

Göteborg 1999-01-11

Till LFK

Förslag till fortsättning inom Bioteknisk Fysik

Här följer ett förslag på hur teknologerna kan gå vidare i högre årskurser inom ämnesområdet.

HUR TEKNOLOGEN GÅR VIDARE I HÖGRE ÅRSKURSER

Vi hoppas med inriktningskursen i Bioteknisk Fysik att väcka teknologernas intresse för hela området Biologisk Fysik. Tanken är sedan att kanalisera detta intresse i det valfria blocket för att där ge möjligheter till att tränga ännu djupare och till slut genom examensarbetet verkligen göra ett eget viktigt bidrag till området som sådant. Det finns i dagsläget ett antal väl utarbetade förslag på hur ett fjärde år kan se ut:

1. Mastersprogram i Nanofysik, inriktningen mot Biologisk Fysik
2. Ett nytt fjärde år - gemensamt med Göteborgs Universitet
3. Mastersprogram i Komplexa Adaptiva System
4. Fritt val (se förteckningen nedan)

Ett antal kurser delas mellan de olika inriktningarna och alla kurser som ingår kan också läsas som valfria.

Biologisk Fysik

Under denna rubrik tar vi upp punkterna 1 och 2 ovan. Punkten 3 redovisas längre ner.

Det fjärde år vi ger exempel på nedan bör innehålla ett antal strukturella inslag som bidrar till en hög kvalitet på kurser och studierna:

1. betoning på arbete i projekt- och gruppform liksom utvecklandet av kommunikation och social kompetens.

2. möjlighet till hemvist i en forskningsgrupp.
3. träning i kritiskt tänkande och forskningsmetodik.
4. kurser i stora block för att undvika fragmentarisering. Med nödvändighet kommer då innehållet att komma från flera håll och utvecklas i någon form av lärarlag med deltagare både från fysik, radiofysik, biokemi och biofysik samt medicin/biologi.
5. samordning av resurser mellan teknisk fysik, fysikerutbildningen, doktorandkurser, mastersprogrammen och forskarutbildning i materialvetenskap, biomaterialgrenen likväl som med bio- och medicinska institutioner vid Göteborgs Universitet inkluderande biokemi och biofysik samt radiofysik.
6. tillgång till internationella kontakter på området. Finns redan med Imperial College (London), ETH (Zürich), University of Pennsylvania (Philadelphia) och Indian Institute of Technology (Mumbai).
7. inriktning som betonar och stärker teknologernas redan goda kunskaper i fysik och matematik. De måste kunna möta på sitt sätt lika kvalificerade studenter inom biologi och medicin.

Som tidigare är det *Modellbyggande, Experimentell metodik och Kommunikation* som står i centrum för en inriktning mot Biologisk Fysik. Kommunikationsaspekten vävs in i de olika kursmomenten i stället för att vara ett separat moment. Vårt förslag motsvarar en inriktning under det fjärde läsåret med avslutande examensarbete. Vårt förslag är också flexibelt nog att man kan tänka sig att det är gemensamt med naturvetarprogrammet med inriktning mot fysik på Göteborgs Universitet. Ty inom kurserna finns stora utrymmen för individens egna intressen och val, varför det bör passa både civilingenjörs- och fysikerstuderanden.

Följande kurser och moment föreslås ingå:

• Levande Tillståndets Fysik (10p)

Detta är en kurs som med utgångspunkt från fasta tillståndets fysik rör sig in i det område som den biologiska världen utgör. Det är en allmän introduktion till hela området som ger deltagarna en god fysikalisk grund för att själva gå vidare med fysikaliska problemställningar som finner sina tillämpningsexempel också i den biologiska världen eller biofysikaliska problemställningar där studiet av den biologiska världen med fysikaliska metoder är ett viktigt tema.

Hela kursen kommer att utvecklas och genomföras som ett samarbete mellan Peter Apell (levande tillståndets fysik), Örjan Hansson (biokemi och biofysik), Mats Jonson (kondenserade materiens teori), Peter Jagers (biostatistik) och Bengt Kasemo (kemisk fysik). Kursen är gemensam med mastersprogrammet i Nanofysik.

• **Experimentella metoder i biologisk fysik (10p)**

Den biologiska fysiken omfattar system från enkla molekyler till komplexa organ(ismer), med fysisk utsträckning från några nanometer till meter, där processer som omsätter energier från nanoelektronvolt till elektronvolt äger rum under tider från femtosekunder till sekunder. På samma sätt innehåller kursen i experimentella metoder exempel på hur mätningar kan ge information i olika skalor avseende rum, energi och tid.

Kursen utvecklas som ett samarbete mellan Maj Hanson (fasta tillståndets fysik), Eva Forssell Aronsson (radiofysik), Örjan Hansson (biokemi och biofysik) och Bengt Kasemo (kemisk fysik).

• **Beräkningsbiologi (10p)**

Beräkningsbiologi är det systematiska utvecklandet och tillämpandet av datorsystem och beräkningslösningstekniker på modeller av biologiska fenomen.

A: att modellera biologiska system (5p)

Kursen har en inriktning mot biologiska *system*, snarare än detaljstudier på molekylär nivå, som kommer i del B, och hur dessa kan studeras genom modellering och datorsimulering. En förståelse av detta slag kommer att vara väsentlig för att ta det stora steget mellan genomsekvenser och funktionen hos celler och organismer, och kommer att på längre sikt vara nödvändig för bioteknologiska tillämpningar.

Kursen utvecklas och ges som ett samarbete mellan Mats Nordahl och Kristian Lindgren (fysisk resursteori) samt Göran Wahnström (material och ytfysik). Den ges också inom mastersprogrammet Komplexa Adaptiva System.

B: biofysikalisk informatik (5p)

Kursen kompletterar Beräkningsbiologi A genom en inriktning mot grunderna i bioinformatik med specialisering mot molekylär biologi. Den ger en grundläggande förståelse för lagring, sökning, prediktion och analys av information från molekylärbiologiska experiment, och insikter i de biologiska frågeställningar som ligger till grund för området. Modellering av biologiska system på molekylär nivå kommer att betonas.

Kurserna ovan hålls samman av ett gemensamt modellsystem som framställs och undersöks i den experimentella delen, räknas på och modelleras i beräkningsbiologin och vars grundläggande parametrar diskuteras i levande tillståndets fysik.

Det är viktigt att det även inom en inriktning finns ett visst mått av valfrihet för att studenten själv skall kunna skapa sig en profil efter tycke och intresse. Det möjliggör också till en extra fördjupning inför magisteruppsatsen. Här finns det en uppsjö av kurser redan och fler blir det inom området både inom fysiksektionen och på annat håll inom och utom fakulteten. Teknologerna bör här få hjälp med sitt val av forskare och lärare för att kunna utforma en inriktning med ett bra djup. Några exempel på kurser är:

Atomic and Molecular Spectroscopy FFY290	3
Electron Micr. and Microanalysis FFY040	4
Materials Theory FTF100/105	2+2
Liquid crystals FFY070	2.5
Condensed matter physics FKA090	4
Surface physics FTF080	3
Het. catalysis and other surf. react. FTF090	3
Mesoscopic physics of soft matter FTF070	3
Nanoscale science and technology FKA130	4
Applied Quantum Physics FTF120	3
Symmetry analysis FFY350	2.5
Biomaterials and biophysics at surf. FKA125	4
Applications of Physics in Chemistry, Biology, Medicine and Technology FTF010	3
Physics of Computing FKA135	3
Computational Physics FY4190	5
Artificial neural networks FFM380	3.5
Chaos and dynamical systems FFM370	3
Complex systems theory FFR 050	3
Evolutionary computation KAS*	5
Autonomous agents KAS	5
Modeling and simul. complex systems KAS	5
Elementary Radiation Physics, RF3100	40:
Elementary atomic and nuclear physics	10
Interaction of ionizing rad. with matter	5
Radiation det. and measurement methods	5
Radiation dosimetry	10
Environmental radiology and radiobiology	5
Radiation protection	5
Clinical Radiation Physics, RF8000	20:
Non-ionizing radiation	5
X-ray physics	5
Nuclear medical physics	5
Physics of radiation therapy	5
Bioelectronics - see FKA060/070	5
Medical Electronics ETI010	2+2.5
Biological effects of e-m fields EMI130	3
Biomechanics and injury prevention	3.3
Biophysical Chemistry KFK020	4
Physical Chemistry	3
Structural Biochemistry KBB055	6
Biophysics KBB060	3

Molecular Biotechnology KBB070	5
Biochemistry KBB021	2
Biochemistry (Göteborg University)	10
Biochemistry (Chalmers) KBB031	6
Organic Chemistry KOK050	3
Headship - leadership XFU010	3
Group psychology UPI010	5

* KAS = Komplexa Adaptiva System

• Examensarbete (20p)

Läggs med fördel inom ett område som studenten har fått insikt och intresse i under året. Kan också vara ett traditionellt arbete i fysik där man tar biologiska system som exempel.

Alla kurserna är tematiska i sitt upplägg varmed olika institutioner kommer att gå in med sin kompetens. Mycket av arbetet utförs i projektform och stor vikt fästs vid språklig och skriftlig kommunikation av uppnådda resultat som är en integrerad del i alla kursmoment. Ett kritiskt tänkande, reflektion, systemaspekter, forskningsmetodik och (industriell) omvärldsrelevans tas också upp på ett systematiskt sätt.

Komplexa Adaptiva System

Komplexa system i naturen har inspirerat ett antal nya metoder för informationsbehandling: artificiella neuronät efterliknar neurobiologi; genetiska algoritmer och genetisk programmering är baserade på evolutionära processer i naturen; designen av autonoma robotar och mjukvaruagenter kan baseras på biologiska beteenden. Samtidigt kan datorn vara ett verktyg för att förstå komplexa system i biologin och andra områden — biologiska system som hjärnan, immunförsvaret, eller miljontals gener i en cell kräver matematisk modellering och datorsimuleringar för att analysera deras funktion; samhällsliga system som valutamarknader eller trafiken i en storstad kan också studeras genom simuleringar av system bestående av många adaptiva agenter.

Möjligheten till storskaliga simuleringar på kraftfulla datorer har gjort det möjligt att börja förstå komplexa system av samverkande adaptiva agenter exempelvis inom biologi, ekonomi och datalogi. Mastersprogrammet i Komplexa Adaptiva System kombinerar nya metoder inom datalogin, som artificiella neuronät, genetiska algoritmer, och autonoma agenter, med simuleringar och teori för komplexa system inom dessa och andra områden. Programmet kommer också att innehålla kurser i för området fundamentala ämnen som t ex icke-linjära dynamiska system och informationsteori.

Det tar exempelvis upp tillämpningar inom teoretisk biologi och bioinformatik (computational biology). En viktig del av detta är att kunna använda datorn som ett verktyg för att analysera biologisk information på molekylär nivå. Moderna experiment producerar enorma

mängder genetisk sekvensinformation, som kräver kraftfulla datorer och nya algoritmer för att kunna utnyttjas. De senaste åren har det uppstått ett mycket stort intresse för bioinformatik inom läkemedelsindustrin, och internationellt återfinns nu merparten akademiska pionjärer inom området inom industrin.

Detta gränsområde mellan biologi, datalogi och fysik är ett viktigt område för Chalmers i framtiden. För att förstå biologisk funktion exempelvis hos en cell, krävs inte bara genomsekvenser, utan också en förståelse för beteendet hos det komplexa system som en cell utgör. Det är därför viktigt att programmet betonar teori och simuleringar för komplexa system, och speciellt egenskaper och metoder som är gemensamma för komplexa system inom olika områden.

Programmet kommer i hög grad att baseras på projektarbete och problembaserad inläring. Området lämpar sig ovanligt väl för detta, eftersom det är ett mycket ungt forskningsområde, och projekten kan ha nära anknytning till aktuell forskning.

Nedan följer en sammanställning av existerande och planerade kurser som kommer att utnyttjas för programmet. Med ett undantag är kurserna också teknologkurser, vilket ger ett högre deltagarantal och bättre ekonomiska förutsättningar för programmet på längre sikt.

Merparten ingående kurser kommer att innehålla större moment av projektarbete i grupp. En seminariekurs avsedd enbart för Mastersprogrammets studenter kommer att löpa under hela det första läsåret, och skall ge tillfälle till regelbundna tillfällen till muntlig presentation av egna arbeten och projekt.

Artificial neural networks (Artificiella neuronät) 5 p

Kursen finns redan som valfri kurs för F och D, och var 1996/97 den populäraste helt valfria kursen vid sektion F med cirka 70 deltagare. De deltagande studenterna har kommit inte bara från F och D, utan också E, M, Z, Kf, GU, industriell ekonomi, doktorander t ex från mikrovågsteknik och personskadeprevention, och industrideltagare exempelvis från Ericsson. Kursen ger en grundläggande förståelse för de viktigaste neuronätsalgoritmerna som används i lärande och adaptiva system, och behandlar mönsterigenkänning, klassificering och prediktion med tillämpningar exempelvis inom bildbehandling, tidsserieförutsägelse och kontroll av autonoma robotar.

Självständigt arbete med mindre projekt, där studenterna implementerar olika neuronätsalgoritmer och använder sina program i enkla tillämpningar är en viktig del av kursen. Studenterna har ofta visat en imponerande kreativitet — ett par exempel på projekt är en väl fungerande lärande handskriftsigenkännare, och ett system som använder sig av förutsägelsealgoritmer för musikalisk komposition.

Kurslitteratur: John Hertz, Anders Krogh, Richard Palmer, Introduction to neural computation, Addison-Wesley, 1991. S. Haykin, Neural networks: A comprehensive foundation, Macmillan, 1994. Artiklar ur forskningslitteraturen.

Evolutionary computation 5 p

Kursen skall ge grunderna i nya datalogiska problemlösningsmetoder inspirerade av evolutionära processer i naturen, som genetiska algoritmer, genetisk programmering, och artificial life. Dessa är både relevanta för tekniska tillämpningar, exempelvis inom optimering och design av autonoma system, för att förstå system av många växelverkande agenter inom teknik och samhälle, och för att förstå biologiska system, t ex genom simulering av evolutionära processer.

Kursen lämpar sig väl för ett större inslag av mjukvaruprojekt i mindre grupper. Stora delar av kursen har tidigare getts som doktorandkurser/studiecirkel vid teoretisk fysik.

Kurslitteratur: Melanie Mitchell, Introduction to genetic algorithms, MIT Press, 1996. Wolfgang Banzhaf, Peter Nordin, Robert E. Keller, Frank D. Francone, Genetic Programming - An Introduction, Morgan Kaufmann, 1997. Artiklar ur forskningslitteraturen.

Autonomous agents 5 p

Kursen syftar till att ge studenterna en förståelse för designprinciper för autonoma system, både robotar och mjukvaruagenter, och skall också ge studenterna tillfälle att själva bygga en enkel autonom robot.

Kursen kommer att innehålla ett mycket stort inslag av projekt, där deltagarna bygger enklare robotar som tävlar om att lösa en uppgift. Detta ger tillfälle att i en grupp samarbeta om att lösa en kreativ konstruktionsuppgift. Kurser av detta slag finns på ett antal universitet runt om i världen, inspirerade av MITs klassiska kurs 6.270 som först undervisades 1989 (se <http://web.mit.edu/6.270/www/home.html>), och brukar väcka mycket stor entusiasm bland studenterna.

I Sverige har detta provats vid KTH och Högskolan i Halmstad. Den kurs som vi föreslår här vid Chalmers kommer att tydligt skilja sig från dessa genom att inte enbart vara en konstruktionstävling, utan också innehålla en större del av teori och principer för autonoma system, och speciellt ta upp analogier med biologiska system – detta för att ge studenterna kunskaper med värde på längre sikt som inte är bundna till specifik teknologi. Kursen bör exempelvis ta upp momenten:

- mjukvaruagenter och samverkan mellan dessa; tillämpningar inom informationsinhämtning och gallring, underhållningstillämpningar.
- teknologi för autonoma robotar
- paradigmer för autonoma system – subsumption architecture, neuronnät, etc

- biologiska analogier från beteendekologi
- samarbete i grupper; kollektiv problemlösning
- uppkomst av språk och kommunikation

Kurslitteratur: Exempelvis D. McFarland och T. Bösser, Intelligent Behavior in Animals and Robots, MIT Press, 1993. Artiklar ur forskninglitteraturen.

Computational biology A och B: 5+5p (presenterades ovan)

Chaos and dynamical systems (FFM370) 3 p

Existerande valfri kurs för F och Kf, som behandlar grunderna i icke-linjära dynamiska system, och tar upp tillämpningar som förutsägelse av tidsserier, kontroll av kaotiska system, och fraktala strukturer i fysikaliska system. Kursen består både av matematiska grunder och datorsimuleringar av kaotiska system, där visualisering är en viktig komponent.

Kursen ger en väsentlig teoretisk grund för tillämpningar inom modellering av komplexa system från biologi, fysik och ekonomi.

Kurslitteratur: Robert L. Devaney, An introduction to chaotic dynamical systems, Addison-Wesley, 1989. Edward Ott, Chaos in Dynamical Systems, Cambridge University Press, 1993.

Information theory for complex systems (FFR050) 3 p

Existerande valfri kurs för F, som introducerar metoder och tar upp tillämpningar av informationsteori inom områden som statistisk mekanik, icke-linjära dynamiska system, bioinformatik, och fysikalisk kemi. Metoderna kan speciellt användas för analys av symbolsekvenser, exempelvis genomsekvenser eller texter, eller för att studera uppkomsten av rumsliga mönster i kemiska och biologiska system.

Kurslitteratur: Kristian Lindgren, Information theory for complex systems och artiklar ur forskningslitteraturen.

Complex systems seminar 4 p

Speciellt för deltagarna i Mastersprogrammet skall finnas en seminariekurs som löper under hela första året. Denna är den enda kurs ges enbart för Mastersprogrammets studenter, och består av seminarier där inbjudna forskare presenterar sitt arbete, diskussion av valda artiklar inom området, och presentationer av studenternas egna projekt.

Kursen skall ge studenterna övning i muntlig och skriftlig presentation, och möjlighet att sätta sig in i och diskutera andra studenters arbete. Ett mindre projekt där studenterna fördjupar sig i något fritt valt delområde kommer också att ingå.

Modelling and simulating complex systems 5 p

Kursen syftar till att ge studenterna en introduktion till verktyg och tekniker för att modellera och simulera till verktyg och tekniker för att modellera och simulera komplexa system, speciellt system där många människors beteende är relevant.

Speciellt bör kursen behandla:

- spelteori för modellering av växelverkan mellan individer eller agenter i biologi, ekonomi och datalogi
- enkla modeller av mänskligt beteende och inlärning, adaptiva agenter baserade t ex på neuronnät
- problemlösning i system av samverkande agenter
- enkla modelleringstekniker för dynamiska system med rumslig utsträckning — cellulära automater och kopplade avbildningar
- visualisering av simuleringar, virtual reality
- simulering av komplexa tekniska system, industriella tillämpningar
- paralleldatoranvändning

Några tillämpningar som bör tas upp är exempelvis storskaliga simuleringar av trafiksystem (TransSimsprojektet vid Los Alamos); simuleringar och förutsägelse av ekonomiska system, speciellt med adaptiva agenter; och modeller av Internetanvändning. Inbjudna föreläsare bör ta upp simuleringar av komplexa system i industriella tillämpningar.

Kursen skall innehålla ett större modellerings- och simuleringsprojekt där studenterna själva bygger modeller av komplexa system och simulerar dessa.

Examensarbete 20 p

Den tredje terminen av Mastersprogrammet ägnas åt ett examensarbete om 20 poäng. Även under examensarbetet skall samarbete och kontinuerliga kontakter och presentationer för andra Mastersstudenter förekomma i organiserad form. Examensarbetet utförs med fördel i grupper om två studenter. En gemensam lokal för examensarbetare inom komplexa system med tillgång till datorer bör finnas. Examensarbetet skall också kunna göras i industrin i samarbete med Chalmers.

Höga krav bör ställas på examensarbetets innehåll och skriftliga presentation, så att det verkligen håller internationell standard. Eftersom detta är ett ungt vetenskapligt område är det inte orimligt att kräva att merparten av examensarbeten bör resultera i någon form av vetenskaplig publikation, som en konferensrapport.

Andra kurser vid Chalmers som skulle vara lämpliga som valfria kurser för Mastersprogrammet är exempelvis:

TIN090 Algoritmer

TIN130 Datorgrafik

TMA710 Markovteori TM

TDA320 Algoritmer för inlärning och slutledning

FKA120 Computational physics

KBB060 Biofysik

KMG020 Biologi Kb1