

## KTH Fysik

### Studieplan för forskarutbildning i Fysik och Teoretisk fysik

#### Syfte

Forskarutbildningen i ~~fysik och teoretisk fysik~~ har till syfte att ge en allmänt fördjupad kunskap i några av fysikens olika grenar samt en ytterligare fördjupad kunskap i något av de delområden av fysiken, som finns representerade vid fysiska institutionen. Utbildningen skall vidare ge god färdighet i forskning i något av fysikens delområden samt kunskap om vetenskaplig metodik och arbetsteknik. Forskarutbildningen skall också ge förmåga att strukturera och lösa komplexa uppgifter liksom att självständigt redovisa resultat, såväl skriftligt som muntligt.

#### Ämnesbeskrivningar

##### Fysik

*Atom- och molekylfysik:* Experimentell och teoretisk forskning inom detta fält, som är ett grundläggande ämnesområde inom fysiken med viktiga tvärvetenskapliga och tekniska tillämpningar. Sålunda används atom- och molekylfysikens avancerade experimentella metoder inom t ex astrofysik, fusionsforskning, medicinsk fysik och fysikalisk kemi. Forskningen bedrivs i internationellt samarbete och sker i stor utsträckning med tung utrustning vid olika nationella och internationella forskningscentra. Hemmaverksamheten domineras av femtokemi, dvs studier av ultrasnabba processer med ett femtosekunds-lasersystem.

*Biomedicinsk fysik och röntgenfysik:* Huvudsakligen experimentell forskning inom tillämpad fysik, ofta syftande till utveckling av biomedicinskt relevant instrumentering. Utveckling av nya typer av röntgenkällor och röntgenoptik. Användning av röntgenmetoder för bl a mikroskopi, materialvetenskap och materialfysik. Konfokal mikroskopi. Nya optiska och akustiska metoder för biomedicinska tillämpningar.

*Elementarpartikelfysik:* Experimentell forskning om materiens minsta beståndsdelar och deras växelverknings. Forskningen bedrivs i internationellt samarbete vid CERN i Geneve. Experimentell forskning inom gränsområdet mellan astrofysik och elementarpartikelfysik, särskilt studier av kosmiska sondpartiklar såsom fotoner och olika slags antipartiklar. Forskningen bedrivs i internationellt samarbete utnyttjande utrustning som sänds upp med satelliter och ballonger. Forskning inom instrumentering och bildbehandling, särskilt medicinsk röntgenteknik och neurala nätverk.

*Kondenserade materiens fysik:* Teoretiska och experimentella studier av nya och viktiga material, t ex högttemperatursupraleutare, ferroelektriska material (för datalagring), ferromagnetiska material, amorfa (metallglas) eller nano-kristallina och metalliska material samt transparenta metalliska skikt. Ämnet innehåller grundläggande teori, utveckling av nya experimentella metoder och nya instrument, metoder för klassificering av material samt design och konstruktion av bl a nya typer av massminnen. Avdelningen förfogar över olika typer av unik utrustning för forskningen.

*Kärnfysik:* Teoretisk och experimentell forskning om atomkärnans struktur och den starka växelverkan som håller samman atomkärnan. Den experimentella forskningen bedrivs i internationella samarbetsprojekt, utnyttjande stora gamma- och partikeldetektorsystem. Utveckling av nya detektorer. Tillämpad forskning inom medicin och elektronik utnyttjande kärnfysikalisk teknik.

*Reaktorfysik:* Forskning om kärnreaktorers funktion och säkerhet. Simulering av stora kärnenergisystem. Forskning om acceleratordrivna spallationssystem för omvandling av långlivade isotoper i utbränt kärnbränsle. Forskarutbildning i nära samarbete med USA och Frankrike.

*Laserfysik och kvantoptik:* Grundläggande forskning i växelverkan mellan ljus och materia i form av atomer, molekyler och fasta strukturer. Laserns användning i icke-linjär spektroskopi samt vid studier av tidsberoende kvantfenomen. Laserns fysikaliska grundprinciper samt kvanteffekter då lasern fungerar som oscillator och förstärkare. Kvantfenomen hos den optiska strålningen, och

dess inverkan på lagring och bearbetning av kvantmekanisk information. Atomers kvantiserade rörelse under ljusets inverkan.

*Materialfysik:* Grundläggande forskning avseende elektroniska och strukturella egenskaper hos material. Speciellt studeras de fysikaliska fenomen som uppstår i gränsskikt mellan olika material, i tunna filmer och i ytor. Forskningen har anknytning till viktiga teknikområden som katalys, korrosion, halvledarteknik och tunnfilmsyntes.

*Medicinsk teknik:* Forskning rörande tekniska och fysikaliska metoder inom sjukvård och medicinsk forskning i nära samarbete mellan medicinare, fysiker och tekniker. ämnet är utpräglat multidisciplinärt och resultat från nästan alla fysikaliska och tekniska discipliner utnyttjas. För en framgångsrik aktivitet krävs en god förståelse för människans biologi och fysiologi, medicinarens arbetsmetoder samt fysikaliska principer. Blivande doktorander måste ha läst 7E1101, Medicinsk teknik, grundkurs, 4p eller motsvarande.

*Nanostrukturfysik:* Huvudsakligen elektroniska transportegenskaper hos nanostrukturer. Mesoskopiska fenomen och kvantfenomen som uppträder i strukturer något större än atomer, men mindre än dem hos bulkmaterial. Elektronstrullitografi används för tillverkning och lågtemperaturutrustning för mätning av strukturer. Fabrikation och experimentell undersökning av nanostrukturer och modellbeskrivning av mätresultaten.

*Optik:* Inom fysiken är optiken ett område för mångsidig aktuell grundforskning. Inom industrin har den moderna optiken blivit en nyckelteknologi. På institutionen bedrivs både grundläggande och tillämpningsmotiverad forskning, den senare delvis i samarbete med industriföretag och institut. Huvudarbetsområden för institutionen är icke-linjär optik och nya lasrar, halvledaroptik och femtosekundsoptik, elektromagnetisk optik, koherens samt visuell optik.

## **Teoretisk fysik**

*Elementarpartikelteori:* Forskningen inom elementarpartikelteori har som mål att finna en enhetlig beskrivning av materiens innersta struktur. Både fenomenologiska metoder och avancerade fältteoretiska beräkningar används för att beskriva elementarpartiklarnas egenskaper och olika slags växelverkningar, vilka man i framtiden hoppas kunna förena till en enhetlig teori. På senare tid har denna forskning nära anknutits till astrofysik och kosmologi.

*Kondenserade materiens teori:* Utveckling och tillämpning av grundläggande teorier för kondenserad materia, särskilt gränsområdet mot modern statistisk fysik, inkluderande studiet av fasövergångar, kritiska fenomen och starkt korrelerade system. Forskningen syftar till att ge grundläggande förståelse för komplicerade fenomen. Idealiserade modeller studeras dels med avancerad matematisk analys, dels med datorsimuleringar. Anknytning till experiment och möjliga tekniska tillämpningar är viktig.

*Matematisk fysik:* Teoretisk forskning om materiens minsta beståndsdelar och deras växelverkningar. Matematiska problem i konstruktion av kvantfältteori-modeller för ovanstående ändamål. Forskningen inom detta område har nära anknytning till aktuell forskning i matematik, särskilt till differentialgeometri, topologi och grupp-teori och vi har därför internationella kontakter med forskningsgrupper både inom matematiska och fysikaliska institutioner.

*Materialteori:* Teoretisk forskning om materials egenskaper, särskilt i nära anslutning till experimentell information. Ämnet är oerhört brett med avseende på såväl materialslag som egenskaper. Det omfattar bl a metaller och legeringar, halvledare och keramer, och deras elektriska, magnetiska, termiska och mekaniska egenskaper. Ett forskarutbildningsprojekt avser en relativt stark specialisering inom något eller några av dessa områden. Ofta ingår omfattande numeriska beräkningar.

*Teoretisk biofysik:* Kan ses som en tillämpning av teoretiska fysikens metoder för att beskriva biologiska förlopp på molekylär nivå. Speciellt ligger tonvikten på statistiska mekaniken. Forskningen innebär analys av frågeställningar och utveckling av matematiska modeller inom molekylär- och cellbiologi. Det kan ses som ett tvärvetenskapligt forskningsområde där man från fysikalisk, kemisk och biologisk utgångspunkt söker förstå de processer som ligger till grund för allt liv.

## **Ansökan till forskarutbildning**

Ansökan om antagning till forskarutbildning görs på särskild blankett. Till ansökan fogas kopia av akademiska utbildningsbevis. Prefekten beslutar om antagning. Den som är intresserad av

forskarutbildning tar lämpligen kontakt med en av institutionens ämnesföreträdare innan ansökan inges. Vid beslutet om antagning utses en huvudhandledare, vanligtvis en av institutionens ämnesföreträdare samt normalt också övriga handledare.

## Allmän och särskild behörighet

Som allmän behörighet till forskarutbildning gäller genomgången högskoleutbildning om minst 120 poäng.

Som särskild behörighet för antagning till forskarutbildning i fysik och ~~teoretisk fysik~~ vid KTH gäller att den sökande skall ha avlagt civilingenjörsexamen inom programmet för teknisk fysik eller förvärvat motsvarande kunskaper på annat sätt.

## Rekommendation

Den studerande rekommenderas att bland de kurser som kan väljas fritt i de högre årskurserna välja sådana med anknytning till inriktningen av forskarutbildningen.

## Utbildningens uppläggning - allmänt

Forskarutbildning i fysik och ~~teoretisk fysik~~ bedrivs normalt i någon av nedanstående inriktningar.

### Fysik

Atom- och molekylfysik, biomedicinsk fysik och röntgenfysik, elementarpartikelfysik, materialfysik, medicinsk teknik nanostrukturphysik, kondenserade materiens fysik, kärn- och reaktorphysik, laserfysik och kvantoptik samt optik.

### Teoretisk fysik

Elementarpartikelteori, matematisk fysik, materialteori, kondenserade materiens teori samt teoretisk biofysik.

I särskilda fall kan även andra inriktningar förekomma.

I avhandlingsarbetet handleds den studerande av huvudhandledaren, som har ansvaret för utbildningen, samt av en eller flera andra handledare. Handledare utses i samband med antagningen. Kursutbudet för forskarutbildningen vid institutionen förtecknas separat.

## Fordringar för doktorsexamen

Utbildningen omfattar en kursdel om minst 40 poäng (fysik) ~~respektive 50-75 poäng (teoretisk fysik)~~ samt en avhandlingsdel. Den sammanlagda studietiden motsvarar fyra års studier på heltid (160 poäng). Kursdelen bestäms för varje studerande individuellt och specificeras i en individuell studieplan som i samråd med den studerande ställs samman av huvudhandledaren. Den studerande försvarar avhandlingen vid en offentlig disputation. Avhandlingen bedöms av en delfakulteten för DEF utsedd betygsnämnd.

## Utbildningens uppläggning - kursdel

För varje ämnesinriktning finns en kursdel som är obligatorisk och en som är valfri. De obligatoriska anges nedan, medan de valfria väljs i samråd med huvudhandledaren bland de olika kurser som finns förtecknade i kursbilagan. Även andra kurser kan förekomma, t ex kurser vid andra lärosäten, kurser inom forskarskolor eller sk sommarkurser. I särskilda fall kan en annan uppläggning av kurserna göras. I kursdelen kan högst hälften vara från grundutbildningskurser. Kursdelen specificeras för varje studerande i den individuella studieplanen.

## Obligatoriska kurser

### Fysik

*Atom- och molekylfysik:*

- 5A5450 Atom- och laserfysik 10p

*Biomedicinsk fysik och röntgenfysik:*

- 10p grundläggande fysik, t ex någon av följande kurser
- 5A1506 Optik, eller motsvarande
- 2H1255 Elektromagnetisk vågutbredning, eller motsvarande
- 2H1250 Elektromagnetisk fältteori, eller motsvarande
- 5A1350 Statistisk mekanik, eller motsvarande
- 5A1332 Kvantmekanik, eller motsvarande

*Elementarpartikelfysik:*

- 5A5412 Partikelfysik 2, 4p
- 5A5410 Astropartikelfysik1, 4p
- 5A5431 Experimentell teknik 1, 4p
- 5A5433 Experimentell teknik 3, 4p

*Kondenserade materiens fysik:*

- 5A5333 Kvantmekanik, 8p
- 5A5394 Teori för fasta tillståndets fysik, 15p
- 5A1715 Experimentell materialfysik, 8p

*Kärn- och reaktorfysik:*

- 5A5420 Experimentell kärnfysik, 8p
- 5A5421 Experimentell kärnfysik fk1, 5p
- 5A5306 Teoretisk kärnfysik, 3p (experimentell inriktning)
- 5A5306 Teoretisk kärnfysik, 5p
- 5A5307 Teoretisk kärnfysik fk 1, 5p
- 5A5308 Teoretisk kärnfysik fk 2, 8p (teoretisk inriktning)

*Laserfysik och kvantoptik:*

- 5A1329 Kvantfysik, fördjupningskurs, 5p
- 5A1450 Kvantfysik, 8p
- 5A1800 Laserfysik I, 4p (eller motsvarande kunskaper)

*Medicinsk teknik:*

- Människans fysiologi, 20p, KI, MFYH1 - alternativt Humanfysiologi, 10p, SU
- Quality and Regulatory aspects for medical devices. (CORTECH, 4p)  
Ur följande kurser måste minst 10 p väljas:
- 5A1355 Molekylär biofysik, 8 p
- 5A1362 Miljöfysik, 4 p
- 5A1405 Experimentell partikelfysik, 4 p
- 5A1414 Strålningsdetektorer och medicinska bildgivande system, 5 p
- 5A1416 Strålkällor för strålterapi, 2 p
- 5A1580 Biomedicinsk bildfysik, 4 p
- 5A1581 Biomedicinsk bildfysik, projekt, 2 p
- 7E1112 Implantat och biomaterial 4 p
- 7E1113 Medicinsk mätteknik och signalbehandling 4 p
- 7E1114 Strålterapeutisk fysik och biologi 4 p
- 7E1115 Teknik i intensivvård och anestesi 4 p

*Nanostrukturfysik:*

- 5A1332 Kvantmekanik, 5p
- 5A1350 Statistisk mekanik, 4p
- 2H1250 Elektrodynamik, 5p
- 5A5373 Kondenserade materiens teori, 5p

*Materialfysik:*

- 5A5384 Kvantmekanik för kondenserad materia I, 3p
- 5A5385 Kvantmekanik för kondenserad materia II, 4p
- 5A5373 Kondenserade materiens teori, allmän kurs, 5p
- 5A5379 Kondenserade materiens teori, fortsättningskurs, 6p

#### Optik:

- 5A5500 Optik, baskurs för forskare, 7p

### **Teoretisk fysik**

Inom Teoretisk fysik omfattar kursdelen 50-75 poäng. Det lägre poängtalet förutsätter att den studerande i grundutbildningen har valt en studieinriktning mot fysik, som samtidigt ger tillräckliga förkunskaper för forskningsspecialiseringen. I annat fall måste komplettering ske, upp till högst 75 poäng. Oavsett forskningspecialisering skall den forskarutbildade under sin studietid ha läst ett antal kurser av allmän karaktär, som tar upp centrala delar av den teoretiska fysiken. För doktorer avses här följande kurser, eller kurser av jämförbart slag. (En del av dem kan ha lästs redan i grundutbildningen).

- 5A5330 Kvantmekanik fk, 8p
- 5A1350 Statistisk mekanik, 4p
- 5A5203 Statistisk mekanik för icke-jämviktsystem, 5p
- 5A5337 Relativitetsteori, 4p
- 5A5373 Fasta tillståndets teori, 5p
- 5A5316 Elementarpartikelfysik, 5p
- 5A5300 Fysikens historia och kunskapsteori, 3p

#### Elementarpartikelteori:

- 5A5317 Elementarpartikelfysik och kvantfältteori, 7-10p
- 5A5328 Kvantfältteori och kvantelektrodynamik, 7p
- 5A5324 Grupp- och algebrateori, 5p
- 5A5319 Fenomenologi för elementarpartikelfysik, 8p
- 5A5410 Astropartikelfysik, 4p

#### Kondenserade materiens teori:

- 5A5333 Kvantmekanik, 8p
- 5A5394 Teori för fasta tillståndets fysik, 15p
- 5A5334 Statistisk fysik, 6p
- 5A5396 Diagrammetoder i fasta tillståndets fysik, 4p

#### Matematisk fysik:

- 5A5336 Reell och komplex analys, 10p
- 5A5320 Funktionalanalys, 10p
- 5A5325 Grupp- och algebrateori, 6p
- 5A5348 Statistiska mekanikens matematiska struktur, 5p
- 5A5327 Klassiska dynamiska system, 5p
- 5A5328 Kvantfältsteori och kvantelektrodynamik, 7p

#### Materialteori:

P g a ämnets stora bredd kan läskurserna variera avsevärt mellan olika studerande. Det förutsätts dock att doktorsexamen innehåller en större baskurs i kondenserade materiens teori samt kurser i statistisk fysik och att den studerande har goda kunskaper i kvantmekanik.

#### Teoretisk biofysik:

- 3B5260 Molekylär biofysik, 10p
- 5A5354 Teori för makromolekylers konformationer, 6p
- 5A5352 Komplexa system, 5p
- 5A1354 Beräkningsfysik, 5p

## Avhandling

Den vetenskapliga undersökningen inom specialområdet skall redovisas i en doktorsavhandling som försvaras vid en offentlig disputation. Avhandlingen kan utformas antingen som en monografi (det gängse internationella förfarandet) eller som en sammanläggningsavhandling av separata, vanligen i tidskrifter, publicerade artiklar. I det senare fallet skall den studerande självständigt skriva en sammanfattning. Av sammanfattningen skall vidare klart framgå den studerandes bidrag till de enskilda artiklarna, om de har fler än en författare.

## Teknologie licentiatexamen

Den studerande avlägger normalt först en teknisk licentiatexamen. Studietiden för denna är två år (80 poäng) och kursfordringarna uppgår till minst 20 poäng (fysik), ~~respektive 30-40 poäng (teoretisk fysik)~~. Licentiatavhandlingen har motsvarande mindre omfattning och försvaras vid ett licentiatseminarium.

Juni 1999

© 2004 by Department of Physics, Royal Institute of Technology (KTH), Stockholm, Sweden. All rights reserved. Printed in Sweden.



webmaster @ physics.kth.se

Jan 18, 2004