika villkor
Vid naturvetenskapliga fakulteten innebär lika villkor jämlikhet, jämställdhet, mångfald, likabehandling och tillgänglighet. Inom utbildningen förmedlas en medveten hållning till lika villkor. Studentens förmåga att identifiera och kritiskt analysera frågor som gäller lika villkor inom ämnesområdet fördjupas under utbildningen. Principen för lika villkor beaktas i samband med planeringen av undervisningens innehåll, organisation och genomförande samt utformningen av studiemiljön. Vid planeringen av lärarlag, handledare och externa föreläsare och studentgruppers sammansättning tas hänsyn till aspekter rörande lika villkor. Praktiska övningsmoment och laborationer utformas så att alla studenter bereds möjlighet att på lika villkor delta i undervisningen.

Internationalisering
Utbildningsmiljön och utbildningen har en tydlig internationell prägel. Utbildningens ämnesinnehåll har global relevans, kurslitteraturen är på engelska och undervisningsspråket är engelska. Runt undervisningen och utbildningen finns en omfattande internationell verksamhet. Lärare och handledare har internationell erfarenhet och verkar i internationella sammanhang via samarbeten, vistelser, besök och utbyten. Lärarna kan därför förmedla kunskap om utbildningsämnet ur ett internationellt perspektiv. Internationalisering av utbildningen understödjs av att en stor del av institutionens studentpopulation är internationell. Internationalisering på hemmaplan ska öppna för möten som ger internationell förståelse och interkulturell kompetens, vilket stärker studenternas förmåga att verka i internationella sammanhang. Utlandsstudier ska bidra ytterligare till internationalisering av utbildningen och utbildningens utformning ger studenterna möjlighet att studera utomlands, t.ex. genomföra examensarbetet utomlands.

D. Förberedelser för arbetslivet

Masterprogrammet i Matematik förbereder studenterna för ett framtida yrkesliv genom att tillhandahålla kunskaper, färdigheter, förmågor och perspektiv anpassade för forsknings- och utvecklingsarbete och annan kvalificerad verksamhet på en arbetsmarknad där numeriska och matematiska frågeställningar intar en allt mer central plats på grund av den ständigt växande tillgängligheten av billig räknekapacitet.

Enligt SACO:s rapport ”Framtidsutsikter – här finns jobben för akademiker 2023” kännetecknas arbetsmarknaden för matematiker/statistiker idag av liten konkurrens om jobben, och läget bedöms inte förändras på fem års sikt. Det gäller båda nyexaminerade och erfarna matematiker. En nyckelkvalifikation är programmering, som undervisas i en obligatorisk kurs inom kandidatprogrammet och fördjupas i andra kurser i numerisk analys. Kunskaper i numerisk analys är grundläggande för

att jobba med numeriska simuleringar, som behövs och efterfrågas i bl.a. automobil- och byggindustrin och p.g.a. ökande datorkraft i nästan alla sektorer.

Utbildningen ger behörighet till forskarutbildning. Utveckling av utbildningens användbarhet sker med hjälp av arbetsmarknads- och alumniundersökningar, arbetslivskontakter och i samverkan med arbetsmarknadsrådet, som är naturvetenskapliga fakultetens organ för kunskapsutbyte gällande arbetsmarknadsfrågor.

E. Kvalitetsutveckling

Naturvetenskapliga fakultetens styrelse har det övergripande ansvaret för kvaliteten i utbildningen. Inom ramen för fakultetens kvalitetssäkringssystem sker ett systematiskt uppföljnings- och utvecklingsarbete inklusive en årlig avstämning av hur utbildningen uppnår examensmålen. På institutionsnivå ansvarar grundutbildningsnämnden för genomförande och uppföljning av kvalitetsarbetet.

Studentinflytande sker via kursvärderingar och genom representation i fakultetsstyrelsen, institutionsstyrelsen, utbildningsnämnden och olika beredande organ. Lunds naturvetarkår är inbjuden att delta i fakultetens verksamhetsdialoger och kan där driva egna frågor. Studenternas synpunkter är betydelsefulla i det systematiska kvalitetsarbetet inom utbildningen.

F. Progressionsplan för naturvetenskaplig Masterexamen i Matematik 120 hp

1. Översiktlig beskrivning av utbildningens uppbyggnad och progression
Masterprogrammet i matematik har två inriktningar, matematik och numerisk analys. Båda inriktningarna har en enkel struktur som ger utrymme för stor flexibilitet och många valmöjligheter.

Inom matematikinriktningen ingår det:

- 45 hp alternativ-obligatoriska (valbara) kurser i matematik som väljs ur ett specificerat utbud
- 45 hp valfria kurser varav minst 15 hp ska vara kurser i matematik, matematisk statistik och numerisk analys och högst 30 hp kan vara kurser på grundnivå.
- Examensarbete i matematik, 30 hp

Inriktningen mot **numerisk analys** omfattar:

- 15 hp obligatoriska kurser i numerisk analys
- 30 hp alternativ-obligatoriska (valbara) kurser i matematik och numerisk analys som väljs ur ett specificerat utbud.
- 45 hp valfria kurser varav minst 15 hp ska vara kurser i matematik, matematisk statistik och numerisk analys och högst 30 hp kan vara kurser på grundnivå.
- Examensarbete i numerisk analys, 30 hp

Studentens val av kurser inom programmet beror i hög grad på vilka kurser han/hon redan har läst före masterstudierna och vilka framtidsplaner han/hon har. En student som planerar forskarstudier i matematik kan välja 90 hp avancerade kurser för att fördjupa sig i ämnet. En student som är intresserad av matematikens tillämpningar och planerar att arbeta med tillämpad matematik direkt efter examen kan välja upp till 45 hp, varav några kurser på grundnivå, i ett ämne som är relevant för tillämpningarna, till exempel ekonomi eller fysik.

Programmets flexibilitet ställer krav på att studenten identifierar sitt behov av ytterligare kunskap och tar ansvar för sin kunskapsutveckling. Alla studenter erbjuds studievägledning i början av studierna, och sedan fortlöpande för att komma fram till det lämpligaste valet av kurser inför varje termin.

Obligatoriska och alternativ-obligatoriska kurser

*Följande kurser i **matematik** på avancerad nivå ingår i det alternativ-obligatoriska kursblocket ges varje eller vartannat år:*

- **Algebraiska strukturer**, (MATM31, 7,5 hp) som är en inledning till den abstrakta algebran och behandlar elementär teori för grupper, ringar och kroppar.
- **Analytiska funktioner**, (MATM12, 15 hp) som behandlar inledande teori för analytiska funktioner av en komplex variabel.
- **Differentialgeometri** (MATM33, 7,5 hp) som behandlar kurvors och ytors geometri, företrädesvis i tre dimensioner, krökning och torsion.
- **Distributionsteori (**MATP31, 7,5 hp**)** som ger en introduktion till distributionsteorin, ett viktigt redskap inom teorin för partiella differentialekvationer.
- **Fördjupningskurs i differentialgeometri** (MATM43, 7,5 hp) som introducerar Riemanngeometri.
- **Grupp- och ringteori** (MATP33, 7,5 hp) som är en fördjupning av kursen Algebraiska strukturer och behandlar bland annat Sylows satser och ändligt genererade Abelska grupper.
- **Fourieranalys**, (MATM38, 7,5 hp) som behandlar Fourierserier, Fouriertransformer samt tillämpningar inom analys och talteori.
- **Integrationsteori,** (MATM39, 7,5 hp) och **Fördjupningskurs till Integrationsteori** (MATP39, 7,5 hp), som behandlar grunderna av teorin för Lebesgueintegralen.
- **Lineär funktionalanalys**, (MATP35, 7,5 hp) och **Fördjupningskurs till lineär funktionalanalys**, (MATP45, 7,5 hp) som behandlar teorin för kontinuerliga lineära operatorer på oändligdimensionella vektorrum, så som Banachrum och Hilbertrum.
- **Matematisk modellering** (MATM20, 7,5 hp) som behandlar modelleringsprocessens olika steg från problemformulering till simulering och återkoppling, med exempel inom optimering och dynamiska system.
- **Ordinära differentialekvationer II** (MATM37) som behandlar randvärdesproblem för lineära differentialekvationer samt icke-lineära system, t ex fasporträtt och stabilitet.
- **Partiella differentialekvationer**, (MATP16) 7,5 hp, behandlar kvasilineära ekvationer av första ordningen, klassifikation av ekvationer av andra ordningen och teori för Laplaceekvationen, vågekvationen och värmeledningsekvationen.

- **Sannolikhetsteorin matematiska grunder**, (MATM30, 7,5 hp) som introducerar grundläggande teoretiska begrepp inom sannolikhetsteorin baserade på måtteori och mängdlära.

Utöver ovanstående kurser finns flera fördjupningskurser som inte alla ges varje år. De behandlar speciella ämnen som anknyter till ovanstående kurser, exempelvis **Distributionsteori**, **Lieteori**, **Harmonisk analys**, **Spektralteor**i, **Hardyrum** och **Bergmanrum**.

*Följande kurser i **numerisk analys** på avancerad nivå ges varje år:*

Obligatoriska kurser:

- **Numeriska metoder för differentialekvationer** (NUMN20, 7,5 hp) behandlar diskretiseringsmetoder för ordinära och partiella differentialekvationer.
- **Numerisk analys: Seminariekurs** (NUMN27, 7,5 hp) inriktas på lämpliga teman inom numerisk analys och beräkningsteknik och fokuserar på moderna numeriska metoder med anknytning därtill och deras tillämpningar.

Alternativ-obligatoriska kurser:

- **Numerisk analys for elliptiska och paraboliska ekvationer** (NUMN18, 7,5 hp) behandlar diskretiseringsmetoder för elliptiska och paraboliska partiella differentialekvationer
- **Numerisk approximation** (NUMN19, 7,5 hp) behandlar problemet att hitta bra approximationer i olika normer med ändligdimensionell ansats.
- **Avancerad kurs i numeriska algoritmer med python/SciPy** (NUMN21, 7,5 hp) som är ett algoritmorienterat komplement till de mer på metodanalys inriktade grund- och specialkurserna i numerisk analys. Den betonar kopplingen mellan komplexa numeriska algoritmer och moderna programmeringsspråk.
- **Iterativ lösning av storskaliga system i beräkningsteknik** (NUMN23, 7,5 hp) behandlar iterativa metoder för lineära och olineära storskaliga system med fokus på Newton-Krylov- och flergridmetoder.
- **Finita volymmetoder** (NUMN24 7,5 hp) behandlar numeriska metoder för konservationslagar, som modellerar flödesproblem
- **Simuleringsverktyg** (NUMN26, 7,5 hp) fördjupar kunskaper om numeriska metoder för differentialekvationer för praktiska problem. Kursen introducerar modelleringsverktyg i form av modern mjukvara.

Valbara kurser

De valbara kurserna inom båda inriktningarna omfattar 45 hp varav minst 15 hp ska vara ytterligare kurser inom matematik, numerisk analys och matematisk statistik. Högst 30 hp får vara kurser på grundnivå. Det finns ett stort utbud av relevanta kurser i tillämpad matematik som ges av tekniska
fakultetens avdelning för matematik som studenterna kan välja. Ytterligare kurser i matematik och numerisk analys på fördjupad grundnivå som studenten inte har läst under sin kandidatexamen kan ingå i detta block. Exempelvis är kurserna Beräkningsprogrammering med Python (NUMA01, 7,5 hp) och Numerisk lineär algebra (NUMB11, 7,5 hp) tillgängliga.

Institutionen har också ett brett utbud av kurser i matematisk statistik som den studerande kan välja inom de 45 högskolepoäng som inte behöver vara matematik eller numerisk analys på avancerad nivå.

*Följande kurser i **matematisk statistik** finns tillgängliga:*

MASC02 Statistisk inferensteori 7,5 hp
MASC05 Försöksplanering 7,5 hp
MASC03 Markovprocesser 7,5 hp
MASC04 Stationära stokastiska processer 7,5 hp
MASM11 Monte Carlo-baserade statistiska metoder 7,5 hp
MASM15 Statistisk modellering av extremvärden 7,5 hp
MASM17 Tidsserieanalys 7,5 hp
MASM18 Finansiell statistik 7,5 hp
MASM21 Analys av överlevnadsdata 7,5 hp
MASM22 Linjär och logistisk regression 7,5 hp
MASM24 Prissättning av derivattillgångar 7,5 hp
MASM25 Spatial statistik med bildanalys 7,5 hp
MASM26 Stationär och icke stationär spektralanalys 7,5 hp
MASM27 Icke-parameterisk inferens 7,5 hp
MASM33 Kvantitativ riskanalys med Copulas 7,5 hp

Examensarbete

Examensarbetet i matematik eller numerisk analys (MATM03 eller NUMM03, 30 hp) gör de flesta studenterna under den sista terminen på programmet. Det finns också möjlighet att genomföra examensarbetet på halvfart under det sista året parallellt med andra kurser. Arbetet består av en självständig uppgift med anknytning till aktuell forskning i matematik eller en beräkningsteknisk uppgift med anknytning till aktuell numerisk forskning. Uppgiften väljs i samråd med handledaren. Många examensarbeten har samband med handledarnas egen forskning. Studenten ska visa förmåga att tillämpa och sammanställa kunskaper och färdigheter förvärvade inom masterprogrammet i matematik. Studenten ska även visa att han/hon självständigt kan tillämpa vetenskaplig metodik, identifiera sitt behov av ytterligare kunskap i anslutning till uppgiften, samt söka sådan kunskap. Det ställs nu större krav på självständig planering, val av metoder och uppgiftens omfattning. Under tiden som arbetet pågår har studenten möjlighet att delta i seminarieverksamhet i anslutning till ämnet.

2a. Kursfordringar för naturvetenskaplig masterexamen, huvudområde matematik

Alternativ-obligatoriska kurser 45 hp

Minst 45 högskolepoäng av kurserna skall vara kurser i matematik på avancerad nivå.

MATM12 Analytiska funktioner 15 hp
MATM20 Matematisk modellering 7,5 hp
MATM30 Sannolikhetsteorins matematiska grunder 7,5 hp
MATM31 Algebraiska strukturer 7,5 hp
MATM33 Differentialgeometri 7,5 hp
MATM35 Talteori 7,5 hp
MATM36 Topologi 7,5 hp

MATM37 Ordinära differentialekvationer 2 7,5 hp
MATM38 Fourieranalys 7,5 hp
MATM39 Integrationsteori 7,5 hp
MATM43 Fördjupningskurs till differentialgeometri 7,5 hp
MATM45 Analytisk talteori 7,5 hp

MATP31 Distributionsteori 7,5 hp
MATP33 Grupp- och ringteori 7,5 hp
MATP16 Partiella differentialekvationer 7,5 hp
MATP32 Harmonisk analys 7,5 hp
MATP35 Lineär funktionalanalys 7,5 hp
MATP39 Fördjupningskurs i integrationsteori 7,5 hp
MATP45 Fördjupningskurs i lineär funktionalanalys 7,5 hp

Valfria kurser 45 hp
Av dessa ska minst 15 hp vara ytterligare kurser i matematik, numerisk analys och matematisk statistik. Högst 30 hp får vara kurser på grundnivå.

Examensarbete 30 hp
MATM03 Matematik: Examensarbete - masterexamen 30 hp

2b. Kursfordringar för naturvetenskapligt masterexamen, huvudområde matematik med fördjupning i numerisk analys

Obligatoriska kurser 15 hp
NUMN20 Numeriska metoder för differentialekvationer 7,5 hp
NUMN27 Numerisk analys: Seminariekurs i 7,5 hp

Alternativ-obligatoriska kurser 30 hp
MATM12 Analytiska funktioner 15 hp
MATM37 Ordinära differentialekvationer 2 7,5 hp
MATM38 Fourieranalys 7,5 hp
MATP16 Partiella differentialekvationer 7,5 hp
MATP35 Lineär funktionalanalys 7,5 hp
MATP45 Fördjupningskurs i lineär funktionalanalys 7,5 hp
NUMN18 Numerisk analys for elliptiska och paraboliska ekvationer 7,5 hp
NUMN19 Numerisk approximation 7,5 hp
NUMN21 Avancerad kurs i numeriska algoritmer med python/SciPy 7,5 hp
NUMN23 Iterativ lösning av storskaliga system i beräkningsteknik 7,5 hp
NUMN24 Finita volymmetoder 7,5 hp
NUMN26 Simuleringsverktyg 7,5 hp

Valfria kurser 45 hp
Av dessa ska minst 15 hp vara ytterligare kurser i matematik, numerisk analys och matematisk statistik. Högst 30 hp får vara kurser på grundnivå.

Examensarbete 30 hp
NUMM03 Numerisk analys: Examensarbete - masterexamen 30 hp

3. Etappvis fördjupning mot examensmålen inom kursfordringarna
I tabellen nedan redovisas hur de nationella examensmålen uppnås med hjälp av etappvis fördjupning av kursmålen i de alternativ-obligatoriska kurserna för en masterexamen i huvudområdet matematik, inklusive examensarbetena om 30 hp (MATM03 och NUMN03). För varje examensmål är de relevanta kursmålen indelade i två olika progressionsnivåer, s.k. etappmål. Inom utbildningen tillämpas ett lärandeperspektiv som syftar till att studenterna ska ta en aktiv roll i lärandeprocessen samt medvetet och kontinuerligt reflektera över sitt lärande och sin utveckling mot examensmålen.

Examensmål 1

a) visa kunskap och förståelse inom huvudområdet för utbildningen, inbegripet såväl brett kunnande inom området som väsentligt fördjupade kunskaper inom vissa delar av området samt fördjupad insikt i aktuellt forsknings- och utvecklingsarbete

b) visa fördjupad metodkunskap inom huvudområdet för utbildningen

Etappmål 1

Undervisningen på samtliga alternativ-obligatoriska kurser inom programmet kräver ett aktivt deltagande av studenterna och fokuserar på självständig problemlösning och förståelse av den matematiska teorin. Kurserna bygger vidare på och fördjupar studenternas kunskaper i områden som redan är bekanta från deras tidigare studier på kandidatnivå, men introducerar även nya delar av matematiken som studenterna inte har mött förut. På samtliga alternativ-obligatoriska kurser inom programmet vidareutvecklas studenternas förmåga att välja och implementera lämpliga metoder samt att logiskt och välstrukturerat formulera matematisk härledning och motivera valet av metod. Allt eftersom studenterna får en bredare och djupare matematisk kunskapsbas ställs det högre krav på deras förmåga att lösa mera omfattande problem av utredande karaktär. De måste även kunna kombinera och självständigt använda metoder från olika delar av en kurs och från olika kurser. Matematisk metodik tränas och diskuteras vid problemlösningsseminarier och examineras genom skriftliga tentamina och projektrapporter. Matematisk modellering, att ställa upp en matematisk modell av en verklig företeelse, analysera modellen och återkoppla till verkligheten tränas särskilt i kurser som berör differentialekvationer. Numeriska metoder, beräkningsalgoritmer och simulering tränas vidare inom kurser i numerisk analys.

Exempel

MATM12, MATM31, MATM33, MATM35, MATM36, MATM37, MATM38, MATM39, MATM43, MATM45, MATP31, MATP32, MATP33, MATP39
Efter avslutad kurs ska studenten kunna:

- ingående redogöra för de begrepp och metoder inom respektive ämnesområde (komplex analys, algebraiska strukturer, differentialgeometri, talteori, topologi, ordinära differentialekvationer, Fourieranalys, integrationsteori, distributionsteori, analytisk talteori, harmonisk analys, funktionalanalys, grupp- och ringteori) som behandlas i kursen,
- identifiera de viktigaste satserna i kursen och redogöra för deras bevis,
- redogöra för teorin bakom de metoder som introduceras i kursen.

MATP32, MATP39, MATP45
Efter avslutad kurs ska studenten kunna:

- redogöra för forskningsaspekter inom ämnet och relatera det till relevanta problem i ett projekt/självständigt arbete.

NUMN20 (obligatorisk kurs för inriktningen mot numerisk analys)
Efter avslutad kurs ska studenten kunna:

- diskretisera ordinära och partiella differentialekvationer med finita differens- och elementmetoder samt självständigt kunna implementera och använda dessa algoritmer.

NUMN27 (obligatorisk kurs för inriktningen mot numerisk analys)
Efter avslutad kurs ska studenten kunna:

- översiktligt sammanfatta aktuell forskning och utveckling inom ett delområde av numerisk analys,
- redogöra för aktuellt forsknings- och utvecklingsarbete inom ett delområde av numerisk analys och relatera det till relevanta frågeställningar.

Etappmål 2

MATM03
Efter avslutad kurs ska studenten kunna:

- i detalj beskriva och använda metoder inom en fördjupning av något delområde av matematiken samt kunna diskutera möjligheter och begränsningar hos dessa,
- redogöra för forskningsfrågor i ett delområde av matematiken.

NUMN03
Efter avslutad kurs ska studenten kunna:

- i detalj beskriva och använda metoder inom ett delområde av matematiken med fördjupning i numerisk analys samt kunna diskutera möjligheter och begränsningar hos dessa,
- redogöra för forskningsfrågor i ett delområde av numerisk analys.

Examensmål 2

– visa förmåga att kritiskt och systematiskt integrera kunskap och att analysera, bedöma och hantera komplexa företeelser, frågeställningar och situationer även med begränsad information

Etappmål 1

Alla alternativ-obligatoriska kurser inom programmet behandlar komplexa matematiska frågeställningar. Det gäller både uppbyggnad av matematisk teori och tillämpningar av teorin, dels på specifika matematiska frågor och dels på problem som uppstår utanför matematiken. Studenterna får under programmet omfattande träning i att integrera matematisk kunskap. Tentamensuppgifter, inlämningsuppgifter och uppgifter som tas upp på problemlösningsseminarier kräver att studenten kan integrera kunskaper från olika delar av en kurs. Många av kurserna behandlar anpassning av matematiska modeller till verkliga företeelser och val av lämpliga numeriska algoritmer till ett givet problem. Träning i att analysera och bedöma sådana frågor sker systematiskt i undervisningen av de olika kurserna och denna förmåga prövas särskilt vid skriftliga tentamina och projektrapporter. I uppgifter som inkluderar numeriska lösningar måste studenten kunna bedöma lösningens relevans och noggrannhet. Att kunna avgöra om en lösning är riktig är ett lärandemål i många av utbildningens kurser och denna färdighet är avgörande för att lyckas på en skriftlig tentamen.

Exempel

MATM31, MATM33, MATM35, MATM37, MATM39, MATP35

Efter avslutad kurs ska studenten kunna:

- integrera kunskaper från de olika delarna av kursen i samband med problemlösning,
- självständigt kunna identifiera problem som kan lösas med metoder som hör till kursen och använda lämpliga lösningsmetoder.

MATM36, MATM38, MATP32, MATP45

Efter avslutad kurs ska studenten kunna:

- på ett kritiskt och systematiskt sätt integrera kunskap från olika matematiska områden för att analysera och lösa komplexa matematiska problem med användning av metoder från topologin/Fourieranalysen
- på ett självständigt och kreativt sätt identifiera, formulera och lösa relevanta problem inom kursens ram.

NUMN20

Efter avslutad kurs ska studenten kunna:

- gå från observation och tolkning av beräkningsresultat till slutsats, samt i fritt rapportformat på vetenskaplig grund kunna demonstrera och redogöra för sina slutsatser.
- självständigt och på vetenskaplig grund välja lämplig beräkningsalgoritm för givna problem,
- använda beräkningsalgoritmer på tillämpningsproblem, självständigt bedöma beräkningsresultatens relevans och noggrannhet

NUMN21

Efter avslutad kurs ska studenten kunna:

- skriva beräkningsprogram på hög nivå och kvalitetssäkra numerisk mjukvara,
- implementera och testa komplexa numeriska algoritmer med utnyttjande av beprövade programbibliotek
- genomföra ett programmeringsprojekt i grupp, inklusive identifikation av och uppdelning i delproblem, och eget ansvar för lösandet av ett delproblem.

NUMN23

Efter avslutad kurs ska studenten kunna:

- integrera kunskap från kursens olika delar för att hantera frågeställningar inom ett beräkningsprojekt,
- kritiskt värdera och självständigt tillämpa metoder från kursen inom ett projekt.

Etappmål 2

Examensarbetekurserna kräver att studenten självständigt analyserar, bedömer och hanterar större och mera komplexa matematiska frågeställningar. I examensarbetet måste studenten ha en god överblick över sina matematiska kunskaper från programmets alla delar och ha en förmåga att sammanställa dem.

MATM03

Efter avslutad kurs ska studenten på ett kritiskt och självständigt sätt:

- kunna analysera, hantera och formulera frågeställningar som har relevans för forsknings- eller utvecklingsarbete inom ett delområde av matematiken.

NUMN03

Efter avslutad kurs ska studenten på ett kritiskt och självständigt sätt:

- kunna analysera, hantera och formulera frågeställningar som har relevans för forsknings- eller utvecklingsarbete inom ett delområde av numerisk analys.

Examensmål 3

– visa förmåga att kritiskt, självständigt och kreativt identifiera och formulera frågeställningar, att planera och med adekvata metoder genomföra kvalificerade uppgifter inom givna tidsramar och därigenom bidra till kunskapsutvecklingen samt att utvärdera detta arbete

Etappmål 1

För samtliga kurser i programmet gäller att studenterna ska visa att de har förmåga att självständigt planera sitt arbete och utföra sina arbetsinsatser så att de möter givna tidsramar. Under utbildningen tränas studenterna kontinuerligt i att självständigt och kreativt identifiera och formulera relevanta frågeställningar. Matematikuppgifter i anslutning till teorin kräver kreativitet i och med att studenten måste konstruera egna varianter på de metoder som finns i kursmaterialet. I många fall måste studenten på egen hand ge ett problem en matematisk formulering och sedan välja en lämplig lösningsmetod. Kurserna i numerisk analys innehåller uppgifter som kräver att studenten väljer avancerade beräkningsalgoritmer och anpassar dem till ett givet problem. Förmågan att identifiera och formulera matematiska frågeställningar tränas vidare i examensarbetet.
Förmågan till att planera utförandet av kvalificerade uppgifter och välja adekvata metoder tränas i alla kurser men ställs på sin spets i examensarbetet. Studenterna tränas i att utvärdera genomförandet av kvalificerade uppgifter genom att de presenterar lösningar och projektarbeten för varandra på problemlösningsseminarier. Under programmets gång tränas studenternas förmåga att genomföra uppgifter inom givna tidsramar. Alla inlämningsuppgifter och projektarbeten har en strikt tidsgräns. Vidare måste studenten tillägna sig förmågan att lösa problem inom den tid som står till förfogande för att kunna lyckas på en skriftlig tentamen. Projektarbeten kräver att studenten lägger upp en realistisk tidsplan.

Exempel

MATM31, MATM35, MATM37, MATM39, MATM45, MATP35, MATP39

- Efter avslutad kurs ska studenten självständigt kunna identifiera problem som kan lösas med metoder som hör till kursen och använda lämpliga lösningsmetoder.

MATM31, MATM33, MATM35, MATM37, MATM43

- Efter avslutad kurs ska studenten kunna inom givna tidsramar planera och med adekvata metoder genomföra uppgifter relevanta för kursen.

MATM38, MATP32, MATP45

- Efter avslutad kurs ska studenten kritiskt och systematiskt kunna integrera kunskap från olika matematikområden för att analysera och lösa komplexa problem med metoder inom Fourieranalys/harmonisk analys/funktionalanalys

MATM38, MATP32, MATP39, NUMN27, MATM45

- Efter avslutad kurs ska studenten kunna planera och utföra kvalificerade uppgifter inom en given tidsram.

NUMN20

- Efter avslutad kurs ska studenten självständigt och på vetenskaplig grund kunna välja lämplig beräkningsalgoritm för givna problem.

NUMN21

Efter avslutad kurs ska studenten kunna:

- implementera och testa komplexa numeriska algoritmer med utnyttjande av beprövade programbibliotek, genomföra ett programmeringsprojekt i grupp, inklusive identifikation av och uppdelning i delproblem, och eget ansvar för lösandet av ett delproblem.

Etappmål 2

MATM03

- Efter avslutad kurs ska studenten kunna på ett kritiskt och självständigt sätt kunna analysera, hantera och formulera frågeställningar som har relevans för forsknings- eller utvecklingsarbete inom ett delområde av matematiken samt planera och med adekvata matematiska metoder genomföra ett vetenskapligt projektarbete inom givna tidsramar.

NUMM03

- Efter avslutad kurs ska studenten kunna på ett kritiskt och självständigt sätt kunna analysera, hantera och formulerafrågeställningar som har relevans för forsknings- eller utvecklingsarbete inom ett delområde av numerisk analys, samt planera och med adekvata matematiska och numeriska metoder genomföra ett vetenskapligt projektarbete inom givna tidsramar.

Examensmål 4

– visa förmåga att i såväl nationella som internationella sammanhang muntligt och skriftligt klart redogöra för och diskutera sina slutsatser och den kunskap och de argument som ligger till grund för dessa i dialog med olika grupper

Etappmål 1

Samtliga programmets kurser innehåller moment där studenterna visar sin förmåga att muntligt och skriftligt redogöra för sina slutsatser och den kunskap och de argument som ligger till grund för dessa. Formatet för kommunikation och presentation följer oftast gängse standard för vetenskaplig kommunikation. I examinationen och bedömningen av skriftliga tentamina, projektrapporter och inlämningsuppgifter ställer man krav på en noggrann, matematiskt korrekt och överskådlig presentation. Även i numerisk analys och tillämpad matematik återkommer träningen i skriftlig kommunikation i och med att man kräver att algoritmer och program kommenteras noga och på ett användarvänligt sätt. Matematisk kommunikation med lärare och med andra studenter är en naturlig del av undervisningen och examinationen. I flertalet matematikkurser ingår problemlösningsseminarier där studenterna presenterar problem för varandra och tar emot frågor/kritik från kurskamraterna och läraren. I några kurser ingår projektarbeten som ska redovisas muntligt för gruppen. På de flesta avancerade kurser i matematik är muntliga tentamina en obligatorisk del av examinationen. Här har man höga krav på att studenten ska självständigt kunna presentera matematisk teori, problem och lösningar på ett precist, korrekt och lättillgängligt sätt. Inslaget av internationella studenter, både europeiska och utomeuropeiska, på kurserna är stort och undervisningen ges på engelska. Studenterna får därmed en träning i att kommunicera med studenter med annan bakgrund än deras egen. Institutionen har ett stort kontaktnät med företag och med matematiskt utbildade personer verksamma i näringslivet. Dessa kontakter utnyttjas på arbetsmarknadsdagar med mera. Studenterna kommer även i kontakt med forskare och doktorander genom seminarieverksamhet.

Exempel

MATM12, MATM31, MATM33, MATM35, MATM37, MATM38, MATM39, MATM43, MATM45, MATP35, MATP39

- Efter avslutad kurs ska studenten kunna redogöra för lösningen till ett matematiskt problem inom kursens ram i tal och i skrift, logiskt sammanhängande och med adekvat terminologi.

NUMN19

Efter avslutad kurs ska studenten kunna:

- presentera lösningar och numeriska resultat för problem som ovanstående, både skriftligt och muntligt,
- med adekvat terminologi, på ett logiskt och välstrukturerat sätt, förklara designen av de numeriska metoder och algoritmer som ingår i kursen.

NUMN20

Efter avslutad kurs ska studenten kunna:

- självständigt författa projektrapporter av vetenskaplig karaktär, med referenser och övrig dokumentation över genomfört arbete som stöd för sina slutsatser
- logiskt och med adekvat terminologi redogöra för konstruktion av grundläggande numeriska metoder och algoritmer

NUMN21

Efter avslutad kurs ska studenten kunna:

- redogöra för ett beräkningsprojekt genom muntlig presentation av den egna koden
- argumentera för betydelsen av att utveckla program på ett modulärt och flexibelt sätt

Etappmål 2

MATM03, NUMN03

Efter avslutad kurs ska studenten kunna:

- med en skriftlig rapport tydligt redogöra för resultaten av det genomförda projektarbetet och den kunskap och de argument som ligger till grund för dessa,
- med en muntlig presentation kort sammanfatta de viktigaste resultaten av det genomförda projektarbetet samt översiktligt diskutera den kunskap och de argument som ligger till grund för dessa,
- med en populärvetenskaplig rapport kort sammanfatta de viktigaste resultaten av det genomförda projektarbetet.

NUMN26

- Efter avslutad kurs ska studenten kunna skriftligt och muntligt, med adekvat terminologi och algoritmiskt välstrukturerat, redogöra för matematiska metoder som presenteras i kursen.

NUMN27

Efter avslutad kurs ska studenten kunna:

- utifrån tillgänglig information systematiskt och kritiskt analysera och sammanfatta aktuella forskningsfrågor i en skriftlig rapport
- muntligt presentera en självständigt genomförd litteraturstudie för en bredare allmänhet

Examensmål 5

– visa sådan färdighet som fordras för att delta i forsknings- och utvecklingsarbete eller för att självständigt arbeta i annan kvalificerad verksamhet

Etappmål 1

Många av programmets alternativ-obligatoriska kurser innehåller ett flertal moment där studenterna tränas färdigheter som fordras för att delta i forsknings- som utvecklingsarbete eller för att självständigt arbeta i annan kvalificerad verksamhet.

Exempel

MATM45

- Efter avslutad kurs ska studenten självständigt kunna identifiera problem som kan lösas med metoder som hör tillkursen och använda lämpliga lösningsmetoder.

MATP32

- Efter avslutad kurs ska studenten kunna redogöra för forskningsproblem inom ämnet och relatera dessa till relevanta problem i ett projekt.

MATP35

- Efter avslutad kurs ska studenten kunna identifiera situationer där metoderna i funktionalanalys kan tillämpas, till exempel inom andra områden som ordinära och partiella differentialekvationer, funktionsrum och operatorteori.

MATM39, MATP39, MATP45

- Efter avslutad kurs ska studenten kunna identifiera situationer där de avancerade metoderna i integrationsteori/ funktionalanalys kommer till användning, till exempel inom andra områden som sannolikhetsteori, partiella differentialekvationer, operatorteori och funktionsrum, speciellt Sobolevrum.

MATP39

- Efter avslutad kurs ska studenten kunna redogöra för forskningsaspekter inom ämnet och relatera dessa till relevanta problem inom ett självständigt arbete.

NUMN21

Efter avslutad kurs ska studenten kunna:

- implementera och testa komplexa numeriska algoritmer med utnyttjande av beprövade programbibliotek,
- genomföra ett programmeringsprojekt i grupp, inklusive identifikation av och uppdelning i delproblem, och eget ansvar för lösandet av ett delproblem.

NUMN26

Efter avslutad kurs ska studenten kunna:

- självständigt tillämpa och kritiskt evaluera numeriska metoder som finns i industriella programpaket inom modellering i synnerhet av komplexa mekaniska system,

Etappmål 2

MATM03

- Efter avslutad kurs ska studenten på ett kritiskt och självständigt sätt kunna analysera, hantera och formulera frågeställningar som har relevans för forsknings- eller utvecklingsarbete inom ett delområde av matematiken samt planera och med adekvata matematiska metoder genomföra ett vetenskapligt projektarbete inom givna tidsramar.

NUMM03

- Efter avslutad kurs ska studenten kunna på ett kritiskt och självständigt sätt kunna analysera, hantera och formulera frågeställningar som har relevans för forsknings- eller utvecklingsarbete inom ett delområde av numerisk analys, samt planera och med adekvata matematiska och numeriska metoder genomföra ett vetenskapligt projektarbete inom givna tidsramar.

- självständigt identifiera lämplig numerisk metod och välja ut rätt parametrar medhänsyn till ställda noggrannhets- och effektivitetskrav,
- bedöma simuleringsresultat, självständigt kunna välja och värderasimuleringsmetoder samt agera konsult i simuleringssammanhang.

NUMN27

Efter avslutad kurs ska studenten kunna:

- utifrån tillgänglig information systematiskt och kritiskt analysera och sammanfatta aktuella forskningsfrågor i en skriftlig rapport,
- redogöra för aktuellt forsknings- och utvecklingsarbete inom ett delområde av numerisk analys och relatera det till relevanta frågeställningar.

Examensmål 6

– visa förmåga att inom huvudområdet för utbildningen göra bedömningar med hänsyn till relevanta vetenskapliga, samhälleliga och etiska aspekter samt visa medvetenhet om etiska aspekter på forsknings- och utvecklingsarbete

Etappmål 1

I samtliga av programmets kurser finns moment där studenterna visar förmåga att inom huvudområdet och mer specifikt inom det delområde som kursen behandlar göra bedömningar med hänsyn till relevanta vetenskapliga aspekter.

Exempel

MATM31

- Efter avslutad kurs ska studenten kunna argumentera för gruppteorins och ringteorins betydelse som verktyg inom andraområden som till exempel Galoisteori och algebraisk talteori samt diskutera deras begränsningar.

MATM33

- Efter avslutad kurs ska studenten kunna argumentera för differentialgeometrins betydelse som verktyg inom andraområden, t.ex. fysiken.

MATM35

Efter avslutad kurs ska studenten kunna

- argumentera för talteorins betydelse som verktyg inom andra områden, som till exempel krypteringssystem samt diskutera dess begränsningar,
- göra bedömningar med hänsyn till relevanta samhälleliga och etiska aspekter kopplade till kryptering.

MATP32

- Efter avslutad kurs ska studenten kunna argumentera för den viktiga roll som metoder från den harmoniska analysen spelar i olika forskningsområden inom matematik, fysik och dataanalys.

MATM37

- Efter avslutad kurs ska studenten kunna argumentera för betydelsen av ordinära differentialekvationer som verktyg inom andra vetenskaper, t.ex. fysik.

NUMN19

- Efter avslutad kurs ska studenten kunna argumentera för approximationsteorins betydelse som verktyg inom matematik, beräkningsteknik samt besläktade ämnen.

NUMN21

- Efter avslutad kurs ska studenten kunna argumentera för betydelsen av att utveckla program på ett modulärt och flexibelt sätt.

NUMN23, NUMN24

- Efter avslutad kurs ska studenten kunna värdera det egna ansvaret för hur ämnet används samt diskutera ämnets möjligheter att bidra till en hållbar samhällsutveckling.

NUMN26 Simuleringsverktyg

- Efter avslutad kurs ska studenten kunna bedöma simuleringsresultat, självständigt kunna välja och värdera simuleringsmetoder samt agera konsult i simuleringssammanhang

Etappmål 2

MATM03, NUMN03

- Efter avslutad kurs ska studenten kunna diskutera relevanta vetenskapliga, samhälleliga och etiska aspekter relaterade till projektarbetets frågeställning, genomförande och erhållna resultat.

Examensmål 7

– visa insikt om vetenskapens möjligheter och begränsningar, dess roll i samhället och människors ansvar för hur den används

Etappmål 1

I majoriteten av programmets alternativ-obligatoriska kurser finns moment som tränar studenternas insikt kring matematikens möjligheter och begränsningar samt dess roll i samhällets kunskapsutveckling.

Exempel

MATM31

- Efter avslutad kurs ska studenten kunna argumentera för gruppteorins och ringteorins betydelse som verktyg inom andraområden som till exempel Galoisteori och algebraisk talteori samt diskutera deras begränsningar.

MATM33

- Efter avslutad kurs ska studenten kunna argumentera för differentialgeometrins betydelse som verktyg inom andraområden, t.ex. fysiken.

MATM35

Efter avslutad kurs ska studenten kunna

- argumentera för talteorins betydelse som verktyg inom andra områden, som till exempel krypteringssystem samt diskutera dess begränsningar,
- göra bedömningar med hänsyn till relevanta samhälleliga och etiska aspekter kopplade till kryptering.

MATP31

- Efter avslutad kurs ska studenten kunna argumentera för distributionsteorins betydelse som verktyg för andra områden, som till exempel partiella differentialekvationer och teoretisk fysik, samt diskutera dess begränsningar.

MATP32

- Efter avslutad kurs ska studenten kunna argumentera för den viktiga roll som metoder från den harmoniska analysen spelar i olika forskningsområden inom matematik, fysik och dataanalys.

MATP33

- Efter avslutad kurs ska studenten kunna argumentera för gruppteorins och ringteorins betydelse som verktyg inom andraområden som till exempel algebraisk geometri och algebraisk talteori, samt diskutera deras begränsningar.

MATM37

- Efter avslutad kurs ska studenten kunna argumentera för betydelsen av ordinära differentialekvationer som verktyg inom andra vetenskaper, t.ex. fysik.

NUMN19

- Efter avslutad kurs ska studenten kunna argumentera för approximationsteorins betydelse som verktyg inom matematik, beräkningsteknik samt besläktade ämnen.

Etappmål 2

MATM03, NUMN03

- Efter avslutad kurs ska studenten kunna diskutera relevanta vetenskapliga, samhälleliga och etiska aspekter relaterade till projektarbetets frågeställning, genomförande och erhållna resultat.

NUMN21

- Efter avslutad kurs ska studenten kunna argumentera för betydelsen av att utveckla program på ett modulärt och flexibelt sätt.

NUMN23, NUMN24

- Efter avslutad kurs ska studenten kunna värdera det egna ansvaret för hur ämnet används samt diskutera ämnets möjligheter att bidra till en hållbar samhällsutveckling.

Examensmål 8

– visa förmåga att identifiera sitt behov av ytterligare kunskap och att ta ansvar för sin kunskapsutveckling

Etappmål 1

Programmets flexibilitet ställer krav på att studenterna som kan ha väldigt olika kunskapsbakgrund från tidigare kandidatstudier identifierar sitt behov av ytterligare kunskap och tar ansvar för sin kunskapsutveckling. Genom att slutföra de projekt eller inlämningsuppgifter som ges under de olika alternativ-obligatoriska kurserna visar studenterna att de har förmåga att ta ansvar för sin kunskapsinhämtning samt att de kan identifiera de behov de har av ny kunskap för att kunna lösa uppgifterna.

Exempel

MATM36, MATP32, MATP45

- Efter avslutad kurs ska studenten kunna identifiera sitt eget behov av ytterligare kunskap och ta ansvar för sin kunskapsutveckling.

NUMN21

- Efter avslutad kurs ska studenten kunna genomföra ett programmeringsprojekt i grupp, inklusive identifikation av och uppdelning i delproblem, och eget ansvar för lösandet av ett delproblem.

NUMN27 (obligatorisk kurs för inriktningen mot numerisk analys)

- Efter avslutad kurs ska studenten ta ansvar för att identifiera och inhämta den kunskap som krävs för att genomföra ett självständigt arbete.

Etappmål 2

MATM03, NUMN03

- Efter avslutad kurs ska studenten kunna ta ansvar för sin kunskapsutveckling och därigenom, identifiera sitt eget behov av ytterligare kunskap och planera för inhämtande av behövd kunskap.