

S. PETER APELL  
apell@fy.chalmers.se  
PHONE: SWE-31-7723187  
FAX: SWE-31-7728426

Göteborg 1999-01-11

Till LFK

### Förslag till inriktningskurs i Bioteknisk Fysik

Här följer ett förslag på en inriktningskurs (3p) i första och andra året på Teknisk Fysik inom området *Biologisk Fysik*, eller vad vi mer ingenjörsmässigt kallar *Bioteknisk Fysik*. Tillsammans med detta förslag inkluderar vi också en beskrivning på hur teknologerna kan gå vidare i högre årskurser inom ämnesområdet samt ett genomgripande förslag på hur en helt ny Teknisk Fysikutbildning skulle kunna se ut med en stark bas i Biologisk Fysik. Kursen utgör också en viktig utgångspunkt och introduktion till de båda mastersprogrammen i Nanofysik (Biologisk Fysik) och Komplexa Adaptiva System.

Vi hoppas få LFKFs gehör för våra förslag för att gå vidare och utarbeta fullständiga kursplaner och bemanningar. Detta förslag har utarbetats i samarbete mellan Peter Apell (levande tillståndets fysik), Örjan Hansson (biokemi och biofysik), Kristian Lindgren och Mats Nordahl (fysisk resursteori), Bengt Kasemo (kemisk fysik) och Per Lövsund (personskadeprevention). Vi har också koordinerat vårt arbete med Göran Wendins inriktningskurs i Mikroteknologi - Verklighet och Visioner, då det finns spännande beröringspunkter mellan våra olika områden.

## INLEDNING

En inriktningskurs i Bioteknisk Fysik tar sin utgångspunkt i den diskussion som förts inom sektionen i fysik och teknisk fysik på senare tid och det utredningsarbete som redovisats i dokumentet *Biological Physics - bringing life to physics* (finns att hämta på [fy.chalmers.se/~apell](http://fy.chalmers.se/~apell)), vilket har utarbetats av några av oss ovan tillsammans med andra lärare och forskare inom sektionen. Grundtanken är att exponera teknologerna för begrepp, fenomen och frågeställningar inom ett snabbt framväxande område: den nya biotekniken. I följande citat från "Cornell Genomics Initiative (1998)" framgår både områdets betydelse för framtidens ingenjörer och samtidigt dess vikt för en högskola som vill vara redo att

möta det nya seklet:

"When a field as vast and important as biological sciences undergoes a major paradigm shift, it creates both opportunities and risks for public institutions like Cornell. Twenty years ago most biological research took place in public institutions. There is now nearly as much investment in biological research in the private sector (e.g., pharmaceutical, biotechnology, seed companies) as in public institutions. Biology is now big business. Whereas pharmaceutical products, engineering processes and agricultural improvements were previously derived through arduous empirical methods, we are now entering an era where medical, engineering and agricultural advances will be specifically designed on the basis of information from genomic sciences. Whole new industries, and ones that are more environmentally friendly, are likely to be created by the genomics revolution.

Not only have the potential benefits from biological research changed, but also how biological research will be conducted in the future. It will no longer be adequate for individual scientists to work in isolation. Groups of scientists with complementary skills (e.g., biological, chemical, *engineering*, and computational) must band together into interactive teams, similar to what has already happened in high energy physics and radio astronomy. Likewise, the way we prepare students to fill positions in these new biological industries must change. Students well-trained in both biological sciences and *engineering/math* must be produced.

What is at risk is enormous. In the next 30 years, there are likely to be more major discoveries from biological sciences than any other field of study. These discoveries will transform medicine, agriculture and *engineering* and will also lead us to deeper understanding of ourselves as a species and our history and future as one of the many inhabitants of this planet. If we maintain the status quo and fail to create a university-wide vision in biology, we will find ourselves as spectators in one of the greatest scientific revolutions ever."

Man kan säga att vi vill med vår inriktningskurs både ge de framtida civilingenjörerna en nödvändig insikt i ett starkt framväxande område samtidigt som vi vill försäkra oss om att själva kunna få tillgång till utbildade civilingenjörer med en sådan bakgrund, för att de skall få ta del i transformeringen och utvecklingen av själva fysikämnet som sådant. Vi fäster därför en stor vikt vid en stark fysikförankring för inriktningskursen och inom hela programmet Biologisk Fysik. Det är tekniska fysiker med en stark bas i fysik och matematik vi vill utbilda och som dessutom under sin utbildning har fått kontakt med och kan kommunicera med biologer, och medicinare. Denna inriktning av fysiken har under senare år fått samlingsbenämningen Biologisk Fysik (för att understryka den teknologiska betydelsen heter därför inriktningskursen Bioteknisk Fysik). Helt kort skall sägas att Biologisk fysik är fysik applicerad på och utnyttjande biologiska (modell)system. Utbildnings- och forskningsmässigt tillhör biologisk fysik fysiken, med gränser

som suddas ut alltmera mellan de olika disciplinerna. Tillsammans utgör natur- och livsvetenskaperna. Samtidigt ökar kopplingen mellan de senare och teknikvetenskaperna. Området är oerhört rikt och mångfacetterat. Det omfattar modellsystem som till exempel vattnets struktur vid biologiska ytor, proteindynamik studerad med femtosekundspektroskopi, fotosyntes, elektroniska egenskaper och transport av elektroner i DNA, neurala nätverk (reella och virtuella), biomembraners struktur och fasomvandlingar, bioelektronik, sensorer, (artificiellt) liv, mikrolitografi och mikromanipulationer, etc. Området är inte olikt astrofysik i sin struktur, där många discipliner möts. Fysikaliska koncept, metoder och teorier kommer i hög grad att bidra till utvecklingen av dessa delområden, och fysiken kommer att få utmaningar att utveckla nya experimentella och teoretiska metoder. Med andra ord kommer fysiken genom biologisk fysik att få ny stimulans och attraktionskraft. Biologin erbjuder fysikern unika möjligheter att lära sig ny fysik hos eleganta och komplexa system. Systemtänkandet blir därmed en viktig faktor.

I nästa avsnitt beskriver vi nu vårt förslag på en inriktningskurs. Vi kompletterar detta avsnitt med dels ett som visar på möjliga fortsättningar inom området i högre årskurser och dels ett som visar hur vi på ett ännu effektivare sätt kan skapa en stark profil i Bioteknisk Fysik genom en reformering av hela Teknisk Fysikutbildningen och/eller starten av en ny utbildning i Bioteknisk Fysik. På detta stadium ger vi bara ramarna och idéinnehållet - mer detaljerade kursplaner måste utarbetas av de lärare som utses att ta hand om det hela.

Hela vårt förslag genomsyras av en strävan att poängtera tre viktiga ingredienser i tekniska fysikers utbildning:

- *Modellbyggande.* Tekniska fysikernas stora styrka är att kunna ta fram, analysera och göra beräkningar och uppskattningar av viktiga variabler som karakteriserar en given modell. Ett närmande till biologisk modellering är därför ett tema som både fördjupar den fysikaliska och matematiska förståelsen i sig, på oftast mer komplexa system, och samtidigt ger teknologerna en anledning att växelverka med bland annat biologer och medicinare i själva modellbyggandet.
- *Experimentell metodik.* Det här är ett område vi ofta tar alltför lätt på inom en utbildning. Tanken här är att en god kunskap och grund i experimentell teknik är något som tekniska fysiker kan ta med sig i mötet med andra discipliner.
- *Kommunikation.* Det är nödvändigt för våra tekniska fysiker i allmänhet och i denna inriktning alldeles speciellt att kunna kommunicera på ett bra och korrekt sätt.

Vår utgångspunkt för den praktiska planeringen när det gäller inriktningskursen är att den omfattar tre kurspoäng och ligger i fjärde läsperioden. Vår ansats är att erbjuda en kurs som är gemensam för första och andra årskurserna. Med andra ord går den vartannat år och erbjuder därmed också en förmånlig ekonomi. Den nödvändiga differentieringen mellan ett och två år sker inom ramen för det projekt som teknologerna gör. Upplägget innebär också ett spännande möte mellan de som redan gått nästan halva sin utbildning och de som "just" börjat. Kanske kan en sådan kurs stärka gemenskapen mellan årskurserna och leda till att man förstår bättre hur de olika komponenterna och kursmomenten leder framåt.

Strukturen för inriktningskursen i Bioteknisk Fysik är ett antal teman (dessa kan växla något mellan gångerna). Teknologen väljer att göra ett projekt motsvarande en poäng inom ett av områdena. Tre hemlaborationer skall dessutom göras.

### Bioteknisk Fysik - fönsterkurs för F1 och F2 Teman (en vecka vardera):

- **Vad är liv?** Denna del av kursen handlar om att bekanta sig med olika synsätt på vad som är liv. Bland annat presenteras olika modeller som använts för att illustrera olika aspekter av livets uppkomst och egenskaper. Detta ger en inblick i det växande forskningsområde som brukar benämnas Artificial Life. Litteratur: Games of Life: Explorations in Ecology, Evolution, and Behavior. Karl Sigmund (Penguin, 1995). Hemlaboration: datorkonstruktionsuppgift som går ut på att ändra randvillkor och parametrar för att undersöka under vilka förutsättningar komplext livlikt beteende kan uppstå. Kursdelen utvecklas i samarbete med avdelningen för fysisk resursteori.
- **Biomekanik.** Denna del knyter an till mekanikkursen i läsperioden innan och handlar om de krafter som verkar på människokroppen i olika sammanhang. Vi studerar alltifrån krafter på höfter och vader när man bär en resväska eller har käpp till de komplicerade krocksituationer som kan uppstå då vi rör oss i trafiken. Litteratur: samma som i mekanikkursen. Hemlaboration: pendeln som modell för gång. Kursdelen utvecklas i samarbete med institutionen för personskadeprevention.
- **Livets Molekyler.** Är en grundläggande introduktion till vad levande system består av och vad som håller dem samman. Ger teknologen de nödvändiga begreppen, terminologin och ordförrådet inom (molekylär) biologin. Litteratur: Livets Molekyler, Henrik och Carl-Ivar Brändén

(FRN 1992). Hemlaboration: extraktion av DNA från växt. Kursdelen utvecklas i samarbete med institutionen för biokemi och biofysik.

- **Biomaterial och Biomimetik.** Biomaterialområdet har expanderat kraftigt under de sista åren. Ytor och mellanytors utseende och sammansättning spelar här en framträdande roll. Tillämpningsområden är till exempel implantat och sensorer. Ofta möts här traditionellt döda material med levande material. En gren av detta materialområde handlar om att imitera naturens design (processer) och material. Här hittar vi exempel som att använda spindelväv eller insekters skal för att ta fram nya material med de olika egenskaper vi kan behöva. Litteratur: *Imitating nature's design* by R. W. Cahn i *Nature* **382**, 684 (1996). Hemlaboration: bygg ett korthus som du kan stå på. Kursdelen utvecklas i samarbete med avdelningen för kemisk fysik.

- **Biobotar.** Ändamålsenligt beteende hos en biologisk organism kan ofta realiseras med bara ett fåtal neuroner, som i en insekt eller biobot. Kursdelen skall ge en mini-introduktion till neuronnät, som både kan användas som modeller av informationsbehandling i hjärnan, och som nya datalogiska beräkningsmodeller. I området möts fysik, datalogi och neurobiologi. Litteratur: Utdrag ur Patricia S. Churchland and Terrence J. Sejnowski, *The Computational Brain*, MIT Press, 1994. Hemlaboration: Konstruera ett mycket enkelt neuronnät som ger upphov till något beteende hos en enkel robot med ett fåtal sensorer, antingen i en simulering eller som en enkel krets som styr en verklig robot. Kursdelen utvecklas i samarbete med avdelningen för fysisk resursteori och koppling finns till inriktningskursen i Mikroteknologi.

- **Bioelektromagnetism.** Hur påverkas det levande av elektromagnetiska fält? Vilka elektriska och magnetiska fält finns inne i oss och andra levande varelser? Litteratur: *Biological effects of low-frequency electromagnetic fields*, D. Hafemeister, *American Journal of Physics* **64**, 974 (1996). Hemlaboration: mät de elektromagnetiska fälten i din bostad.

Som synes är huvudsyftet med kursen att koppla samman den kunskap teknologerna redan har med intressanta och spännande områden vid forskningsfronten där fysik och biologi möts. Vi vill också med kursen underlätta för teknologerna att vidga sin horisont och att ge dem en större träning i vetenskaplig metodik, speciellt ett kritiskt förhållningssätt.

## HUR TEKNOLOGEN GÅR VIDARE I HÖGRE ÅRSKURSER

Vi hoppas med inriktningskursen beskriven ovan 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 sidan 7)

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 civilingenjörsoch 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.

Grundtemat är att täcka in det område av världen som ligger mellan klusterfysiken och den makroskopiska fysiken. Med andra ord det område som inbegriper allt från de stora biomolekylerna, via celler till de stora levande systemen. Kursen ger primärt en fysikalisk syn på vad den biologiska världen är uppbyggd av och vad som håller den samman, och berör i mindre grad hur de olika systemen blir levande. En speciell betoning läggs på själva modellbyggandet. Vi tar upp, i likhet med en kurs i fasta tillståndets teori, ett antal viktiga fysikaliska parametrar som ledningsförmåga, diffusion och transport i dessa system, speciellt celler. Laborativt arbete kommer att vara en viktig del av kursen. Kursens uppläggning är baserad på grupparbeten och projekt uppblandade med grundläggande föreläsningar, gästföreläsare, laborativt arbete och datorsimuleringar. Kursen är upplagd så att man kan följa endast hälften av den om så önskas.

Vi tänker oss följande huvudteman:

1. Vad är Levande Tillståndets Fysik?
2. Livets Molekyler (Vatten, nukleinsyror, aminosyror, lipider, socker)
3. Makromolekyler (DNA och RNA, Proteiner, Membran)

4. Biologisk Modellering (speciellt celler)
5. Molekylmaskiner (t.ex. proteinsyntes)
6. Speciella uppslag: mikrofabrikation, biosensorer, neurala nätverk, biomaterial, biomimetik,.....

och vi vill genom detta svara på ett antal frågor:

1. Vad innebär bio- och genteknik för vårt vardagsliv och ditt yrkesliv?
2. Vad är livets byggstenar och vad håller dem samman?
3. Vilka grundläggande modeller och experimentella tekniker är viktiga för att förstå dessa system?
4. Hur upprätthåller celler sin sammansättning och volym, vilka molekyler transporteras över deras membran (transportmekanismer) och hur genereras potentialer över membranerna (vad har de för funktion?)

Det huvudsakliga materialet kommer att finnas i ett antal böcker och tidskriftsartiklar:

- T.F. Weiss, Cellular Biophysics (Vol. 1 Transport and Vol. 2 Electrical Properties), MIT Press, Cambridge Mass. (1996).
- G. Benedek and F. Villars, Physics with illustrative examples from medicine and biology, vols. 1-3 (1. Mechanics, 2. Statistical physics, 3. Electricity and magnetism.). Springer Verlag har köpt rättigheterna och kommer med en ny version under 1999.
- H. Flyvbjerg, J. Hertz, M. H. Jensen, O.G. Mouritsen and K. Sneppen, Physics of Biological Physics Systems: From Molecules to Species (Springer, New York 1997).
- Russel K. Hobbie, Intermediate Physics for Medicine and Biology (3d ed. (Springer 1997, ISBN 1-56396-458-9)).
- E.V. Mielczarek, E. Greenbaum and R. S. Knox (eds.), Biological Physics Physics, AIP Press, New York 1993. Innehåller ett antal mycket viktiga tidskriftsartiklar under åren inom området.
- Bruce Alberts, Keith Roberts and Peter Walter, Essential Cell Biology; An Introduction to the Molecular Biology of the Cell, Garland Publishing 1997.
- R. Aasa, P. Brzezinski, Ö. Hansson och T. Vännegård, Biofysik (Institutionen för biokemi och biofysik, Chalmers/GU 1997).
- Peter M. Senge, The Fifth Discipline, Currency Doubleday 1994. En bok för att stärka själen.

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. En del i kursen omfattar en översikt av olika metoder som kan tillämpas inom biologisk fysik. Här ingår i första hand litteraturstudier och demonstrations-experiment. En andra del innehåller ett antal (4-5) experimentella projekt motsvarande 1 à 2 veckors arbete med en enskild metod. I dessa projekt ingår (förutom litteraturstudier) att planera, mäta, analysera och presentera resultat från experimenten.

Teman att täcka in under översikten:

1. Förstörande och icke-förstörande mätmetoder
2. Spektroskopier; identifiering av grundämnen och molekyler
3. Avbildning; mikroskopi (TEM, SEM, SPM, ultraljud) och tomografi
4. Strukturanalys; elektron-, röntgen- och neutron-diffraktion
5. Transportegenskaper; elektroner, joner, fononer och fotoner
6. Mekaniska egenskaper; viskoelasticitet och anisotropi
7. Provprenparering, tillverkning av modellsystem; litografi, mikromanipulering (optisk pincett)
8. Sensorer
9. Filtrering

För denna del finns mycket som kan samordnas med experimentella kurser i fysik. Urvalet av demonstrationer bör vara ett komplement till nedanstående.

Teman för projektlaborationer:

- Nuclear Magnetic Resonance; spektroskopi och spektroskopisk avbildning, tomografi

- Scanning Probe Microscopies; tvådimensionell avbildning av fysikalisk parameter, tillverkning av modellsystem, modellering av växelverkan spets-prov

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).

Förslag på lämplig litteratur är:

- .....
- .....
- J. Fraden, AIP Handbook of Modern Sensors, Physics Designs and Applications, AIP New York 1993.
- John Brockman, The Third Culture (beyond the scientific revolution), Simon and Schuster, New York (1995). En bredvidläsning som underlag till en diskussion kring det kritiska tänkandet som ett vetenskapligt förhållningssätt.
- Effektivt Projektarbete av Jan Wisen och Börje Lindblom (FRITZES 1995) eller Projekt i undervisningen av Sven Eklund (Thilda Förlag 1996).

### • 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.

Speciellt kommer kursen att ta upp:

- genreglering, dataanalys och modeller
- modeller av morfogenes
- modeller av immunsystemets funktion, speciellt HIV-infektion
- computational neuroscience (biologiskt realistiska neuronätsmodeller)
- teoretisk ekologi och populationers dynamik

Kursen innehåller ett projektarbete där studenterna själva modellerar något biologiskt system. Kursen i Beräkningsbiologi kräver tillgång till datorutrustning med god processorkraft och goda visualiseringsmöjligheter.

Kurslitteratur: artiklar ur forskningslitteraturen.

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, exempelvis med inriktning mot livets uppkomst och prebiotisk evolution, och fysikaliskt baserade enkla modeller av biologiska makromolekyler struktur och funktion (exempelvis proteinveckning och RNA-struktur). Kursen tar också upp hur informationsteori, adaptiva algoritmer som neuronnät och genetiska algoritmer, och teorin för algoritmers komplexitet kan användas inom bioinformatik.

Den kommer att innehålla moment som:

- introduktion till cell- och molekylärbiologi
- sequence alignment, fylogenetisk analys, algoritmer för sökning i databaser
- databaser och Internetresurser för biologisk information
- 3-d struktur och funktion hos biologiska makromolekyler
- genomet som ett dynamiskt system, genreglering
- modeller av livets uppkomst och prebiotisk evolution - kvasiarter, hypercykler, autokatalytiska mängder, RNA-världen
- tillämpad molekylär evolution
- DNA-datorer

Kursen kommer att utformas i samråd med biologer. Väsentliga projektinslag ingår i kursen.

Förslag till litteraturlista:

- B. C. Alberts et al, Molecular Biology of the Cell, Ingram International, 1994.

- Joao Meidanis och Joao Carlos Setubal, Introduction to Computational Molecular Biology, PWS Publishing, 1997.
- Michael S. Waterman, Introduction to Computational Biology: Maps, Sequences, and Genomes, Chapman & Hall, 1995.
- P. Baldi and S. Brunak, Bioinformatics : The Machine Learning Approach (Adaptive Computation and Machine Learning), MIT Press, 1998.
- R. Durbin et al, Biological Sequence Analysis: Probabilistic Models of Proteins and Nucleic Acids, Cambridge University Press, 1997.
- C. Bränden och J. Tooze, Introduction to protein structure, Garland Publishing, 1991.
- Internetresurser som kursen Principles of Protein Structure Using the Internet (Birkbeck College) eller Internet Tutorial in Biochemistry and Biophysics - Biomolecular Structures (Ö. Hansson, Chalmers/GU).
- Stuart Kauffman, The Origins of Order: Self-Organization and Selection in Evolution, Oxford University Press, 1993. Artiklar ur forskningslitteraturen.

Kursen ges också inom mastersprogrammet i Komplexa Adaptiva System.

## • Valfritt (10p)

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
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, forsknings-

metodik 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 inlärning. 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 runtom 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 konstruktionsövning, 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, neuronät, 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 forskningslitteraturen.

### **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, ickelinjära 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 neuronät
- 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 simuleringssprojekt 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

## **BIOTEKNISK FYSIK - EN NY UTBILDNINGSLINJE**

Samtidigt som vi öppnar för en inriktningskurs i årskurs ett och två och strukturerar det valfria blocket för att uppnå ett bättre djup inom området genom Komplexa Adaptiva System och Biologisk Fysik kan man gå ytterligare ett steg och lägga upp en helt ny F-liknande utbildning där den biologiska fysiken genomsyrar hela utbildningen. Lite grand liknar tankarna upplägget för Kemiteknik med Fysik - speciellt att vi vänder oss till en ny grupp studenter som inte helt överlappar den traditionella F:aren men som dock måste ha ett genuint grundintresse för fysik och matematik. Man kan också tänka sig en liknande förändring av nuvarande utbildning där blocket bioteknisk fysik byts ut mot teknikkurser. Vårt förslag ser ut så här:

<i>När</i>	<i>F93</i>	<i>nya F93</i>	<i>Bioteknisk Fysik</i>
Ak1	datorintrod (1)	datorintrod (1)	beräkningsfysik (1)
lp1	inl tekn fys (2)	fys principer (2)	bioteknisk fysik (2)
	lin alg och geom (3)	lin alg och geom (3)	matematik (7)
	inl mat anal (4)	inl mat anal (4)	
lp2	inl tekn fys (1)	fys principer (3)	experimentell fysik (2)
	progr teknik (4)	progr teknik (4)	beräkningsfysik (4)
	reell mat anal A (4)	reell mat anal A (4)	matematik (4)
lp3	mek A (5)	mek A (5)	klassisk fysik (5)
	inl tekn fys (1)	present teknik (1)	experimentell fysik (2)
	reell B (4)	reell B (4)	matematik (4)
lp4	mek B (3)	mat stat (3)	klassisk fysik (3)
	hållf (3)	inriktn (3)	bioteknisk fysik (3)
	lin alg och anal (3)	lin alg+num anal (5)	matematik (3)
Ak2	elNät A (2)	komplex/fourier (3)	bioteknisk fysik (6)
lp1	vektor (3)	mek B (3)	
	elMät A (1)	elNät (5)	matematik (4)
	komplex (4)		
lp2	elmagn fält (2)	elmagn fält (5)	klassisk fysik (5)
	elNät B (3)		
	regler (3)		
	vektor (1)	vektor (4)	beräkningsfysik (4)
	elMät A (1)	elMät A (2)	experimentell fysik (2)
lp3	elmagn fält (3)	optik (4)	bioteknisk fysik (4)
	elMät B (1)	elMät B (1)	
	num anal (3)		beräkningsfysik (3)
	fourier (3)	komplex/fourier (5)	matematik (3)
lp4	optik (4)	hållf (ao*) (3)	klassisk fysik (4)
	elMät B (1)	regler (3)	experimentell fysik (2)
	mat stat (3)	elMät B (1)	
	part diff (3)	inriktn (3)	beräkningsfysik (3)
Ak3	expr fysik (1)	part diff (3)	
lp1	kvant (3)	kvant (7)	modern fysik (4)
	mat fys (2)		beräkningsfysik (4)
	termo och stat (1)		klassisk fysik (2)
	kontmek o strl (3)		
lp2	expr fysik (1)	kontmek o strl (3)	modern fysik (5)
	kvant (3)		beräkningsfysik (5)
	mat fys (2)		
	termo och stat (4)	termo (5)	
lp3	fasta tillst (5)	fasta tillst (5)	modern fysik (5)
	projekt + info (2)		
	expr fysik (1)	expr fysik A (1)	experimentell fysik (2)
	fys kem (3)		bioteknisk fysik (3)
lp4	fys elektr (3)	fys elektr (3)	
	subatom (3)	subatom (3)	modern fysik (4)
	projekt (2)		bioteknisk fysik (3)
	expr fys (2)	expr fys A (1)	experimentell fysik (3)
Ak4		expr fys B (1)	
lp1	valfria kurser (10)	matfys/projekt (ao) (3)	valfria kurser (10)
		fys kem (ao) (3)	
		valfria kurser (3/6)	
lp2	valfria kurser (10)	expr fys B (2)	valfria kurser (10)
		valfria kurser (8)	
lp3	valfria kurser (10)	valfria kurser (10)	valfria kurser (10)
lp4	valfria kurser (10)	valfria kurser (10)	valfria kurser (10)
Ak5	exjobb (20)	exjobb (20)	exjobb (20)

Hela den nya utbildningen har en tematisk uppläggning. Utgångspunkten för ett sådant tema är att man examineras på hela ämnet och det finns ett läroplan som koordinerar de olika kursmomenten. Det är inte längre institutionen som med sin existens definierar en kurs utan själva temat. Till temat inbjuds olika aktörer att utforma hela blocket. I den obligatoriska delen finns följande teman:

- *Matematik:* i detta block ingår ett antal grundläggande kurser som skall vara ett absolut golv för att tillägna sig en god grund i matematik. Som utgångspunkt ingår följande kurser i detta block från nuvarande F93: linjär algebra och geometri, inledande matematisk analys, reell matematisk analys A och B, linjär algebra och analys, komplex och fourier. Blocket som helhet utgör 25 poäng. Inom ramen för dessa 25 poäng sker i utgångsläget samläsning med Teknisk Fysik men man kan tänka sig en utveckling över tiden som divergerar men också en utveckling över tiden som konvergerar i så motto att med det tematiska upplägget skulle man kunna hitta nya infallsvinklingar som också vore av intresse och värde för den traditionella F-utbildningen.
- *Beräkningsfysik:* i detta block ingår ett antal grundläggande kurser under de tre första åren som skall leda fram till ett gott handlag för att kunna göra numeriska modellberäkningar på fysikaliska system med utgångspunkt i en detaljerad matematiskt fysisk analys. Som utgångspunkt ingår följande kurser i detta block från nuvarande F93: datorintroduktion, programmeringsteknik, vektor och klassisk fysik, numerisk analys, partiella differentialekvationer och matematisk fysik. Tillsammans utgör detta 19 poäng. Till dessa kurser läggs i Bioteknisk Fysik kursen Beräkningsfysik (5), som tidigare varit valfri. Blocket som helhet utgör därmed 24 poäng.
- *Klassisk fysik:* i detta block ingår ett antal grundläggande kurser under de tre första åren som skall leda fram till en god insikt om den klassiska fysikens breda tillämpbarhet i ingenjörsammanhang. Som utgångspunkt ingår följande kurser i detta block från nuvarande F93: mekanik A och B, elektromagnetiska fält, optik och termodynamik (2p av termo och stat fys). Blocket som helhet har 19 poäng.
- *Modern fysik:* i detta block ingår ett antal grundläggande kurser under de tre första åren som skall leda fram till en god insikt om den moderna fysikens möjligheter inom framtidens ingenjörstillämpningar. Som utgångspunkt ingår följande kurser i detta block från nuvarande F93:

kvantfysik, fasta tillståndets fysik, statistisk fysik (3p av termo och stat) och projektarbete. Blocket som helhet har 18 poäng.

- *Experimentell fysik* i detta block ingår ett antal grundläggande kurser som under de tre första åren skall leda fram till en god insikt och övning i fysikalisk experimentell metodik och teknik. Som utgångspunkt ingår följande kurser i detta block från nuvarande F93: inledande teknisk fysik, elmät A och B och experimentell fysik A och B. Blocket som helhet har 13 poäng
- *Bioteknisk fysik:* i detta block ingår ett antal grundläggande kurser som läses enbart av de biotekniska fysikerna. Det är kurser som under de tre första åren skall leda fram till en god insikt och bas till att förstå och kunna utnyttja biotekniska problemställningar. Blocket som helhet har 21 poäng och innehåller följande kurser eller moment: biofysik (3), (bio)statistik (3) (tidigare statistik i F93), (bio)fysikalisk kemi (3) (tidigare fysikalisk kemi i F93), biomekanik (3) (tidigare hållf i F93), systemteori (3) (tidigare regler i F93) och projekt (6) (i ettan och tvån). Observera att poängangivelsen mer är en allmän viktning av delens bidrag till det totala än något absolut i sig.

Obligatoriet uppgår till 120 poäng och samläsningen med F93 inom denna del är till en början 99 poäng. Inom det valfria området läser de Biotekniska Fysikerna som de behagar men för att stimulera en fördjupning baserat på de uppnådda förkunskaperna har två program utvecklats: Komplexa Adaptiva System och Biologisk Fysik; som beskrevs ovan. Dessa program kan med fördel kombineras med det stora utbud av valfria mer speciellt inriktade kurser som numera finns inom området.

**FFBYYY Bioteknisk Fysik**

(3,0 poäng)

*Biotechnical Physics*

TTTT - Tillämpad Fysik Chalmers/GU

Examinator: GGGG Peter Apell

Området Bioteknisk Fysik eller Biologisk Fysik är en utvidgning av fysiken genom att också studera fysik med hjälp av biologiska och biotekniska (modell)system. Här möts fysik och biologi. Området är på stark frammarsch och kopplar förutom till fysik också till datalogi, biologi, biokemi och biofysik. Man väntar sig att de riktigt stora upptäckterna inom de närmaste decennierna kommer att ske inom de biologiska vetenskaperna. Du vill som teknisk fysiker inte bara vara en åskådare i detta drama som kommer att spelas upp.

*KURSENS SYFTE*

Kursen skall ge dig som teknolog möjligheter att få en insikt i vilka som är de intressanta biologiska problemställningarna och hur området kan tänkas utvecklas i framtiden. Det skall ge dig grundkunskaper i molekylärbiologi och ett tillfälle till träning i biologiskt modellbyggande. Handgriplig laborativ träning inom området är också ett viktigt syfte med kursen. Det är en kurs som både skall öppna fönstret mot en ny värld samtidigt som den skall ge dig direkta färdigheter du kan använda som ingenjör.

*KURSENS INNEHÅLL OCH ORGANISATION*

Kursen innehåller ett antal teman som kan växla något från år till år. De är översikter inom viktiga områden i den biologiska fysik. Varje tema tar en vecka i

anspråk. De är: **Vad är liv** (med bland annat "Game of Life" som modellsystem, och etikaspekter), **Biomekanik** (med din egen kropp som laboratorium), **Livets Molekyler** (terminologi, byggstenar, struktur, dynamik och växelverkningar), **Biomaterial och Biomimetik** (mötet mellan död och levande materia och hur man kan använda naturens egna lösningar till nya ingenjörskonstruktioner), **Biobotar** (en insikt i mötet mellan biologin, och fysikens nanoteknologi) och **Bioelektromagnetism** (vi är själva källor till elektromagnetiska fält och vi påverkas också av externa fält).

Till kursen hör ett antal laborationer som görs i hemmiljö. En viktig del är dessutom att göra ett mindre projekt inom något av de teman som verkar intressantast.

*KURSLITTERATUR*

Består av ett antal artiklar ur de senaste åren av Nature, Science och Physics World, Livets Molekyler, Henrik och Carl-Ivar Brändén (FRN 1992), Games of Life: Explorations in Ecology, Evolution, and Behavior. Karl Sigmund (Penguin, 1995) och Patricia S. Churchland och Terrence J. Sejnowski, The Computational Brain, MIT Press, 1994.

*EXAMINATION*

Skär i form av ett projektarbete, tre fullgjorda hemlaborationer och en muntlig tentamen.

*FÖRKUNSKAPER*

Vad som uppnåtts tidigare under utbildningen. Kursen är för både F1 och F2. Tvåorna får en specialsydd fördjupning för att kunna utnyttja sina bredare förkunskaper och förväntas uppnå en annan nivå på sitt projekt.