



Utbildningsplan

Universitetsstyrelsen

Fakulteten för teknik

Fysik, masterprogram, 120 högskolepoäng

Physics, Master Programme, 120 credits

Nivå

Avancerad nivå

Fastställande av utbildningsplan

Fastställd av Fakulteten för teknik 2010-12-17

Senast reviderad 2023-03-13

Utbildningsplanen gäller från och med höstterminen 2023

Förkunskaper

Grundläggande behörighet för studier på avancerad nivå samt särskild behörighet:

- Kandidatexamen i fysik, eller motsvarande, varav minst 30 hp i modern fysik.
- Engelska 6 eller motsvarande.

Programbeskrivning

Masterprogrammet i fysik syftar till fördjupade kunskaper i modern fysik. Under studierna kommer studenten att möta och arbeta tillsammans med lärare och forskare som är engagerade i projekt vid forskningsfronten.

Programmet ger kunskaper och färdigheter som kan tillämpas i analytiskt arbete och utvecklingsprojekt inom industrin och inom den offentliga sektorn, samtidigt som det ger en fast grund för forskarutbildning i fysik.

Mål

Centrala examensmål enligt Högskoleförordningen

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, samhällliga 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.

Programspecifika mål

Inom ramen för de mål som anges i högskoleförordningen skall studenten inom området för programmet kunna:

Kunskap och förståelse

- visa fördjupad kunskap och förståelse om fysikens begrepp och modeller samt dessas begränsningar och på eget initiativ kunna vidga sitt kunskapsområde

Färdighet och förmåga

- självständigt initiera, ansvara för och leda utredningar och undersökningar av komplicerade sammanhang på vetenskaplig grund
- självständigt planera och genomföra beräkningar, simuleringar, försök, experiment och vetenskapliga observationer inom fysik
- använda fysikens terminologi för att självständigt presentera bilder av kunskapsläget samt kunna förklara och diskutera vetenskapliga problemställningar

Värderingsförmåga och förhållningssätt

- samarbeta i grupp och leda ett grupparbete, samt självständigt kunna bedriva utvecklingsarbete
- följa kunskapsutvecklingen och värdera nya rön genom att kritiskt använda teknisk och fysikalisk litteratur och databaser
- ge en korrekt och välavvägd bild av metoder, resultat, slutsatser och framtida tillämpningsmöjligheter

Innehåll och struktur

Programöversikt

Programmet består totalt av 120 högskolepoäng, 2 års heltidsstudier. Huvudområdet fysik omfattar den största delen av poängen och kompletteras av, i) beräkningstekniska ämnen, ii) kurser i matematik, samt iii) en kurs i vetenskapsteori.

Kurserna innefattar 30 hp allmänna kurser som är valbara från ett begränsat kursutbud med syfte att ge baskunskaper i fysik, 60 hp valbara kurser, samt ett examensarbete omfattande 30 hp. Alternativt kan examensarbetet omfatta 60 hp, för de valbara kurserna återstår då 30 hp. En översikt ges nedan. De valbara kurserna väljs i samråd med programansvarig.

Under utbildningens gång följs studenternas prestation upp i förhållande till såväl enskilda kurser som utbildningen i sin helhet och progressionen utvärderas och säkerställs mot de uppsatta examensmålen.

Kurser i programmet

År 1:

Termin 1

Allmänna fysik kurser (30 hp, se listan nedan)

Termin 2

Valbara kurser (30 hp, se nedan)

År 2

Under andra året genomförs ett självständigt arbete. Studenten väljer i samråd med programansvarig ett av tre olika alternativ vad det gäller omfattningen och komplexiteten av det självständiga arbetet (30 hp, 45 hp eller 60 hp).

Alternativ 1

Valbara kurser (30 hp, se nedan)

Självständigt arbete (30 hp, A2E,*) – projektarbete där studenten efter en kortare introduktion i "forskningsmetodik och vetenskapligt skrivande" självständigt formulerar ett problem, insamlar data, analyserar och drar slutsatser. Under arbetet finns kontinuerlig handledning.

Alternative 2

Valbara kurser (15 hp, se nedan)

Självständigt arbete (45 hp, A2E,*) - projektarbete där studenten efter en introduktion i "forskningsmetodik" självständigt formulerar ett specificerat problem, insamlar en mängd olika data, analyserar och drar slutsatser. Studenten fördjupar sig inom ett forskningsområde. Under arbetet finns kontinuerlig handledning.

Alternativ 3

Självständigt arbete (60 hp, A2E,*) - projektarbete där studenten efter en längre introduktion i "forskningsmetodik" självständigt formulerar ett mer komplext problem, insamlar en mängd olika data, analyserar och drar flera slutsatser. Projektarbetet bedrivs med fördel som ett mindre projekt i en forskningsgrupp och arbetet är mer forskningsförberedande. Under arbetet finns kontinuerlig handledning.

Allmänna kurser

Fysikens matematiska metoder (7.5 hp, A1N,*): Kursen syftar till att hjälpa studenterna att förvärva den matematik som behövs för utbildning på avancerad nivå och i början av forskarutbildningen i fysik, och att utveckla en stark bakgrund inom den teoretiska

fysikens matematik. Bland annat behandlas lösningar och allmänna egenskaper för de viktigaste differentialekvationerna inom teoretisk fysik, egenvärdesproblem och spektralsatsen för självadjungerade operatorer, speciella funktioner inom matematisk fysik, teorin om Fourierserier och integraltransformer.

Kvantmekanik II (7.5 hp, A1N,*): Kursen ger en fördjupad studie av grundläggande begrepp inom kvantmekaniken. Bland annat behandlas semiklassiska approximationer, kvantmekanik med vägintegraler, den allmänna teorin om rörelsemängdsmoment, tidsberoende störningsteori, den adiabatiska approximationen och Berryfasen, samt spridningsteori.

Datorfysik I (7.5 hp, G2F,*): Syftet med kursen är att ge studenterna en teoretisk och praktisk introduktion till beräkningsmetoder och verktyg som används inom fysiken. Innehållet omfattar användning av Matlab och Mathematica för att lösa vanliga numeriska problem (linjär algebra, numerisk integration) och att koppla ihop dessa program med C- och/eller Fortrankoder. Finita element- och finita differensmetoder för att lösa partiella differentialekvationer. Monte Carlo-metoder för enkla fysikaliska system med många frihetsgrader och för problem inom statistisk mekanik. Molekyldynamik.

Klassisk elektrodynamik (7.5 hp, A1N,*): Kursen ger central kunskap i avancerad elektrodynamik. Fokus ligger på användningen av avancerade matematiska fysikverktyg för att lösa komplexa problem elektrodynamik relevanta för flera fält inom fysiken. Innehåll: Maxwells ekvationer, bevarandelagar och elektromagnetiska potentialer. Vågutbredning i media. Enkla strålningssystem av rörande laddningar. Valda avancerade områden såsom relativistisk formulering, strålning från laddningar i rörelse, strålningsdämpning och kvantoptik.

Statistisk fysik I (7.5 hp, A1N,*): Kursen ger en inledning av de fundamenten av statistisk mekanik med fokus på fas övervägningar. Innehållet inkluderar: revy av termodynamik. Kanoniska och grand kanoniska ensembler. Termodynamisk beskrivning av fas övervägningar. Maxwell konstruktion. Landaus teori av fas övervägningar. Elementer av ergodisk teori. Klassiska och kvantiska fluidum. Existens av den klassiska limiten. Fermi-Dirac distribution fördelning och degenererad Fermi gas. Bose-Einstein distribution fördelning och Bose-Einstein kondensering.

Exempel på valbara kurser

Fysik:

Statistisk fysik II (7,5 hp A1N,*)

Kursen är en fortsättning av statistisk fysik I och omfattar en rad frågor av intresse för modern statistisk mekanik, med fokus på kritiska fenomen och renormeringsgruppen. Valet av teman kommer delvis att bero på studenternas särskilda intressen. Möjliga teman är: Diffusion, slumpvandring, Langevinekvationen, störningar och fluktuationer, polymerer och självundvikande slumpvandring. Spinn-glas. Fasövergång i två dimensioner. Topologisk klassificering av defekter. Kosterlitz-Thoulessövergången. Ordningsparametrar, symmetribrott, Goldstones sats och Andersons Higgsmekanismen. Renormeringsgruppen och e-expansionen. Universalklasser, fixpunkter och skalning, kritiska.

Kvantiserade mångpartikelsystem (7.5 hp, A1F,*): Kursen ger en allmän introduktion av kvantmekanisk behandling av flerkropparssystem och användning av Greens funktioner med betoning på tillämpningar inom den kondenserade materiens fysik.

Andra kvantisering och kvantfältteori. Feynmandiagram tekniker. Tillämpningar av Greens funktioner på elektrongas. Imaginär-tid ändlig-temperatur fältteori.

Fasta tillståndets fysik II (7,5 hp, A1N,*): Kursen innehåller följande: Kristallstrukturer, röntgendiffraktioner och reciproka gitter, Brillouin-zoner, kristallbindning, van der Waals-, jon-, kovalent- respektive metallbindning, gittersvängningar och fononer, fononer och termiska egenskaper hos fasta kroppar, fria-elektronmodellen, elektriska ledningsförmåga och Ohms lag, periodiska potentialen och Bloch-teoremet, energiband och halvledare.

Fasta tillståndets fysik III (7.5 hp, A1F,*): Målet med kursen är att studera några av de märkligaste och långtgående fenomen i fasta tillståndets fysik, vars grund lades i den inledande kursen i fasta tillståndets fysik på kandidatprogrammet. Bland de ämnen som berörs är elektron-elektronväxelverkan i metaller, introduktion till magnetism, supraleddning och optiska egenskaper hos fasta ämnen.

Lågdimensionella strukturers fysik (7.5 hp, A1N,*): Det huvudsakliga syftet med kursen är att introducera de viktigaste och mest grundläggande exemplen på nanostrukturer och visa hur deras lägre dimensionalitet kraftigt påverkar deras fysiska egenskaper. En lämplig teoretisk bakgrund med kompletterande förkunskaper kommer att tillhandahållas. Dock kommer kursens tyngdpunkt att ligga på experimentella laborationer. I dessa laborationer tränas studenten i att tillämpa kunskaper från fysik, kemi och biologi i utförandet och tolkningen av experiment på nanostrukturer såsom kvantprickar, nanotrådar och kvantbrunnar. Vidare ges en orientering om tillämpningar av nanostrukturer, t.ex. inom biovetenskap och elektronik.

Kvanttransport i Nanostrukturer (7.5 hp, A1F,*): Kursen introducerar grundläggande begrepp inom transportteori i meso- och nanostrukturer i olika fysiska system. Huvudsakligen behandlas den semiklassiska Boltzmannekvationen och kvantkorrigeringar. Andersonlokalisering. Transport i Coulomb blockade regim med kvantmaster ekvationen. Faskoherent transport inom Landauerformuleringen och formulering med Greens funktioner i icke jämvikt. Tillämpningar av transport i kvantprickar, nanopartiklar och nanotrådar.

Kvantteori av magnetism (7,5 hp, A1F,*)
Kursen ger en inledning av de olika mikroskopiska mekanismerna som är ansvariga för magnetism i metaller, isolatorer och halvledare. Kurs innehåller: atomisk magnetism, diamagnetism, paramagnetism. Mikroskopiska mekanismer av magnetiska växelverk och interagerande spinn. Mean-fältet approximation. Spinn vågor. magnetisk anisotropi. Greens funktion metoder. Itinerant magnetism. magnetism i metaller. Lokala magnetiska moment och indirekt utbytesväxelverkan. Nya magnetiska material. Späd magnetiska halvledare och magnetism i låg-dimensionella system.

Nanomagnetism och spintronik (7.5 hp, A1F,*)
Kursen ger en introduktion till kvantmagnetismens fysik, med fokus på nanostrukturer och deras integrering i spinnelektroniska apparater. Ämnen som behandlas: Kvantteorier om magnetism. Normala och ferromagnetiska metaller. Vandrande ferromagnetism. Spinnpolariserade elektroniska strukturer. Jättemagnetoresistans, spinnventileffekt, spinnmoment. Spinnberoende tunnling. Molekylära nanomagneteter och magnetiska nanopartiklar.

Geometrisk fas i kvantsystem (7.5 hp, A1F,*): Introduktion till begreppet geometrisk fas i kvantmekanik med tillämpningar i molekylfysik, kondenserade materiens fysik

och kvantfältteori. Berryadiabatisk fas, topologiska fasen och Aharonov-Bohmeffekten. Geometrisk fas för allmänt cyklisk utveckling. Lämpliga matematiska begrepp och verktyg för differentialgeometri, som utgör den teoretiska grunden för de geometriska faserna, kommer att behandlas.

Kärn och partikelfysik (7.5 hp, A1N,*): Kursen behandlar elementarpartiklar och de grundläggande krafterna i naturen enligt standardmodellen. Kursen behandlar också strukturen hos atomkärnor, instabilitet, sönderfall och reaktioner. Experimentella metoder inom kärn- och högenergifysik behandlas också.

Partikelfysik och kvantfältteori (7.5 hp, A1N,*) Grundläggande strukturer och krafter i naturen beskrivs med kvantfältteori. Kanonisk kvantisering av skalära-, Dirac- och gaugefält (QED) behandlas. Kursen behandlar också svag och stark växelverkan och supersymmetri.

Kosmologi med relativitetsteori (7.5 hp, A1N,*): Utvecklingen och strukturen av universum behandlas i enlighet med Big-Bang-modellen. Särskilt fokus ligger på det tidiga universum. Kursen behandlar också grunderna för den allmänna relativitetsteorin, Einsteins fältekvation och dess lösningar som gäller för kosmologi såsom Robertson-, Walker- och Schwarzschildmetrik och gravitationsvågor.

Analytisk mekanik (7.5 hp, G2F,*): Kursen omfattar standardproblem i Lagrange- och Hamiltonmekanik. Generaliserade koordinater. Variationskalkyl. Hamiltons princip och Lagranges ekvation. Legendretransformation och Hamiltons ekvationer. Symmetriegenskaper, cykliska koordinater och bevarandelagar. Poisson-parenteser och Hamilton-Jacobiteori.

Artificiella atomer och kvantprickar (7.5 hp, G2F,*): Halvledande kvantprickar och metalliska nanopartiklar, även kända som artificiella atomer, är ett viktigt forskningsområde i nanovetenskap. Syftet med kursen är att studera dessa noll-dimensionella nanostrukturers diskreta kvantspektra på grundval av deras analogi med atomer och molekyler. Innehåll: två-elektronatomer och flerelektronatomer. Tillverkning och fysikaliska egenskaper hos halvledande kvantprickar och metalliska nanopartiklar. Additionsspektra, skalstruktur och beroendet av magnetiska fält. Kvantprickars kvantspinnegenskaper. Dubbelkvantprick-molekyler.

Bionanovetenskap (7.5 hp, G2F,*): Kursen ger teoretiska kunskaper och praktiska färdigheter i nanobioteknik, biosensorer och molekylär diagnostik. Innehåll: Bio-kompatibilitet. Lab-on-a-chip. Flöde i mikro- och nanokanaler, mikrokontakt utskrift av proteiner. Användning av elektronstrålelitografi och nanoimprintlitografi i bionanoteknik. Olika nanostrukturer för kontroll av biologiska makromolekyler och celler in vitro. Interaktioner mellan celler, särskilt nervceller, och nanostrukturer. Konstgjorda nanoporer och dess tillämpningar. Mikrobiologiskt produceras nanopartiklar och makromolekyler med relevans i nanobioteknik. Icke-biologiska organiska polymerer i nanobioteknik. Biomolekylära motorer. Nanostrukturer som består av DNA-proteinkonjugat. "Microarrays" inom proteomik och genomik. Utnyttjande av DNA inom nanoelektronik, nanomekanik och biocomputation. Biomimetiska ferritins. Nanopartiklar och nanotrådar i bionanosciences. DNA-guld nanopartiklar konjugat. Självlysande kvantprickar. Nanopartiklar icke-viralt transfektion system. Nanopartiklar för märkning av biomolekyler.

Datorfysik II (7.5 hp, A1N,*): Kursen ger en teoretisk och praktisk introduktion till avancerade beräkningsmetoder och tekniker som används i forskning inom den

kondenserade materiens fysik och partikelfysik. Valet av teman kommer delvis att bero på studenternas särskilda intressen. Områden som är relevanta för kondenserade materiens teori är: Täthetsfunktionalteori för elektroniska strukturberäkningar. Tätbindningsmetoder. Exakt numerisk diagonalisering för växelverkande kvantiserade mångpartikelsystem. Områden som är relevanta för partikelfysik är: Monte Carlo-simulering av partikelväxelverkan och detektorer i högenergifysik.

Tillämpad kvantmekanik (7,5 hp, G2F,*)

Laborativ kurs med fokus på kärnfysik, atomfysik och ytfysik.

Kosmisk strålning och Högenergiastrofysik (7,5 hp A1N*)

Syftet med kursen är att ge studenterna erforderlig kunskapen om ursprung och acceleration av kosmisk strålning ur observationssynpunkt. Problemet med den kosmiska strålningen spelar en central roll i astrofysiken. Kursens viktigaste delar behandlar de olika astrofysikaliska processerna verksamma i produktionen och accelerationen av energirika partiklar genom kosmos och deras växelverkan med fält och materia. Efter en översikt av alla astrofysikaliska accelerationsmekanismer som förekommer mycket olika energiskalar, kommer fokus att läggas på experimentella aspekter knutna till observationer av kosmisk strålning, gammastrålning och neutriner.

Introduktion till högenergiastrofysik (7,5 hp A1N*)

Astrofysik vid höenergi och astropartikelfysik gränsar till astrofysik och partikelfysik. Deras syfte är att studera partikelfysik och att grundläggande växelverkan genom att observera fenomenen i universum snarare än i laboratorier på jorden. Genom de redskap och metoder som utvecklats för höenergifysik och som också används för astrofysikaliska observationer, blir helt nya fenomen i universum tillgängliga för studier såsom våldsamma händelser (stjärnkollapsar och explosioner, ejaktering av relativistisk materia etc.), extrema materia tillstånd (neutronstjärnor och svarta hål) samt partikelacceleration och kosmisk strålning. Kursen betonar betydelsen av att samtidigt studera inom flera våglängdsintervall och diskuterar accelerationsobjekt och strålning av högenergetiska partiklar i universum såsom pulsarer, binärasystem.

Experimentella metoder i Partikel-och astropartikelfysik, (7,5 hp A1N*)

Syftet med kursen är att ge studenterna aktuell information om de mest avancerade och specialiserade partikeldetektorer för accelerators och astrofysik i termer av operativa principer och prestanda i samband med deras användning i nuvarande och framtida experiment inom, subnukleärfysik och astropartikelfysik. Några av de ämnen som behandlas i kursen är: experiment och teknik som används i existerande och framtida accelerators, experimentella problem, detektorer, beräkningproblem samt elektronik som används i de allra senaste experimenten.

Matematik:

Vektoranalys (7.5 hp, G2F)

Transformteori (7.5 hp, G2F)

Linjär algebra (7.5 hp, G1F)

Analytiska funktioner (7.5 hp, G2F)

Stokastiska processer (7.5 hp, A1N)

Funktionalanalys (7.5 hp, A1N)

Finita elementmetoden (7.5 hp, G2F)

*= kurs i huvudområdet

Ett urval av ovanstående valbara kurser kan läsas varje år. Studenten bestämmer i samråd med programansvarig vilka valbara kurser som ska ingå i studieången.

Eftersom studenten inom vissa ramar har stor frihet i sina kursval måste programansvarig och student i samband med studieplaneringen ta hänsyn till

a) för att erhåll examen får högst 25% (dvs 30 hp.) av kurserna vara på grundläggande nivå.
samt

b) för att erhålla examen förutsätts att minst 50% (dvs. 60 hp.) av kurserna - allmänna och valbara, exklusive examensarbete - ingår i huvudområdet (fysik).

Arbetslivsanknytning

Studenterna erbjuds kontakt med näringslivet i form av studiebesök, projektarbeten, seminarier mm. Några gästföreläsare från forskningsområden och näringslivet ska inbjudas under programmet. Ex. (i) forskare från Nanometer Structure Consortium vid Lunds universitet, Forskare från Max Lab vid LU, (ii) representanter av nanoteknologi företag vid Öresund region (iii) gästföreläsare från Oskarshamns kärnkraftsverk.

Ämnesgruppen planerar att skapa ett programråd.

Utlandsstudier

Utlandsstudier är möjliga under de två sista terminerna. Kurser väljs i samråd med programansvarig. Studenterna erbjuds ta del av det samlade utbudet av avtal med utländska lärosäten som finns inom Linnéuniversitetet

Perspektiv i utbildningen

Begreppen hållbar utveckling och genus genomsyrar universitetets fortlöpande verksamhet. För ett masterprogram med stor andel internationella studenter är mångfald och internationalisering givna inslag i den löpande verksamheten.

Kvalitetsutveckling

Studenter involveras både i program- och kursvärderingar. Programansvarig träffar regelmässigt alla studenter och diskuterar kurser samt hjälper till att välja rätt inriktning och valfria kurser. Programvärderingarna arkiveras av institutionen.

Examen

Efter avklarade studier som motsvarar de fordringar som finns angivna i Högskoleförordningens examensordning samt i den lokala examensordningen för Linnéuniversitetet kan studenten ansöka om examen.

De som fullföljt Fysik, masterprogram kan erhålla följande examen:

Filosofie masterexamen

Huvudområde: Fysik

Degree of Master of Science (120 credits)

Main field of study: Physics

Examensbeviset är tvåspråkigt (svenska/engelska). Tillsammans med examensbeviset följer Diploma Supplement (engelska).