

**NTNU - Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet**

**Fakultet for naturvitenskap og teknologi**

**INSTITUTT FOR FYSIKK**

**HOVEDOPPGAVER**

**2002/2003**





## **INNHOLDSFORTEGNELSE**

<b>Møteplan for presentasjonsmøter</b>	<b>side 4</b>
<b>Innledning</b>	<b>side 5</b>
<b>Retningslinjer for gjennomføring av hovedoppgaven</b>	<b>side 6</b>
<b>Avtaleskjemaet for hovedoppgaver ved instituttet</b>	<b>side 8</b>
<b>Hovedoppgaver fra seksjon for kondenserte mediers fysikk</b>	<b>side 9</b>
<b>Hovedoppgaver fra gruppe for komplekse materialer</b>	<b>side 17</b>
<b>Hovedoppgaver fra seksjon for teoretisk fysikk</b>	<b>side 31</b>
<b>Hovedoppgaver fra seksjon for anvendt fysikk og fagdidaktikk</b>	<b>side 36</b>
<b>Hovedoppgaver fra seksjon for biofysikk og medisinsk teknologi</b>	<b>side 44</b>
<b>Hovedoppgaver fra institutt for mekanikk</b>	<b>side 52</b>
<b>Hovedoppgaver fra Det Norske Radiumshospital</b>	<b>side 53</b>
<b>Hovedoppgaver fra FFI</b>	<b>side 54</b>
<b>Standardavtale for hovedoppgaver utført ved en bedrift</b>	<b>side 55</b>
<b>Tilleggsavtale/båndleggesavtale</b>	<b>side 57</b>



## MØTEPLAN FOR PRESENTASJONSMØTENE

Alle møtene finner sted på rom **D4-132**

Mandag 11.11.2002	kl. 0915 - 1000	Seksjon for teoretisk fysikk/inst. for mekanikk
Mandag 11.11.2002	kl. 1415 - 1500	Seksjon for anvendt fysikk og fagdidaktikk
Onsdag 13.11.2002	kl. 1115 - 1230	gruppen for komplekse materialer
Onsdag 13.11.2002	kl. 1230 - 1400	Seksjon for kondenserte mediers fysikk
Onsdag 13.11.2002	kl. 1515 - 1700	Seksjon for biofysikk og medisinsk teknologi

Informasjon om oppgavene fra de utenforstående tilbydere fås med direkte henvendelsen til kontaktpersonen.



## **Til studenter i 5. årskurs ved studieretninger Biofysikk og medisinsk teknologi og Teknisk fysikk.**

Dette heftet inneholder forslag til hovedoppgaver for studieåret 2002/2003.

Oppgavene er ordnet med forslag fra instituttets faggrupper først og forslag fra eksterne kilder til slutt.

Oppgavetekstene gir ofte bare eksempler på hva som kan gjøres. Hvis du har egne mer eller mindre spesifiserte idéer til emner, så ta kontakt med den faglærer som det synes naturlig å utvikle idéen sammen med.

Det er også mulig å ta kontakt med eksterne bedrifter eller forskningsinstitutter som kan foreslå temaer for hovedoppgaver. I slike tilfelle kan veiledningen godt gis fra den eksterne institusjonen, men du må finne en ansvarlig faglærer ved institutt for fysikk som kan godkjenne det faglige opplegget før slike ordninger kan etableres.

Etter spesielle regler som er vedtatt av Høgskolestyret kan to eller flere studenter gå sammen om en hovedoppgave. Skjemaet for utførelsen av oppgaven i en gruppe kan fås på fakultetskontoret.

### **Prosedyre for valg av hovedoppgaven**

Avtaler gjøres direkte med faglærere, og søknad sendes instituttkontoret **innen 15. desember 2002**.

### **Praktiske opplysninger om kopiering og innbinding av hovedoppgaven**

Hovedoppgaven leveres til instituttkontoret i 3 eksemplarer (for institutt, faglærer og sensor). Kostnadene ved kopiering og innbinding dekkes av instituttet.



## **RETNINGSLINJER FOR GJENNOMFØRING AV HOVEDOPPGAVEN**

- 1. Hovedoppgaven tas normalt innen fakultetets fagområder. Melding om hvilket institutt, eventuelt ekstern institusjon, hovedoppgaven ønskes utført ved, og hvem studenten ønsker som ansvarlig faglærer og eventuell ekstern veileder, sendes instituttkontoret senest 15. desember i 9. semester**
- 2. Fakultetet kan gi tillatelse til at hovedoppgaven utføres ved bedrift/institusjon utenfor NTNU. Ved utlevering av oppgaven kan det inngås en avtale mellom student, faglærer ved NTNU og bedrift/institusjon om bruk og utnyttelse av spesifikasjoner og resultater i besvarelsen. I slike tilfeller benyttes avtaleformular (se vedlegg 1) med standardtekst vedtatt av Høgskolestyret. Den enkelte avtale godkjennes av Universitetsdirektøren eller den som bemyndiges. Henvendelser rettes til Studieadministrasjonen.**
- 3. Hovedoppgaven påbegynnes normalt før 20. januar i 10. semester. For utsettelse ut over ett semester vises det til generelle regler for permisjon fra siv.ing.-studiet. Eventuelle permisjonssøknader stiles til Studieavdelingen, Gløshaugen og sendes via fakultetet. Ved kortere utsettelse av starten på hovedoppgaven stiles søknaden til Fakultet for naturvitenskap og teknologi.**
- 4. Alle eksamener må være bestått, alle obligatoriske øvingsarbeider må være utført, og den foreskrevne praksis må være opparbeidet og godkjent før oppgaven utleveres. Fakultetet kan i særlige tilfeller dispensere fra bestemmelsen om at alle eksamener skal være bestått før oppgaven utleveres (Jamfør § 8 i utfyllende regler for siv.ing.reglementet).**
- 5. Før hovedoppgaven utleveres, sender den ansvarlig faglærer i alle tilfelle melding (gult skjema) til instituttskontoret. Meldingen skal inneholde:**
  - a. Fagområde**
  - b. Ansvarlig faglærer**
  - c. Veileder, når oppgaven utføres utenfor Fakultet for naturvitenskap og teknologi.**
  - d. Utleveringsdato**
  - e. Innleveringsfrist**
  - f. Underskrift av student og av ansvarlig faglærer**
- 6. Tidsrammen for hovedoppgaven er normalt 20 uker. For juleferie og påskeferie forlenges fristen med 1 uke for hver. Eksamen i obligatoriske eller valgbare fag avlagt innenfor**

hovedoppgavens tidsramme, som definert ovenfor, forlenger fristen med totalt 1 uke. Tidsrammen for studenter som tar hovedoppgaven i utlandet er 26 uker inkl. evt. ferie. Studentassistentstilling medfører ingen utvidelse av denne ramme. For studenter som har und.ass.- eller 1/2 vit.ass.-stilling under hele arbeidet med hovedoppgaven, er tidsrammen 6 måneder. For und.ass. jobb i deler av hovedoppgaveperioden forlenges tidsrammen med 10 dager pr.mnd. i jobb (dvs. forlenges utover 20 uker). Maksimum 6 mnd. inkl. evt. ferie.

7. Den ansvarlige faglærer har ansvaret for at oppgaven er formulert og tilrettelagt slik at studenten skal kunne avslutte arbeidet og levere besvarelsen innen tidsfristen.
8. Studenten kan søke om utsettelse av innleveringsfristen. Faglærer kan innvilge 1 ukes utsettelse med innleveringen. Beskjed om ny innleveringsdato må da sendes fakultetet. Søknader om forlengelse utover 1 uke må sendes fakultetet. Utsettelsessøknader som innleveres i løpet av siste uke før fristen, vil bli behandlet bare i fall det kan dokumenteres at søknaden ikke kunne vært sendt tidligere. Til søknaden skal vedlegges uttalelse fra den faglig ansvarlige og eventuelt ekstern veileder. Bare i helt spesielle tilfelle vil utsettelse over 1 uke bli innvilget.
9. Det er en fast regel at besvarelsen skal leveres innen den fastsatte frist. Blir fristen ikke overholdt, (og ny frist ikke er innvilget), vil dette medføre stryk. Kandidaten kan levere et arbeid som ikke er fullført. I slike tilfelle blir karakteren fastlagt på grunnlag av det innleverte materialet. Ved stryk vil ny oppgave kunne utleveres en gang, dersom arbeidet kan gjennomføres innen maksimal studietid.
10. Besvarelsen leveres til instituttekspedisjonen, i 3 eksemplarer. Den kreves ikke maskinskrevet, men håndskrevet besvarelse må være lett leselig. Hovedoppgavebesvarelsen skal inneholde en side med opplysninger om:  
Studentens navn, uttaksdato, innleveringsdato, fagområde, oppgavens tittel (norsk og engelsk), eventuell ekstern veileder. Maler for denne siden finnes på instituttets eller fakultetets web-sider.
11. Disse retningslinjer skal gjøres kjent for studenter, ansvarlige faglærere, veiledere og sponsorer.



**AVTALE OM HOVEDOPPGAVEN VED INSTITUTTET**

Avtalen må være inngått, undertegnet og innlevert til instituttkontoret **innen 15. desember 2002**

Student : .....

Veileder(e) : .....

Instituttansvarlig (hvis ekstern veileder) : .....

Tittel på hovedoppgave : .....

Dato : .....

Underskrift : .....

Veileder

Student



# HOVEDOPPGAVER FRA SEKSJON FOR KONDENSERTE MEDIERS FYSIKK.

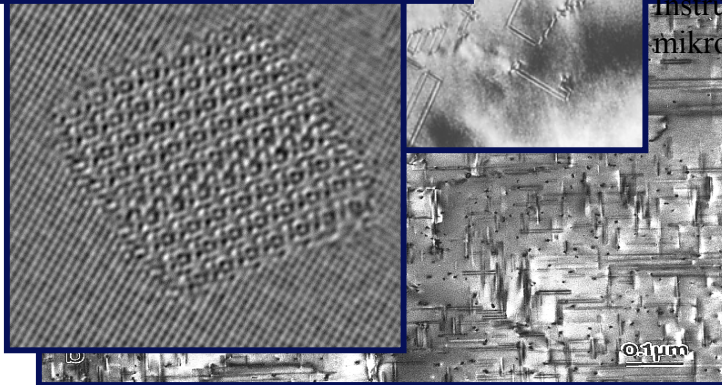
## Elektronmikroskopi:

Holmestad / Tøtdal / Høier / Yu / Wang / Frøseth / Friis / Andrei / Vullum / Hasting i samarbeid med SINTEF Anvendt fysikk (Andersen / Marioara / Tanem / Walmsley)

(e-post: [randih@phys.ntnu.no](mailto:randih@phys.ntnu.no), [bard.totdal@phys.ntnu.no](mailto:bard.totdal@phys.ntnu.no), [ragnvald.hoier@phys.ntnu.no](mailto:ragnvald.hoier@phys.ntnu.no), [yingda.yu@phys.ntnu.no](mailto:yingda.yu@phys.ntnu.no), [jian.wang@phys.ntnu.no](mailto:jian.wang@phys.ntnu.no), [anders.froseth@phys.ntnu.no](mailto:anders.froseth@phys.ntnu.no), [jesper.friis@phys.ntnu.no](mailto:jesper.friis@phys.ntnu.no), [carmen.andrei@phys.ntnu.no](mailto:carmen.andrei@phys.ntnu.no), [per.vullum@phys.ntnu.no](mailto:per.vullum@phys.ntnu.no), [hakon.hasting@phys.ntnu.no](mailto:hakon.hasting@phys.ntnu.no), [sigmund.andersen@sintef.no](mailto:sigmund.andersen@sintef.no), [calin.d.marioara@sintef.no](mailto:calin.d.marioara@sintef.no), [bjorn.s.tanem@sintef.no](mailto:bjorn.s.tanem@sintef.no), [john.walmsley@sintef.no](mailto:john.walmsley@sintef.no) )



Gruppen arbeider innen materialfysikk med studier av avanserte materialer både eksperimentelt og teoretisk. De makroskopiske egenskapene til et materiale har nære og kompliserte sammenhenger med materialets oppbygging fra atomært til mikrometer nivå. En fellesnevner for forskningen vår er å forstå og etablere slike sammenhenger slik at det blir mulig å skreddersy materialer med ønskede egenskaper. Her bruker vi både eksperimentelle metoder og beregninger basert på kvantemekanikk. Transmisjonselektronmikroskopet (TEM) er et instrument der en kan studere nano-skala områder med flere teknikker samtidig: mikroskopi, diffraksjon, spektroskopi og energitapsanalyse. Instrumentet er derfor ypperlig til mikrostrukturstudier og materialutvikling.



Gruppen har en meget velutrustet lab med to analytiske elektronmikroskop. Et nytt state-of-the-art TEM ble installert i år, og vil bli brukt på hovedoppgaver hvis nødvendig. Vi har også et atomic force mikroskop (AFM), det siste til overflatestudier. Vi har god tilgang på nødvendig regnekraft for modellering og simuleringer. Vi samarbeider i stor grad med andre grupper på NTNU, SINTEF anvendt fysikk og norsk industri, samt flere grupper i utlandet.

Gruppen kan tilby varierte hovedoppgaver innen materialfysikk; fra helt teoretiske til helt eksperimentelle eller en kombinasjon. Oppgavene kan tilpasses faglig bakgrunn og interesser. Hovedoppgavestudenter vil arbeide med oppgaver nært koplet opp til forskningsprosjekter som er i gang i gruppen, og ofte knyttet til en postdoc, dr.ing.student eller SINTEF-forsker. Mulige oppgaver er listet under, men det beste er å komme og snakke med oss! Vi sitter i 3.etg. i E-blokka i Realfagbygget!

## Elektronmikroskopiske undersøkelser av noen høyttemperaturstabile Al-legeringer for bruk i CO<sub>2</sub> varmevekslere.

Arbeidet vil primært bestå av karakterisering ved hjelp av transmisjonselektronmikroskopi av slike legeringer som funksjon av tid ved forskjellige temperaturer, og vil skje i samarbeid med Hydro Aluminium A.S. Kontaktperson: Bård Tøtdal.

## Utvikling av nye Al-legeringer

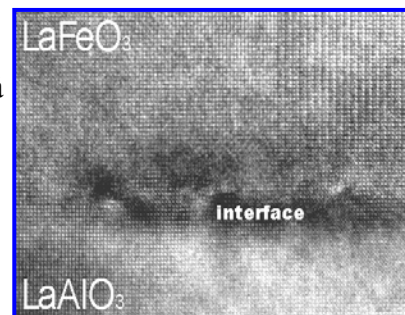
Innen lettmetall-legeringer er det store utfordringer når det gjelder å etablere relasjoner mellom mikrostruktur og mekaniske egenskaper som f. eks. styrke, hardhet og duktilitet. Vi må forstå utfellingssekvensene for å kunne oppnå de tilsiktede bruksegenskapene. Oppgaven vil bestå i eksperimentelle mikrostrukturstudier og testing av mekaniske egenskaper ved forskjellige termomekaniske forhistorier. Vi arbeider her nært sammen med norsk lettmetallindustri. Kontaktpersoner: Randi Holmestad, Calin Marioara

## TEM-studier av Solcelle-Si

Vi starter i år opp et prosjekt på solcelle-silisium i samarbeid med andre grupper ved NTNU som holder på med solcelle-forskning. En viktig parameter for effektiviteten av solceller er å få rent nok silisium med misnt mulig sporelementer/urenheter. Oppgaven går ut på å kvantifisere /posisjonere urenheter i solcelle-silisium. Kontaktpersoner: Bård Tøtdal, Turid Worren.

## TEM-karakterisering av perovskitt-baserte syntetiske materialer

Ved Institutt for fysikalsk elektronikk forskes det på å realisere kunstige materialer med kontrollerbare egenskaper basert på perovskitt-struktur. Innenfor denne materialklassen finner man så forskjellige materialer som høyttemperatur superledere, sterkt korrelerte metaller og ferroelektrika. Målet er å skape materialer med nye og forbedrede egenskaper. Dette vil en gjøre gjennom å kontrollere sekvensen av de ulike bestanddeler i de epitaksielle tynnfilmene, dvs vokse hetrostrukturer som inneholder ulike funksjonelle perovskitter i de ulike lagene som bygger opp superstrukturen. Denne diplomoppgaven har som mål å studere krystallstruktur og koherens i de ulike tynnfilmene med TEM og korrelere endrede materialegenskaper med mikrostrukturen. Prosjektet er et samarbeid mellom Institutt for fysikalsk elektronikk og Institutt for fysikk. Hoveddelen av arbeidet vil bli utført ved Institutt for fysikk. Kontaktpersoner: Randi Holmestad, Per Erik Vullum, Thomas Tybell ([thomas.tybell@fysel.ntnu.no](mailto:thomas.tybell@fysel.ntnu.no)), Jostein Grepstad ([jostein.grepstad@fysel.ntnu.no](mailto:jostein.grepstad@fysel.ntnu.no))



## Aluminium Surface Studies

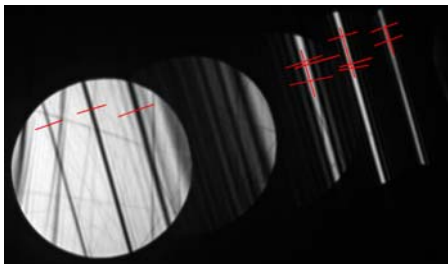
Two large fundamental research programmes within NTNU/UiO/SINTEF are studying aluminium surfaces with respect to processing, surface treatment, corrosion, coating and adhesion. Research is located both in Trondheim and Oslo. PhD projects will be developed within these programmes and there is strong industrial participation. There are a number of opportunities to define interesting Diploma projects that will contribute to the overall programmes. These can be chosen to suit the background and interest of individual students, possibly including characterisation (TEM, AFM, etc) and electrochemical properties, and are likely to involve interaction with other departments. Contact persons: Jostein Mårdalen (D4-121, tel. 90231), John Walmsley, Yingda Yu

## Mikrostruktur av hydrider

Hydrogen ansees som en viktig framtidig, forurensingsfri energibærer. Denne oppgaven går ut på å studere, ved hjelp av TEM, mikro-(og nano) struktur av metallhydrider som er potensielle kandidater for lagring av hydrogen. Studier av mikrostrukturen vil kunne øke forståelsen av materialets oppførsel slik at hydrogenlagrings egenskapene av disse lettvikts hydridene kan bli bedret. Arbeidet er et samarbeid med IFE, Kjeller. Kontaktpersoner: Carmen Andrei, John Walmsley, Randi Holmestad

### Kvantitativ elektrondiffraksjon

Konvergentstråle elektrondiffraksjon (CBED) er en teknikk som kan brukes for å studere bindinger i materialer. Den detaljerte intensiteten i et CBED-bilde kan sammenliknes med teoretiske beregninger og viktige strukturparametere kan på denne måten raffinere og finnes med stor nøyaktighet.



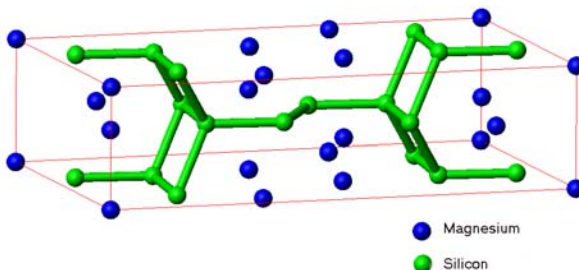
Vi har gjennom flere år utviklet programmer for simulering av CBED- bilder og for sammenlikning av eksperimentelle og simulerte bilder. Diplomoppgaven går ut på å sette seg inn i teorien for elektrondiffraksjon, evt. utføre eksperimenter og bruke tilgjengelig programvare for å studere bindingsforhold i materialer. Kontaktpersoner: Jesper Friis, Randi Holmestad

### Ferroelastiske keramer

Perovskitter ( $ABO_3$ ) er en klasse av keramer som det har vært stor forskningsaktivitet rundt i de senere år. Disse keramene har egenskaper som gjør dem velegnet som materiale ved produksjon av oksygen permeable membraner, i brenselceller etc. En del av materialene viser seg å være ferroelastiske i faser med bestemte krystallstrukturer. Dvs. at vi har en hystereresammenheng mellom spenning og tøyning i materialene. Den ferroelastiske effekten øker blant annet bruddstyrken i materialene, og i denne sammenheng er det mange av mekanismene, både på makroskopisk og mikroskopisk skala, som ennå ikke er forstått. Oppgaven vil gå ut på å studere ferroelastiske materialer i  $\mu\text{m}$ - og  $\text{nm}$ -området for bedre å kunne forstå mekanismene bak ferroelastisitet. Kontaktpersoner: Per Erik Vullum, Randi Holmestad

### Atomistisk modellering

Atomistisk modellering gir teoretisk forståelse av hva som skjer i materialer på atomnivå. Med dagens datamaskiner kan en med stor nøyaktighet følge dynamikken til tusenvis av atomer samtidig elektronmikroskopigruppen bruker vi en rekke slik modelleringsteknikker for å øke forståelsen av fysikken bak strukturen av materialer.



Diplomoppgaven vil omfatte bruk av kommersiell / egenutviklet programvare for å studere nukleasjon / vekst av faser i Al-Mg-Si-legeringer. Kontaktpersoner: Anders Frøseth, Jian Wang, Knut Marthinsen, Randi Holmestad

### Elektronmikroskopiske undersøkelser av noen høytemperaturstabile Al-legeringer for bruk i $\text{CO}_2$ varmevekslere.

Arbeidet vil primært bestå av karakterisering ved hjelp av transmisjonselektronmikroskopi av slike legeringer som funksjon av tid ved forskjellige temperaturer, og vil skje i samarbeid med Hydro Aluminium A.S. Kontaktperson: Bård Tøtdal.

## **Eksperimentell superledarfysikk:**

Kontaktpersoner:

Ulrik Thisted (rom E3-136) [ulrik.thisted@phys.ntnu.no](mailto:ulrik.thisted@phys.ntnu.no)

Kristian Fossheim (rom E3-129) [kristian.fossheim@phys.ntnu.no](mailto:kristian.fossheim@phys.ntnu.no)

### **1) Kritisk oppførsel ved superledende faseovergang**

Høytemperatur superledere skiller seg sterkt fra lavtemperatur superledere ved de fysiske mekanismer som driver overgangen mellom normal og superledende tilstand. Den korte koherenslengden i høytemperatur superledere er den viktigste årsaken til dette. Noen av de beste metodene for å studere disse forholdene i høy- $T_c$  variantene har vist seg å være varmekapasitetsmålinger, ultralyd og magnetisering. Gruppen utfører alle typer måling, og har samarbeid med universitetene i Hiroshima og Grenoble både om framstilling av materialet, og kompletterende målinger. Hiroshima tilbyr nå et nytt materiale som vi er interessert i å studere: NdCeCuO. Dette utmerker seg ved at det er elektrondopet høytemperatur superleder i motsetning til de aller fleste andre, som er hulldopet. Det pågår et doktorgradarbeid (Thisted), og målingene vil bli utført i nær tilknytning til dette.

### **2) Inntrenging av magnetiske flukslinjer i nanoskala tynnfilm superleder.**

Mange lavtemperatur superledere, som Pb og Al, har så lang koherenslengde at de kan framstilles i tynnfilm med en tykkelse som er mye mindre enn koherenslengden. Dette medfører i slike tilfeller at de blir å oppfatte som 2-dimensjonale elektron-systemer. I et samarbeid med Institute of Microelectronics i Moskva framstilles denne typen filmer, samt multilag tynnfilmstrukturer med alternerende lag av Al-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Pb-Al-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Pb..... Innledende studier viser uvanlige superlederegenskaper i disse filmene. Det viser seg mulig å observere inntrenging av enkeltkvanter av magnetisk fluks. Vi er interessert i å observere I-V karakteristikk for slike systemer, der tverrsnittet av filmen er gjort så lite at den bare kan ta inn ett eneste flukskvant før den drives til normalt tilstand. Vi venter dermed at sterkt ulineære I-V karakteristikk skal kunne oppnås. Slike karakteristikk er ofte basis for interessante anvendelser. Eksperimentene utføres i en spesialbygget plattform fra Quantum Design, bygd for superledermålinger av flere slag.

### **3) Teoretisk beregning av superledning i nanosuperledere.**

Vi ønsker å løse Ginzburg-Landau likningene for superledere med nano størrelse. For tynne filmer i parallell magnetfelt uten flukslinjeinntregning er det enkelt å løse, men målingene viser at flukslinjene trenger inn (se oppgave 2). Derfor ønsker vi å utvide den teoretiske modellen til også å ta hensyn til flukslinjer, og sammenligne med eksperimentelle målinger. I tillegg er det mulig å gjøre beregninger på staver og sylindere. Beregningene gjøres ved numerisk løsning av diff. likninger.

## **Polymere halvledermaterialer:**

**Rettledersteam:** Emil J. Samuelsen (rom E3-137), Johannes Bremer (rom E3-124), Dag W. Breiby (rom E3-142);

e-post: [Fornavn.Etternavn@phys.ntnu.no](mailto:Fornavn.Etternavn@phys.ntnu.no)

Polymere halvleder-materialer reknes for å representere framtida på IKT-feltet (Informasjons- og kommunikasjonsteknologi). Nobelprisen for år 2000 ble gitt på dette feltet. Bruksområdet er m. a. lysemittende dioder (LED) og lasere i form av plane, fleksible skjermer, og datalagring. Materialene som vi arbeider med, blir dels framstilt ved NTNU (Institutt for kjemi), dels av våre samarbeidspartnere i Sverige, Frankrike, Polen, Canada og USA. Materialene blir brukt i form av tynne sjikt eller som orienterte fiber.

Oppgavene blir formulert innenfor området

### **”Polymere halvleder-materialer som nano-sjikt og som nano-fibrer”**

#### ***Det vil kunne formuleres flere ulike oppgaver***

En skal undersøke grad av preferert orientering som oppstår i materialet når det blir deponert som tynne sjikt, eller framstår som ultra-tynne fibrer. Ultratynne sjikt ned til tjukkelse  $10^{-8}$  m kan en oppnå ved deponering av filmer på overflata av vann. Tråder med diameter ned til  $5 \cdot 10^{-8}$  m kan lages ved å la dråper av polymeroppløsninger fordampe i høgspenningsfelt. Andre måte er å plassere polymeren i porene til porøse materialer som cellulose (dvs. spesielt papir) eller aerogel (porøst glass). Materialene kan dopes *in situ* ved tilsetning av dopemiddel, og fargeforandring og ledningsevne-forandringer kan følges *på stedet*. Eksperimentelt arbeid vil bestå av en eller flere av følgende:

- spektroskopiske studier med synlig lys. Absorpsjonsspektra. Lumenescens-spektra.
- spektroskopiske studier med infrarødt lys
- diffraksjonsstudier med røntgen – her ved NTNU, eller ved eventuelt med synkrotron-røntgen ved ESRF i Grenoble
- overflatemetoder, slik som ”Atomic Force Microscopy” (AFM), og overflatediffraksjon

Modellberegninger og simuleringer vil inngå i oppgavene, slik som lysgjennomgangen i system av tynne filmer.

*I samarbeid med Per Nygård, Papirindustriens Forskningsinstitutt:*

” Diffraksjonsstudier av anisotropi i papir,” **og** ”Statistisk beskrivelse av mikrostruktur i papir”

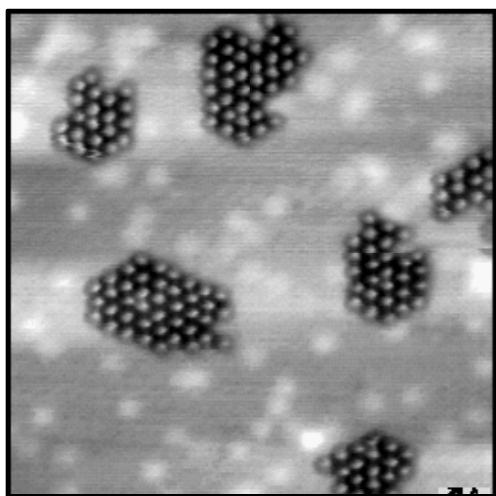
#### **Scanning tunneling mikroskopi:**

### **Scanning tunneling mikroskopi (STM) studier adsorpsjonsprosesser på overflater**

Veiledere: Prof. Anne Borg, Inst. for fysikk ([anne.borg@phys.ntnu.no](mailto:anne.borg@phys.ntnu.no))

Stipendiat Ingeborg-Helene Svenum, Inst. for fysikk

Adsorpsjons- og dissosiasjonsprosesser er fundamentale trinn i oksidasjon av og andre reaksjoner på overflater. Slike prosesser har ren grunnforskningsinteresse, men er også svært viktige for ulike anvendte problemstillinger knyttet til overflaten av et materiale, eksempelvis i forbindelse med korrosjon og katalyse.



Figuren viser øyer av molkytært oksygen på Pd(111)-overflaten.

I denne oppgaven skal adsorpsjon og dissosiasjon av  $O_2$  og  $H_2O$  på enkrystallinske overflater av aluminium studeres ved hjelp av scanning tunneling mikroskopi (STM). STM, som er en eksperimentell teknikk basert på kvantemekanisk tunnelering, tillater studier av struktur av rene og adsorbatdekte overflater på atomær skala. Figuren viser et eksempel på et STM-bilde der ordning av molekylært oksygen på Pd(111) er studert. Siktemålet denne diplomoppgaven er å studere adsorpsjon og dissosiasjon av  $O_2$  og  $H_2O$  molekyler på atomære skala på aluminiumsoverflaten med (100) orientering. Til dette arbeidet skal det nye variabel-temperatur STM-instrumentet som nå er installert ved Institutt for fysikk brukes. Dette instrumentet tillater kjøling av prøven til temperaturer lavere enn

dissosiasjons-temperaturen for disse molekylene på denne overflaten. Vi har dermed mulighet for å studere både adsorpsjons- og dissosiasjonsprosessen for disse molekylene i detalj som funksjon av temperatur.

Aluminium er valgt fordi dette materialet har en rekke teknologisk viktige anvendelser, både som konstruksjonsmateriale og innen katalyse. I Norge er aluminium et viktig råmateriale, som produseres i store mengder. I oksidert form, som  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , benyttes materialet som bærer i ulike katalysesystemer. Vekselvirkningen mellom aluminium og  $\text{O}_2$  eller  $\text{H}_2\text{O}$  er viktig i såvel korrosjons- som katalysesammenheng.

## **Kraft-mikroskopi (AFM) studier av adhesjon på aluminiumsoverflater**

Veiledere: Prof. Anne Borg, Inst. for fysikk ([anne.borg@phys.ntnu.no](mailto:anne.borg@phys.ntnu.no))

Postdoc Ali Ata, Inst. for fysikk

For en del industrielle anvendelser av aluminium er det viktig å kjenne de mekaniske egenskapene til aluminiumsoverflater og ulike typer belegg på disse. I denne oppgaven skal kraft-mikroskopi (AFM) benyttes for å studere adhesjonen ved polymer-aluminiumoksid grenseflater. AFM er en eksperimentell teknikk basert på kraftvekselvirkningen mellom en spiss og en overflate. Denne teknikken, som vanligvis benyttes for å studere topografi på overflater ned til nanometer skala, kan også blant annet benyttes til å måle krefter mellom en spiss og en prøve. Kraftmåling med AFM vil være hoveddelen av denne oppgaven. Kraftvekselvirkninger mellom ulike funksjonelle grupper og oksidoverflater skal undersøkes. Effekten av overflateruhet på adhesjonsegenskapene skal også studeres. Oppgaven er knyttet til et større prosjekt innen "Light Metal Surface Science" ved NTNU/SINTEF/UiO. En målsetting i dette prosjektet er å få bedre forståelse av de fundamentale prosessene involvert i adhesjon mellom et belegg og en aluminiumsoverflate.

## **Spektroskopi, optikk og overflatefysikk:**

### ***Overflateplasmoner og magnetooptisk Kerr-effekt.***

(Veiledere: J. Bremer, O. Hunderi, F. Hansteen.)

Magnetooptisk aktive materialer påvirker lysets polarisasjonstilstand. Dette kan utnyttes til å lage magnetfeltsensorer, lagringsmedia for informasjon, osv.. Overflateplasmoner er kollektive eksitasjoner av elektroner i prøver med frie ladningsbærere, som for eksempel metaller og doped halvledere. Det foreligger eksperimentelle data som tyder på at overflateplasmoner er i stand til å forsterke magnetooptiske effekter. Denne effekten er pr. i dag ikke skikkelig forstått.

Vi tilbyr en hovedoppgave der studenten skal måle hvordan plasmoneksitasjoner modifierer fase og amplitude for innkommende lys som reflekteres fra magnetooptisk aktive overflater og grenseflater. Prøvene vil bestå av tynne filmer og multilagsystemer bestående av Co-, Ni-, Au-, Ag-, YIG-lag, osv. Typisk tykkelse på lagene er 10 – 20 nm. Eksperimentene vil bli utført med magnetfelt i polar, transversal og longitudinal orientering. Målte data skal sammenliknes med modellberegninger. Oppgaven vil passe for en student med interesse for optikk og anvendt faststoff-fysikk.

### ***Ultratynne organiske halvlederfilmer.***

(Veiledere: J. Bremer, E. Samuelsen, O. Hunderi, F. Hansteen, D. Breiby)

Polymere halvledermaterialer og ultratynne organiske filmer har en rekke potensielle bruksområder i framtidig elektronikk og fotonikk. (Lysemitterende dioder, organiske display, osv.) Langmuir-

Blodgett-teknikken er en veletablert metode som kan brukes for å bygge opp multilagstrukturer med ønskede stukurelle, optiske og elektroniske egenskaper.

Vi disponerer Langmuir-Blodgett-utstyr og ønsker kontakt med en hovedfagsstudent som er interessert i å bygge opp slike filmsystemer. Etter tillaging skal filmene undersøkes med spektroskopiske og optiske metoder.

### ***Tidsoppløst spektroskopi***

(Veiledere: J. Bremer, O. Hunderi)

Femtosekundspektroskopi er basert på registrering av små tidsforsinkelser ved hjelp av korrelasjonsmålinger. En typisk måling foregår slik: En Ti-dopet safirlaser pumpes av en Nd:YAG laser. Pulsen splittes i en stråledeler. Etter at den ene pulsen er forsinket et bestemt antall femtosekunder bringes begge strålene til å overlappe for eksempel i en frekvensdoblende krystall. Ved hjelp av "pump and probe"-teknikker kan for eksempel tidsavhengig refleksjonsamplitude for lys reflektert fra overflater måles, for fotonenergier over og under kritisk energi for interbandovergang. I motsetning til tradisjonelle spektroskopiske teknikker kan en på denne måten få informasjon om ladningsbæredynamikken på overflater, i grenseflater og i nanoskalerte materialer. Tidsoppløst laserspektroskopi vil være svært nyttig for å forstå hvordan lysabsorpsjon avhenger av overflateplasmoner og deres vekselvirkning med adsorbater.

Vi ønsker i første rekke en student med interesse for optikk og laserfysikk. Oppgaven vil bestå av å bygge opp/prøve ut et femtosekund laseroppsett, samt å gjøre innledende målinger på utvalgte modellsystemer.

### **Røntgendiffraksjonsstudier av materialer**

Veileder: Professor Frode Mo fmo@phys.ntnu.no

### **Tidsoppløste studier av prosesser i metalliske materialer**

Den ekstreme briljansen av synkrotron strålekilder har åpnet for undersøkelser av dynamiske tilstander i materialer. Intens stråling i kombinasjon med raske og effektive detektorer som er utviklet de siste årene er nødvendige verktøy for dynamiske studier til høy oppløsning både i tid og rom, ved diffraksjon, fluorescens eller avbildning. Ved å bruke energirik røntgen-stråling med stor gjennomtrengingsevne er det mulig å følge prosesser både på overflater og i bulk av en massiv prøve (røntgendiffraksjons-mikroskopi). Vi ønsker å undersøke hva som skjer i et metall eller en legering under ekstrudering. Ved ekstrudering presses oppvarmet materiale (eks. Al-legering) med stor kraft gjennom en dyse som kan ha et sylindrisk (stang) eller et rektangulært (belte) tverrsnitt. Prosessene som foregår i det avkjølnende materialet etter ekstrudering har avgjørende betydning for flere viktige materialeegenskaper. Slike prosesser er ikke blitt studert tidligere *in situ*.

Første trinn i arbeidet er å konstruere en ekstruder modellert etter eksisterende teknisk utstyr. Planleggingen av arbeidet og vurdering av komponentene er i gang. Bygging av utstyret vil foregå i vårsemesteret 2003. En diplomoppgave vil kunne bestå i: beregninger for dimensjonering av prøvekommer, deltakelse i bygging og skriving av programmer for styring av ekstruder, og uttesting.

Norges forskningsråd er søkt om bevilgning til en post-dok. stilling på dette prosjektet.

## **Strukturstudier av ferroelastisk organisk forbindelse**

Vi undersøker ferroiske forbindelser ved en-krystall røntgendiffraksjon for å karakterisere forandringer i molekylstruktur knyttet til faseovergangen. For disse arbeidene har vi utviklet en gasstrøm termostat prøvecelle med kontroll av relativ fuktighet og utstyr for å legge et elektrisk DC-felt over krystallprøven. Denne cella er testet og fungerer godt. Den mest aktuelle forbindelsen for et diplomarbeid er et organisk hydrat som vi mener er ferroelastisk. Faseovergangen aktiverer en reversering av polariteten som må medføre forskyvninger av relativt store atomgrupper. Det skjer uten forandring av krystalsymmetri. Dette er en sjelden og interessant strukturell faseovergang.

Et diplomarbeid vil bestå i å sette seg inn i emnet røntgendiffraksjon, som er hovedmetoden for å studere struktur på atomnivå, delta i diffraksjonsarbeidene på krystaller som vi har, arbeide med datasettene og raffinere strukturene fra disse settene for å beskrive i detalj hva som skjer ved faseovergangen. Programmer for analyser av data, raffinering av struktur og diverse grafikk finnes.



## HOVEDOPPGAVER FRA GRUPPE FOR KOMPLEKSE MATERIALER

Disse oppgaver finnes også under :

<http://www.phys.ntnu.no/~fossumj/cpx/trondheim/hovedoppgaver2003/>

Gruppen for komplekse materialer representerer forskning og vitenskap i fysikk ved instituttet som arbeider innen grunnleggende materialvitenskap, med spesiell fokus på myke materialer og komplekse systemer, nanovitenskap og nanoteknologi og potensielle anvendelser av dette. Gruppen omfatter vitenskapelig ansatte (6 faste vitenskapelig ansatte, for tiden 2-3 postdocs og 5-6 stipendiater) som samarbeider om eksperimenter, simuleringer og teori.

Følgende faste vitenskapelige ansatte ved institutt for fysikk er medlemmer av gruppen (Oktober 2002):

- Arnljot Elgsæter, Professor (biologisk fysikk)
- Jon Otto Fossum, Førsteamanuensis (eksperimenter i kondenserte fasers fysikk)
- Alex Hansen, Professor (teoretisk fysikk)
- Arne Mikkelsen, Professor (biofysikk)
- Steinar Raaen, Professor (eksperimenter i kondenserte fasers fysikk)
- Kim Sneppen, Professor (teoretisk fysikk) (permisjon 2002-03)

Gruppen er nært knyttet til det nasjonale senteret for

**”Komplekse systemer og myke materialer”**



<http://www.phys.ntnu.no/CPX>

Dette nasjonale senteret for komplekse systemer og myke materialer er et samarbeid mellom tre forskningsgrupper i Norge: Gruppen for komplekse systemer og myke materialer ved Universitetet i Oslo (UiO), Gruppen for komplekse (systemer og myke) materialer ved NTNU og fysikkavdelingen ved Institutt for energiteknikk (IFE).

Gruppen samarbeider også nært med vitenskapelige grupperinger i København (Niels Bohr instituttet og NORDITA), i Frankrike (f.eks. Ecole Normale Supérieure i Paris, Université de Nice, Université de Rennes 1 og ved ESRF i Grenoble), i Brasil (Universidade de Brasília), i USA (University of Arizona, Brookhaven National Lab, etc) og i flere andre land.

Vi kan derfor tilby hovedoppgaver/diplomer både

- internt ved NTNU Institutt for fysikk,
- ved UiO Fysisk institutt,
- ved IFE, Kjeller, fysikkavdelingen,
- i København,
- i Frankrike,
- i Brasil,
- eller andre steder etter eventuelt ønske.

I alle disse tilfellene vil hovedveileder aktivt være en av de nevnte ovenfor, selv om arbeidet fysisk foregår et annet sted enn ved NTNU.

Gruppe for komplekse materialer ved institutt for fysikk, NTNU fokuserer for tiden blant annet på problemstillinger innenfor følgende hovedområder av moderne fysikk:

- **Nanopartikler: Biologiske partikler (proteiner, DNA/RNA, polysakkarider, lipid/vesikler), geologiske partikler (leire, mineraler), og idealiserte syntetiske partikler.** Eksempler på biologiske nanopartikler (livets molekyler): Proteiner, DNA/RNA, polysakkarider og lipider/vesikler (fett). Disse molekylene tar mange former. Proteinene gjør arbeidet og sørger blant annet for kommunikasjon i en levende celle. DNA er bærer av "minnet" og styrer sammen med RNA det hele, inklusive hvilke proteiner som blir syntetisert. Lipider danner membraner som fysisk omslutter alle celler og mikroorganismer (diameter ned til ca 1  $\mu\text{m}$ ). Cellemembrantykkelsen er ca 5 nm. Vi ønsker å forstå disse "medspillerne", og hvorledes de vekselvirker med hverandre. Dette inkluderer proteinfolding, protein-protein vekselvirkninger, protein-DNA vekselvirkninger og organisering på høyere nivå som f.eks. genetiske "switcher" og molekylære nettverk.
- **Myke materialer og kollektiv oppførsel:** Myke materialer som resultat av vekselvirkninger mellom nanopartikler. Et eksempel på et mykt kondensert medium er leire. Leire er mykt, dvs makroskopisk ikke-krystallinsk, og viser en fascinerende og fantastisk rik oppførsel under forskjellige betingelser. Gitt at verden er full av leire, er det overraskende hvor lite som faktisk er kjent om dens fysiske egenskaper. Hvordan oppfører myke materialer seg når ytre krefter påtrykkes, f.eks. ytre elektrisk felt, magnetfelt, eller påtrykte spenninger eller deformasjoner (rheologi)? Vi har også en pågående aktivitet innen granulære mediers fysikk hvor vi studerer disse både i tørr og våt form. Fundamental forskning på dette er av nyere dato og stadig oppdages det overraskende effekter og sammenhenger. Vi arbeider også med det "inverse" problemet, nemlig porøse mediers fysikk, hvor vi studerer hvordan væsker og gasser beveger seg gjennom disse.
- **Sprekkvekst og sprekkmorfologi:** Et godt eksempel på et fysisk kollektivt fenomen er sprekkvekst: Når et materiale svikter under mekanisk stress (spenning), utvikles sprekker på grunn av spenningsfeltet. Spenningsfeltet utvikles (forsterkes) i sin tur av oppsprekningen; man får en runddans. Det vil si, "prosessen drar seg selv opp etter håret". Dette gir seg til syne gjennom hvordan sprekker ser ut (deres morfologi): Det viser seg at sprekkoverflater kan karakteriseres gjennom visse parametere som er uavhengig av materialet som sprekker opp. Vi har studert dette fenomenet gjennom mange år, men allikevel mangler mengder av viktige spørsmål svar.
- **Komplekse prosesser på overflater:** Materialers vekselvirkning med omverdenen foregår via overflaten. Det er derfor viktig å kartlegge og forstå egenskapene til ulike overflater. Hvordan vekselvirker atomer og molekyler med rene overflater, og hvordan resulterer vekselvirkninger mellom atomer på rene overflater i selv organiserte komplekse strukturer? Hvordan kan en overflates elektroniske og strukturelle egenskaper endres ved dannelse av nanostrukturerte overflatelegeringer? Hvordan kan en overflate skreddersys for at en gitt kjemisk reaksjon på overflaten skal være mest mulig effektiv (heterogen katalyse)? Likeledes kan en katalysator brukes til å redusere uønskede miljøskadelige reaksjonsprodukter.

For å kartlegge og å forstå disse og andre fysiske fenomener, anvender vi blant andre følgende verktøy:

- Teoretiske beregninger stort sett basert på statistisk mekanikk
- Numerisk fysikk

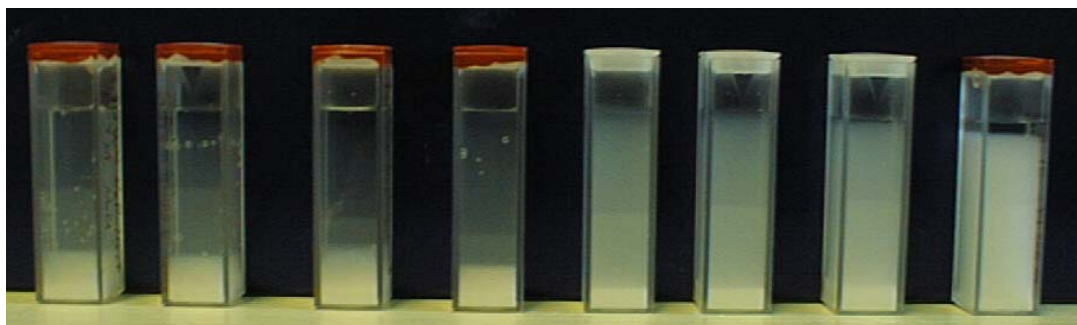
- Eksperimentelle teknikker som f.eks.:
  - Rheologiske teknikker for studier av makroskopisk oppførsel.
  - Videomikroskopi og annen makroskopisk visualisering og analyse.
  - Lysspredning og elektrooptiske metoder for kartlegging og analyse av struktur og dynamikk på nano- og mikrometerskala
  - Synkrotron røntgenspredning ved ESRF i Frankrike og ved andre synkrotronkilder for kartlegging og analyse av strukturer og dynamikk på nanometerskala.
  - Nøytronspredningsteknikker ved IFE, Kjeller, for komplementær kart-legging og analyse av strukturer og dynamikk på nanometerskala.
  - Nanopartikkelkontroll og analyseteknikker, f.eks. fraksjonering og kraftmikroskopi (AFM).
  - Elektron diffraksjon (LEED), og XPS og UPS (røntgen- og UV-fotoemisjon) for overflatestudier.
  - Termisk desorpsjon (TPD) av gasser fra faste overflater.
  - Fotoemisjonsmikroskopi (PEEM) for blant annet å studere tidsoppløste overflatereaksjoner.

**Vi tilbyr hovedoppgaver/diplomoppgaver innenfor alle prikkpunktene ovenfor, og tilbyr både fysikkoppgaver, rene instrumenteringsoppgaver inkludert instrument- programmering, og kombinasjoner av dette. Noen aktuelle oppgaver for 2003 er som følger:**

## **I. Fysikkoppgaver:**

### **1. 3 delprosjekt innen studier av væskekrystallfaser i systemer av nano-lagdelte silikatpartikler:**

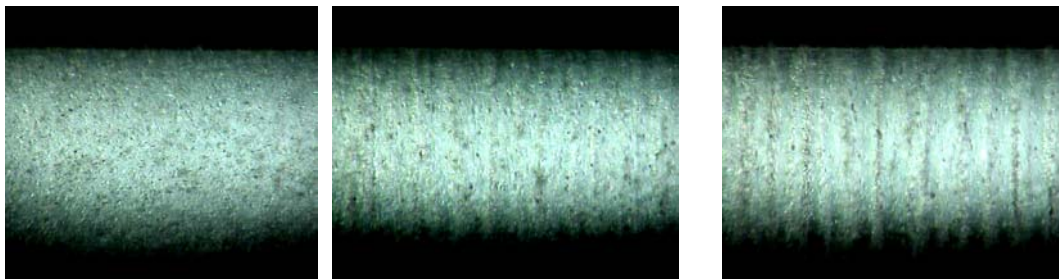
Dette prosjekter som er Dr.ing prosjekt for stipendiat Davi de Miranda Fonseca, omhandler eksperimentelle studier av fysikken forbundet med ordning av skiveformede nanopartikler (lagdelte silikatpartikler, dvs. leire) i vann i strukturer tilsvarende dem som danner grunnlaget for moderne LCD flatskjermer. I tillegg til stipendiat Fonseca, arbeider også post.doc Yves Meheust på dette prosjektet ved NTNU. Hovedoppgaven skjer mest naturlig ved NTNU, men det er også mulig å definere oppgaver innenfor dette prosjektet ved UiO, IFE eller deltid ved ESRF. Det følgende bildet viser hvordan slike væskekrystallfaser manifesterer seg makroskopisk, og hvordan optiske egenskaper til en løsning av leirepartikler i vann kan "tunes" ved hjelp av saltinnhold. Alle prøvene i dette inneholder 3% syntetisk leire i form av skiveformede nanopartikler i 97% vann. Økende NaCl saltinnhold fra venstre mot høyre:



Kontaktperson og hovedveileder for dette prosjektet: Førsteamanuensis Jon Otto Fossum. (Email: [jon.fossum@phys.ntnu.no](mailto:jon.fossum@phys.ntnu.no), tel. 73593482, Rom E3-160 Realfagsbygget NTNU). Medveiledere Post.doc. Yves Meheust ([yves.meheust@phys.ntnu.no](mailto:yves.meheust@phys.ntnu.no)) og stipendiat Davi Fonseca ([davi.fonseca@phys.ntnu.no](mailto:davi.fonseca@phys.ntnu.no)), (begge realfagbygget NTNU)

### **2. 3 delprosjekt innen studier av elektrorheologiske fenomener i systemer av nano-lagdelte silikatpartikler:**

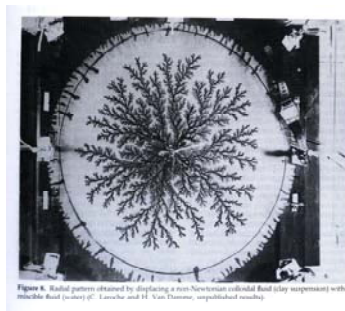
Dette prosjektet som er Dr.ing prosjekt for stipendiat Kanak Parmar, omhandler eksperimentelle studier av fysikken forbundet med ordning av skiveformede nanopartikler (lagdelte silikatpartikler, dvs. leire) i olje i strukturer når elektriske felt påtrykkes. Dette er et eksempel på et såkalt smart materiale basert på design av nanopartikler, med mange mulige anvendelser i moderne materialteknologi. I tillegg til stipendiat Parmar, arbeider også post.docene Yves Meheust og Renaud Touissant på dette prosjektet ved NTNU. Hovedoppgaven skjer mest naturlig ved NTNU, men det er også mulig å definere oppgaver innenfor dette prosjektet ved UiO, IFE eller deltid ved ESRF. Bildene nedenfor viser videomikroskopi av strukturell kjededannelse for et slikt system: Påtrykt elektrisk felt var < 2kV og ”prøvehøyden” var 1mm. Fra venstre til høyre var tiden henholdsvis 0 sek., 40 sek. og 80 sek. Utvikling av kjededannelse med tiden kan ses tydelig.



Kontaktperson og hovedveileder for dette prosjektet: Førsteamanuensis Jon Otto Fossum. (Email: [jon.fossum@phys.ntnu.no](mailto:jon.fossum@phys.ntnu.no), tel. 73593482, Rom E3-160 Realfagsbygget NTNU). Medveiledere Post.doc. Yves Meheust ([yves.meheust@phys.ntnu.no](mailto:yves.meheust@phys.ntnu.no)) og stipendiat Kanak Parmar ([kanak.parmar@phys.ntnu.no](mailto:kanak.parmar@phys.ntnu.no)), (begge realfagbygget NTNU).

### 3. Eksperimentelle studier av hydraulisk oppsprekking av geler av syntetisk leire:

Laponitt er en syntetisk leire som danner gjennomsiktige geler med så lite som 1% leireinnhold i 99% vann. Det er av fundamental interesse å forstå hvordan fluider trenger inn i slike geler, og slik fysikkforståelse kan ha klare anvendelser f.eks. i oljeindustrien. Dette prosjektet omfatter eksperimentelle videostudier av fluidinntregning i slike geler når fluidhastighet og fluidtrykk endres. Ved å variere fluidtrykk og hastighet har vi gjort foreløpige studier av en overgang mellom fingerdannelse og oppsprekking i slike systemer, og vi fortsetter disse studiene. Dette prosjektet skjer i nært samarbeid med COMPLEX gruppen ved UiO, og oppgaven kan derfor helt eller delvis foregå ved fysisk institutt ved UiO. Post.doc. Renaud Touissant ved NTNU arbeider nå aktivt med dette prosjektet. Bildet viser eksempel på mønsterdannelse når en fluid injisert fra sentrum trenger inn i en leiregel mellom to glassplater. Dimensjoner ca 30x30 cm<sup>2</sup>

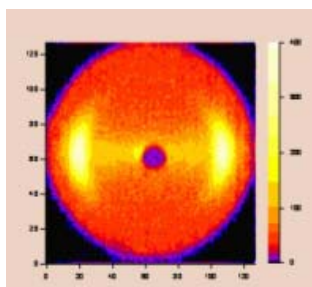


Kontaktperson og hovedveileder for dette prosjektet: Førsteamanuensis Jon Otto Fossum. Email: [jon.fossum@phys.ntnu.no](mailto:jon.fossum@phys.ntnu.no), tel. 73593482, Rom E3-160 Realfagsbygget NTNU. Medveiledere er professorene Knut Jørgen Måløy ([k.j.maloy@fys.ntnu.no](mailto:k.j.maloy@fys.ntnu.no)) og Eirik Grude Flekkøy ([e.g.flekkoy@fys.uio.no](mailto:e.g.flekkoy@fys.uio.no)) (ved UiO Fysisk Institutt), post.doc Renaud Toussaint ([renaud.toussaint@phys.ntnu.no](mailto:renaud.toussaint@phys.ntnu.no)) (Realfagbygget NTNU) samt professor Alex Hansen ([alex.hansen@phys.ntnu.no](mailto:alex.hansen@phys.ntnu.no)) (Realfagbygget NTNU).

### 4. Småvinkel nøytron spredning (SANS) studier av porestrukturer av nano-lagdelte silikatpartikler:

Dette prosjektet er i samarbeid med COMPLEX-gruppen ved fysikkavdelingen ved IFE, Kjeller og er en fortsettelse av to diplomprosjekter som har gått over de to siste årene (2001 og 2002). Prosjektet omhandler studier av nanoporøsitet i makroskopiske systemer av syntetisk leire, samt diffusjon av vann i slike systemer. Forståelse av slik problematikk har anvendelser innen materialteknologi og er også av interesse for oljeindustri. Post.doc Yves Meheust er knyttet til dette prosjektet lokalt ved NTNU. Det følgende bildet viser et eksempel et 2-dimensjonalt

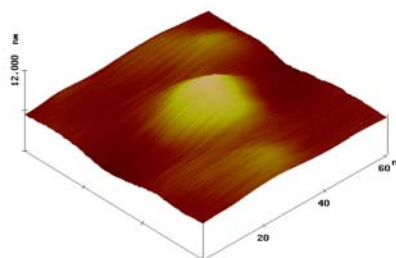
SANS diffraksjonsopptak fra nylige studier ved IFE. Slike diffraksjonsmønstre gir informasjon om vanninnhold i nano-porer i materialer, i dette tilfellet syntetisk leire.



Kontaktperson og hovedveileder for dette prosjektet: Førsteamanuensis Jon Otto Fossum. (Email: [jon.fossum@phys.ntnu.no](mailto:jon.fossum@phys.ntnu.no), tel. 73593482, Rom E3-160 Realfagsbygget NTNU). Medveiledere er seniorforskerne Kenneth Knudsen ([knudsen@ife.no](mailto:knudsen@ife.no)) og Geir Helgesen ([geirh@ife.no](mailto:geirh@ife.no)) (ved IFE, Kjeller).

## 5. Kraftmikroskopi (AFM)

Gruppen for komplekse materialer er i ferd med å anskaffe et kraftmikroskop (AFM: Bildet til venstre nedenfor). Vi har flere prosjekter som "venter" på dette instrumentet, men "ankomsttid" for denne AFM'n er uklar når dette skrives i oktober 2002, slik at ingen av disse prosjektene konkretiseres her. Bildet til høyre nedenfor viser en nano partikkel (syntetisk diskosformet leirepartikkel, 25 nanometer diameter, 1 nanometer tykk) avbildet av oss tidligere vha en innleid AFM:

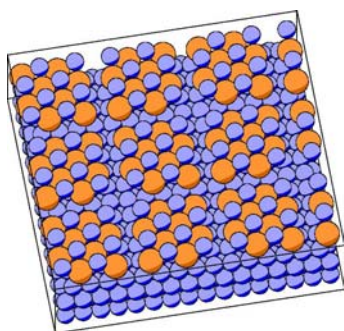


Dersom gruppen's AFM ankommer tidlig nok i vårsemesteret 2003, kan flere oppgaver innen moderne nanovitenskap settes i gang på dette instrumentet.

Kontaktperson og hovedveileder for dette prosjektet: Førsteamanuensis Jon Otto Fossum. (Email: [jon.fossum@phys.ntnu.no](mailto:jon.fossum@phys.ntnu.no), tel. 73593482, Rom E3-160 Realfagsbygget NTNU).

## 6. Elektroniske egenskaper av nanostrukturerte metalloverflater

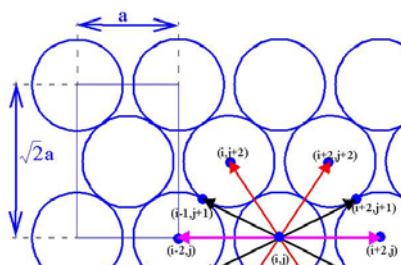
Prosjektet gjelder blant annet studier av gassadsorpsjon på overflatelegeringer med struktur på nanometerskala. Et interessant system er f.eks. La/Rh(100). Først blir ca. 1 monolag med La deponert på overflaten til en Rh(100) enkeltkrystall. Deretter blir systemet varmebehandlet for å lage en velordnet overflatelegering. Adsorpsjon av ulike gasser f.eks. O<sub>2</sub>, CO eller CO<sub>2</sub> studeres deretter. Elektronisk struktur, geometrisk struktur og desorpsjons-energi undersøkes ved ulike eksperimentelle metoder. Målet er bl.a. å oppnå fundamental kunnskap som er relevant for reelle katalysator-systemer, og som er teknologisk viktig i energi- og miljø-sammenheng.



Kontaktperson og hovedveileder for dette prosjektet er professor Steinar Raaen. (Email: [steinar.raaen@phys.ntnu.no](mailto:steinar.raaen@phys.ntnu.no), tel. 73593635, Rom E3-174 Realfagsbygget NTNU).

## 7. Monte-Carlo simulering av termisk desorpsjon av molekyler fra overflater

Tolkning av desorpsjonsdata ved desorbering av adsorberte gassmolekyler fra en overflate er kompliserte av flere grunner. Et adsorbent molekyl kan sitte på ulike steder på en flate (f.eks. rett over et substrat-atom eller mellom to atomer) som har ulik adsorpsjonsenergi. Likeledes vil vekselvirkning mellom adsorberte molekyler ha stor betydning. Videre kommer at molekyler kan dissosiere når det adsorberer på en flate, mens andre adsorberer i molekylær form. Slike prosesser kan simuleres på et overflategitter hvor det kan tas hensyn til nabovekkelvirkninger og forskjellig desorpsjonsenergi for ulike gitterposisjoner.



Kontaktperson og hovedveileder for dette prosjektet er professor Steinar Raaen. (Email: [steinar.raaen@phys.ntnu.no](mailto:steinar.raaen@phys.ntnu.no), tel. 73593635, Rom E3-174 Realfagsbygget NTNU). Medveileder er professor Alex Hansen. (Email: [alex.hansen@phys.ntnu.no](mailto:alex.hansen@phys.ntnu.no)).

## 8. Fotoelektronmikroskopi av overflatereaksjoner

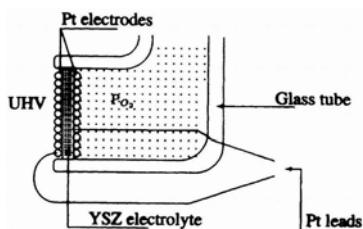
Mange kjemiske reaksjoner av både teknologisk og miljømessig betydning foregår på overflaten av katalysatorer. Det er derfor viktig å oppnå fundamental forståelse av slike reaksjoner. Elektroniske bindinger på atomær skala spiller en avgjørende rolle, men også fenomener som foregår på større lengdeskala må tas i betraktning. Dette gjelder for eksempel transport av atomer og molekyler langs overflaten. Et fotoemisjon elektronmikroskop (PEEM) vil bli brukt til å se på konsentrasjons-variasjoner av ulike molekyler på overflater. Tidsvariasjoner av reaksjonsmønstre kan observeres i "real time". Et eksempel på en gassreaksjon er oksydasjon av CO på en platina overflate.



Kontaktperson og hovedveileder for dette prosjektet er professor Steinar Raaen. (Email: [steinar.raaen@phys.ntnu.no](mailto:steinar.raaen@phys.ntnu.no), tel. 73593635, Rom E3-174 Realfagsbygget NTNU)

## 9. Overflate-egenskaper av oksygenledende faststoffelektrolytter

Studier av faststoff-elektrolytt-celler ved bruk av overflate-analysemetoder har relevans for katalytiske prosesser så vel som for brenselcelle-teknologi, og har derfor relevans for miljøvennlig energiutnyttelse. Dette prosjektet legger vekt på studier av innflytelsen av elektroniske egenskaper på katalytisk aktivitet og selektivitet, ved å undersøke elektroden på cellen under ulike operasjonsbetingelser. Figuren til høyre viser en skisse av cellen hvor den aktive elektroden er på ultra-høy-vakuuum (UHV) siden. Oksygen (eller luft) tilføres på baksiden av cellen, og oksygenstrømmen og overflate-egenskapene til den aktive elektroden kan varieres ved å påtrykke en elektrisk spenning over cellen.



Schematic picture of the Pt-YSZ-Pt solid electrolyte cell.

Kontaktperson og hovedveileder for dette prosjektet er professor Steinar Raaen. (Email: [steinar.raaen@phys.ntnu.no](mailto:steinar.raaen@phys.ntnu.no), tel. 73593635, Rom E3-174 Realfagsbygget NTNU).

## 10. Dynamisk egenskaper til biologiske nanopartikler studert vha. statisk og dynamisk lysspredning

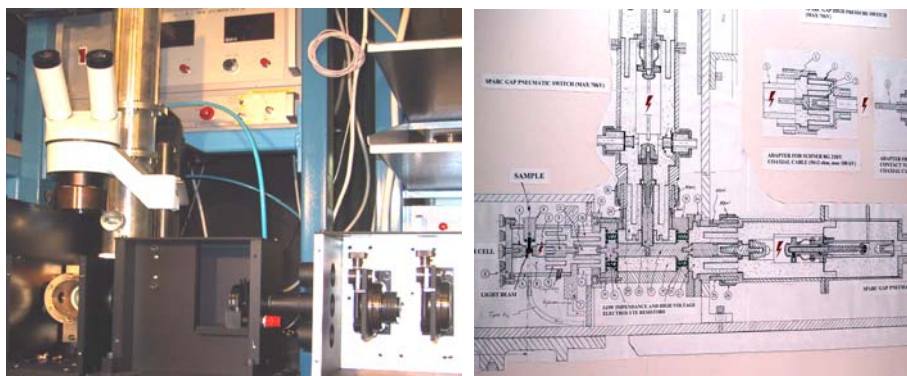
Studier av statisk og dynamisk lysspredning fra nanopartikler er viktige metoder for bestemmelse av slike partiklers struktur og dynamikk. For tiden er oppmerksomheten fokusert mot A) Det kjedeformede strukturelle proteinet spektrin og dets komponenter, B) laponitt og C) visse spesialiserte lipidvesikkelsystemer. For slike målinger disponerer vi et state-of-the-art kommersielt instrument fra ALV, Tyskland.



Kontaktperson og hovedveileder for dette prosjektet: Professor Arnljot Elgsæter. (Email: [Arnljot.Elgsaeter@phys.ntnu.no](mailto:Arnljot.Elgsaeter@phys.ntnu.no), tel. 73593431, Rom E3-169 Realfagsbygget, NTNU). Medveiledere professor Arne Mikkelsen (Email: [Arne.Mikkelsen@phys.ntnu.no](mailto:Arne.Mikkelsen@phys.ntnu.no), tel. 73593433, Rom D4-153 Realfagsbygget, NTNU) og stipendiat Sine Nalum Naess (Email: [Stine.Nass@phys.ntnu.no](mailto:Stine.Nass@phys.ntnu.no), tel. 73593435, Rom E3-165 Realfagsbygget, NTNU).

## 11. Elektrooptiske egenskaper til nanopartikkelsystemer

Måling av elektro-optiske egenskaper gir først og fremst informasjon om rotasjonsdynamikken til nanopartiklene. Fokus for tiden er delvis knyttet til nanopartikler av biologisk opphav og delvis knyttet til syntetisk og naturlig laponitt. Den eksisterende instrumentering gir også unike muligheter når det gjelder studier av den kollektive dynamikken til laponitt i de ulike gelfasene.



Kontaktperson og hovedveileder for dette prosjektet: Professor Arnljot Elgsæter. (Email: [Arnljot.Elgsaeter@phys.ntnu.no](mailto:Arnljot.Elgsaeter@phys.ntnu.no), tel. 73593431, Rom E3-169 Realfagsbygget, NTNU). Medveiledere professor Arne Mikkelsen (Email: [Arne.Mikkelsen@phys.ntnu.no](mailto:Arne.Mikkelsen@phys.ntnu.no), tel. 73593433, Rom D4-153 Realfagsbygget, NTNU), stipendiat Sine Nalum Naess (Email: [Stine.Nass@phys.ntnu.no](mailto:Stine.Nass@phys.ntnu.no), tel. 73593435, Rom E3-165 Realfagsbygget, NTNU) og førsteamanuensis Jon Otto Fossum.(Email: [jon.fossum@phys.ntnu.no](mailto:jon.fossum@phys.ntnu.no), tel. 73593482, Rom E3-160 Realfagsbygget NTNU).

## 12. Fryse-etse elektronmikroskopi av vesikulære nanopartikler

Karotenfosfolipider (antioxidant mot mutagen kreft) og astaxanthin-derivat (mulig hjertemedisin) danner vesikulære nanopartikler. Kartlegging av i hvilken grad disse vesiklene består av multilag eller singellag vesikler er viktig for forståelsen av de funksjonelle mekanismene til disse stoffene. Fryse-etse elektronmikroskopi er eksepsjonelt vel egnet for slike studier. Complex har lang erfaring med bruk av denne teknikken og disponerer det eneste instrument i landet for denne typen prøvepreparering.

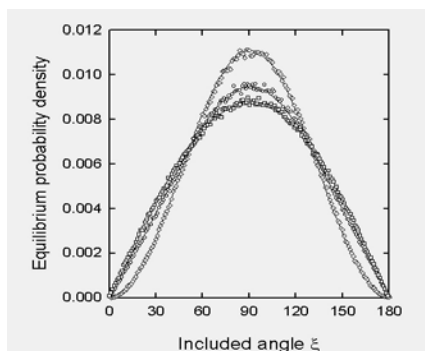


Kontaktperson og hovedveileder for dette prosjektet: Professor Arnljot Elgsæter. (Email: [Arnljot.Elgsaeter@phys.ntnu.no](mailto:Arnljot.Elgsaeter@phys.ntnu.no), tel. 73593431, Rom E3-169 Realfagsbygget, NTNU). Medveiledere: Stipendiat Sine Nalum Naess (Email: [Stine.Nass@phys.ntnu.no](mailto:Stine.Nass@phys.ntnu.no), tel. 73593435, Rom E3-165 Realfagsbygget, NTNU) og Vassilia Partali, Institutt for kjemi, NTNU.

## 13. Numerisk modellering av nanopartikkelsystemers dynamikk

De karakteristiske relaksasjonstidene for middels store nanopartikler ligger i tidsområdet 1 – 1000 mikrosekund. Dette innebærer at det i praksis kun er mulig å modellere dynamikken til slike systemer numerisk ved hjelp av Brownsk dynamikk simuleringer. Detaljerte studier av de fleste nanopartikler krever at partiklene modelleres som ikke-sfæriske. Det er her av stor interesse å finne fram de mest effektive algoritmene for studier av nanopartikler med og uten holonomiske (stive) føringer. Store deler av de nødvendig programkoden er ferdigutviklet. Koden er laget i FORTRAN og er skrevet av AE. Oppgaven vil i hovedsak bestå av en videreføring av dette arbeidet.

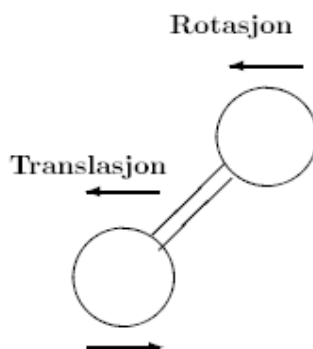




Kontaktperson og hovedveileder for dette prosjektet: Professor Arnljot Elgsæter. (Email: [Arnljot.Elgsaeter@phys.ntnu.no](mailto:Arnljot.Elgsaeter@phys.ntnu.no), tel. 73593431, Rom E3-169 Realfagsbygget, NTNU). Medveiledere professor Arne Mikkelsen (Email: [Arne.Mikkelsen@phys.ntnu.no](mailto:Arne.Mikkelsen@phys.ntnu.no), tel. 73593433, Rom D4-153 Realfagsbygget, NTNU) og stipendiat Sine Nalum Naess (Email: [Stine.Nass@phys.ntnu.no](mailto:Stine.Nass@phys.ntnu.no), tel. 73593435, Rom E3-165 Realfagsbygget, NTNU).

#### 14. Den generaliserte mobilitetstensoren til ikke-sfæriske nanopartikler

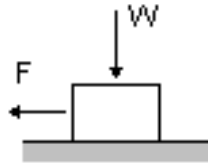
En av de aller viktigste parameterne innen Brownsk dynamikk er den generaliserte mobilitetstensoren til nanopartikler hvor både partikkelens translasjon og rotasjon er inkludert. Etablering av effektive algoritmer for detaljert beregning av denne tensoren for ikke-sfæriske nanopartikler er derfor viktig for alle typer studier av dynamikken til realistiske nanopartikkelgeometrier. To like kuler forbundet med en stiv stav (rigid dumbbell) er en enkel, men meget god modell for testing av effektiviteten og nøyaktigheten til forskjellige mulige algoritmer for beregning av den generaliserte mobilitetstensoren til ikke-sfæriske nanopartikler. Den mest lovende motoden for å beregne mobilitetstensoren er basert på den såkalte CBLBEB-metoden og Connolly's program. Det siste programmet er kommersielt tilgjengelige, men må etableres og testes for de aktuelle problemstillingene.



Kontaktperson og hovedveileder for dette prosjektet: Professor Arnljot Elgsæter. (Email: [Arnljot.Elgsaeter@phys.ntnu.no](mailto:Arnljot.Elgsaeter@phys.ntnu.no), tel. 73593431, Rom E3-169 Realfagsbygget, NTNU). Medveiledere professor Arne Mikkelsen (Email: [Arne.Mikkelsen@phys.ntnu.no](mailto:Arne.Mikkelsen@phys.ntnu.no), tel. 73593433, Rom D4-153 Realfagsbygget, NTNU) og stipendiat Sine Nalum Naess (Email: [Stine.Nass@phys.ntnu.no](mailto:Stine.Nass@phys.ntnu.no), tel. 73593435, Rom E3-165 Realfagsbygget, NTNU).

#### 15. Nanofriksjon:

Friksjon er mye mer enn det man lærte i første klasse. Faktisk er tribologi – friksjonslære – et meget aktivt forskningsfelt. Det aspektet vi ønsker å studere i dette prosjektet er hvordan morfologien (utseendet) til overflatene som er i kontakt påvirker kreftene som oppstår mellom flatene. Vi ønsker å studere dette på en skala hvor enkeltatomer blir viktige, altså, nanoskala. Dette vil vi gjøre numerisk gjennom å bruke molekylærdynamikk.



Kontaktperson og hovedveileder for dette prosjektet: Professor Alex Hansen, (Email: [Alex.Hansen@phys.ntnu.no](mailto:Alex.Hansen@phys.ntnu.no), tel: 73593649, rom E5-123, Realfagsbygget, NTNU).

### 16. Sprekkruhet:

I løpet av 2002 har vi konstruert en teori for skaleringssegenskapene man observerer eksperimentelt i sprekkoverflater. Kort sagt går disse ut på at den typiske lengdeskalaen normalt på sprekkoverflaten går som lengdeskalaen man ser på langs sprekkoverflaten opphøyet i 0.8. Denne teorien har åpnet for en mengde nye ideer som må undersøkes. Dette prosjektet vil gå ut på teste ut disse ideene numerisk og teoretisk.



Kontaktperson og hovedveileder for dette prosjektet: Professor Alex Hansen, (Email: [Alex.Hansen@phys.ntnu.no](mailto:Alex.Hansen@phys.ntnu.no), tel: 73593649, rom E5-123, Realfagsbygget, NTNU).

### 17. Aksjemarkedets dynamikk:

I samarbeid med Johan Hauknes, STEP-gruppen (Studies in technology, innovation and economic policy) er vi i ferd med å utvikle en modell hvor vi ser på aksjemarkedet som et statistisk mekanisk system. Målet med modellen er å prøve å identifisere hva det er som driver store fluktuasjoner. Dette faller inn under det nye feltet “econophysics.”



Kontaktperson og hovedveileder for dette prosjektet: Professor Alex Hansen, (Email: [Alex.Hansen@phys.ntnu.no](mailto:Alex.Hansen@phys.ntnu.no), tel: 73593649, rom E5-123, Realfagsbygget, NTNU).

### 18. Monte-Carlo algoritme for XY-modellen:

Wang og Landau publiserte i fjor en algoritme for å finne tilstandstettheten numerisk for diskrete spinn-systemer [Phys. Rev. Lett. 86, 2050 (2001)]. Denne algoritmen virker svært lovende og vil kunne gjøre tilgjengelig en rekke problemer som tidligere ikke har kunnet blitt studert. Men, den har et problem: Hvordan kan man implementere den for kontinuerlige systemer slik som XY-modellen? I samarbeid med Professor George Batrouni, Université de Nice-Sophia Antipolis, vil vi i dette prosjektet forsøke å generalisere algoritmen til slike systemer.

Kontaktperson og hovedveileder for dette prosjektet: Professor Alex Hansen, (Email: [Alex.Hansen@phys.ntnu.no](mailto:Alex.Hansen@phys.ntnu.no), tel: 73593649, rom E5-123, Realfagsbygget, NTNU).

## II. Instrumenteringsoppgaver:

Alle de eksperimentelle oppgavene nevnt ovenfor i punkt 1. omfatter noe instrumentering og instrumentprogrammering (LabView eller LabWindows) i tillegg til dataanalyse for fysikk-interpretasjon. Her følger noen RENE instrumenteringsoppgaver:

### 19. Pendel viskoelastometer

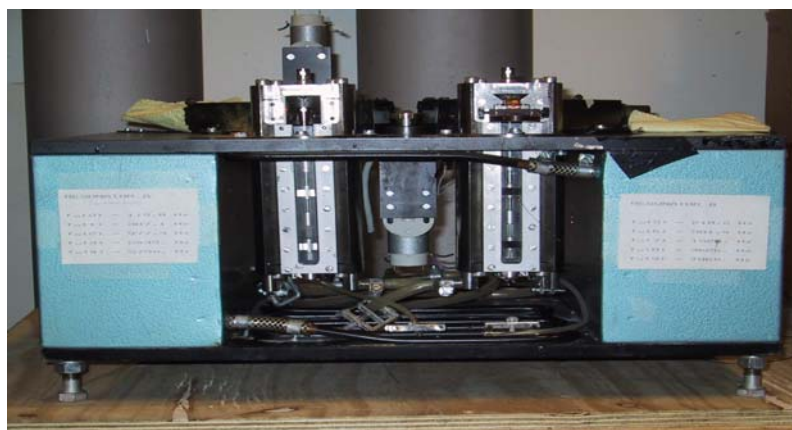
Dette er et unikt ikke-kommersielt rheometer for måling av viskoelastisitet til nanopartikkelsystemer i frekvensområdet 0,01-3 Hz. Instrumentet kan i tillegg måle stress- og strain relaksasjon. Det eksisterende datautstyret for instrumentkontroll og datainnsamling er etter hvert blitt foreldet. Oppgaven omfatter oppbygging av et topp moderne datasystem (PC) for instrumentkontroll og datainnsamling ved bruk av LabView eller Labwindows.



Kontaktperson og hovedveileder for dette prosjektet: professor Arne Mikkelsen (Email: [Arne.Mikkelsen@phys.ntnu.no](mailto:Arne.Mikkelsen@phys.ntnu.no), tel. 73593433, Rom D4-153 Realfagsbygget, NTNU). Medveiledere: Professor Arnljot Elgsæter. (Email: [Arnljot.Elgsaeter@phys.ntnu.no](mailto:Arnljot.Elgsaeter@phys.ntnu.no), tel. 73593431, Rom E3-169 Realfagsbygget, NTNU), og Førsteamanuensis Jon Otto Fossum (Email: [jon.fossum@phys.ntnu.no](mailto:jon.fossum@phys.ntnu.no), tel. 73593482, Rom E3-160 Realfagsbygget NTNU).

### 20. Høgfrequens (100 – 10 000 Hz) viskoelastometer

Dette er et unikt ikke-kommersielt rheometer for måling av viskoelastisitet til nanopartikkelsystemer for 10 jevnt fordelte resonanser frekvenser (høy-Q) i frekvensområdet 100-10000 Hz. Det eksisterende datautstyret for instrumentkontroll og datainnsamling er etter hvert blitt foreldet. Oppgaven omfatter oppbygging av et toppmoderne datasystem (PC) for instrumentkontroll og datainnsamling ved bruk av LabView eller LabWindows.



Kontaktperson og hovedveileder for dette prosjektet: Professor Arnljot Elgsæter. (Email: [Arnljot.Elgsaeter@phys.ntnu.no](mailto:Arnljot.Elgsaeter@phys.ntnu.no), tel. 73593431, Rom E3-169 Realfagsbygget, NTNU). Medveiledere professor

Arne Mikkelsen (Email: [Arne.Mikkelsen@phys.ntnu.no](mailto:Arne.Mikkelsen@phys.ntnu.no), tel. 73593433, Rom D4-153 Realfagsbygget, NTNU) og Førsteamanuensis Jon Otto Fossum (Email: [jon.fossum@phys.ntnu.no](mailto:jon.fossum@phys.ntnu.no), tel. 73593482, Rom E3-160 Realfagsbygget NTNU).

## 21. Ultrahøfrekvens (10 -200 kHz) viskoelastometer

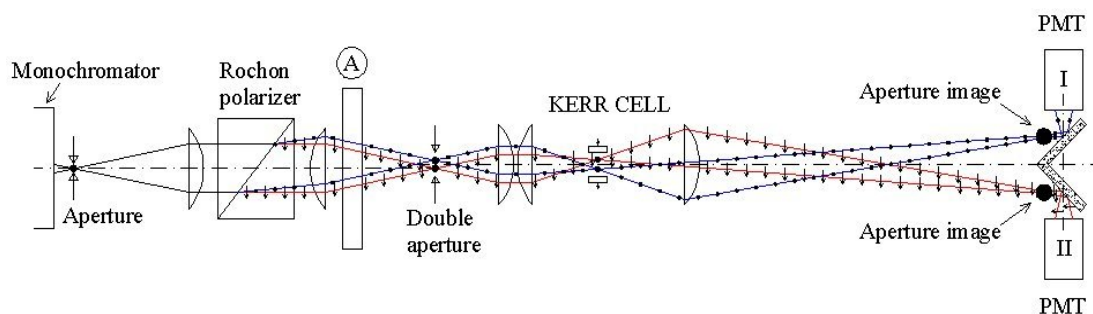
Dette er et unikt ikke-kommersielt rheometer for måling av viskoelastisitet til nanopartikkelsystemer for resonanser frekvenser (høy-Q) i frekvensområdet 10-200 kHz. Det eksisterende datautstyret for instrumentkontroll og datainnsamling er etter hvert blitt foreldet. Oppgaven omfatter oppbygging av et topp moderne datasystem (PC) for instrumentkontroll og datainnsamling ved bruk av LabView eller LabWindows.



Kontaktperson og hovedveileder for dette prosjektet: Professor Arnljot Elgsæter. (Email: [Arnljot.Elgsaeter@phys.ntnu.no](mailto:Arnljot.Elgsaeter@phys.ntnu.no), tel. 73593431, Rom E3-169 Realfagsbygget, NTNU). Medveiledere professor Arne Mikkelsen (Email: [Arne.Mikkelsen@phys.ntnu.no](mailto:Arne.Mikkelsen@phys.ntnu.no), tel. 73593433, Rom D4-153 Realfagsbygget, NTNU) og Førsteamanuensis Jon Otto Fossum (Email: [jon.fossum@phys.ntnu.no](mailto:jon.fossum@phys.ntnu.no), tel. 73593482, Rom E3-160 Realfagsbygget NTNU).

## 22. Videreutvikling og utprøving av elektrooptisk instrumentering for studier av nanopartikkelstruktur og -dynamikk

Et nytt "state-of -the-art" instrument for måling av elektrisk induert dikroisme og dobbeltbrytning er blitt designet og er under bygging ved COMPLEX, NTNU. I tillegg til disse standardmetodene er instrumentet bygget for også å måle elektrisk induert sirkulær dikrosime (CD), noe som aldri tidligere er blitt gjort, men som vil kunne gi viktig tilleggsinformasjon om intrapartikkel strukturell dynamikk i nanopartiklene. Instrumentet vil også kunne brukes til å måle stasjonær CD. Prinsippskisse av de optiske hovedkomponentene:



Fotoelastisk modulator. PMT= Photo Multiplier Tube. Bølgelengdeområde: 190-700nm.

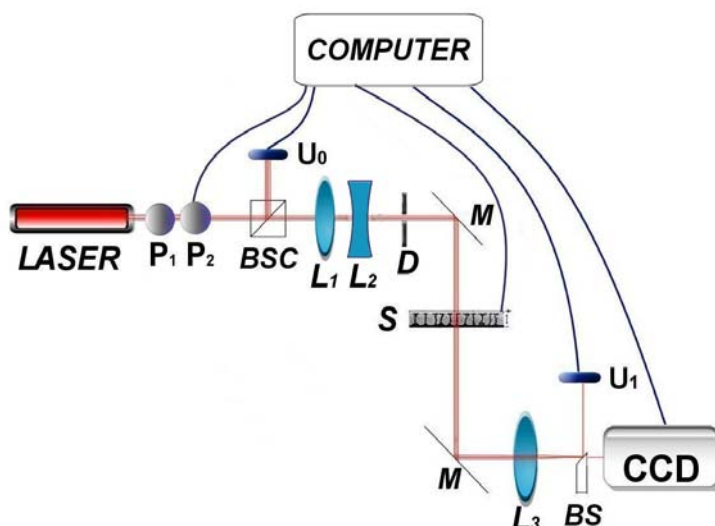
Oppgaven gir bred instrumenteringserfaring innen elektrooptikk og moderne databasert instrumentkontroll og datainnsamling (LabWindows).

Kontaktperson og hovedveileder for dette prosjektet: Professor Arnljot Elgsæter. (Email: [Arnljot.Elgsaeter@phys.ntnu.no](mailto:Arnljot.Elgsaeter@phys.ntnu.no), tel. 73593431, Rom E3-169 Realfagsbygget, NTNU). Medveiledere professor Arne Mikkelsen (Email: [Arne.Mikkelsen@phys.ntnu.no](mailto:Arne.Mikkelsen@phys.ntnu.no), tel. 73593433, Rom D4-153 Realfagsbygget, NTNU) og

stipendiat Sine Nalum Naess (Email: [Stine.Nass@phys.ntnu.no](mailto:Stine.Nass@phys.ntnu.no), tel. 73593435, Rom E3-165 Realfagsbygget, NTNU).

### 23. Oppsett og kalibrering av lab for småvinkel lysspredning (SALS):

Vi har nylig etablert en lab for småvinkel lysspredning (SALS) ved institutt for fysikk NTNU. Dette laboratoriet blir meget god egnet til å studere diffraksjonsmønstre fra myke materialer dannet av strukturer av nanopartikler. Det eksperimentelle oppsettet for SALS er skissert i følgende figur (S er prøven som studeres, og detektoren er et avansert CCD digitalt videokamera for direkte avbildning av diffraksjonsmønstre), og dette prosjektet vil bestå av å kalibrere og å utprøve denne apparaturen på kjente modellsystemer. Prosjektet omfatter en god del LabView programmering. Grunnleggende kunnskaper i instrumentering og i klassisk optikk er en fordel.

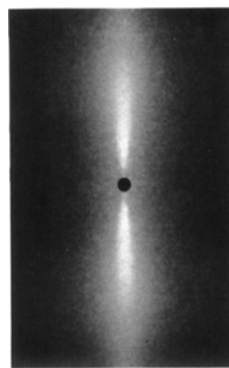
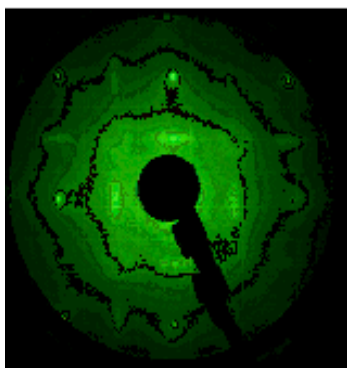


Kontaktperson og hovedveileder for dette prosjektet: Førsteamanuensis Jon Otto Fossum. (Email: [jon.fossum@phys.ntnu.no](mailto:jon.fossum@phys.ntnu.no), tel. 73593482, Rom E3-160 Realfagsbygget NTNU).

### 24. Diffraksjonseksperimenter: Billedinnsamling, –behandling, og –analyse.

Dette prosjektet omhandler digital billedanalyse av diffraksjonsmønstre. Dette er av stor interesse både mht studier av overflater, og mht laser diffraksjonseksperimenter som beskrevet ovenfor. Ved hjelp av digitalt kamera kan bilder av lys- og elektrondiffraksjon innsamles og analyseres. Lav-energetisk elektrondiffraksjon (LEED) brukes til å studere ordning av atomer ved overflaten av faste stoffer. Diffraksjonsbildet dannes på en fosfor-skjerm som kan avfotograferes med et lysfølsomt kamera, som vist i det følgende bildet til venstre. Til høyre vises en intensitetsprofil fra småvinkel laser diffraksjon fra et elektrorheologisk system, hvor diffraksjonsmønsteret avbildes direkte i kameraet vha egnet optikk (dvs ikke via en fosforskjerm).

Intensitetsprofiler bestemmes ved behandling og analyse av de digitale bildene, og dette prosjektet handler om ”framegrabbing” og utprøving av egnet software for pålitelig billedbehandling.



Kontaktpersoner og hovedveiledere for dette prosjektet er professor Steinar Raaen, (Email: [steinar.raaen@phys.ntnu.no](mailto:steinar.raaen@phys.ntnu.no), tel. 73593635, Rom E3-174 Realfagsbygget NTNU), og førsteamanuensis Jon Otto Fossum. (Email: [jon.fossum@phys.ntnu.no](mailto:jon.fossum@phys.ntnu.no), tel. 73593482, Rom E3-160 Realfagsbygget NTNU).

## 25. Oppsett og kalibrering av lab for dynamisk lysspredning (DLS) beregnet for studier av langsom dynamikk i myke materialer.

Dette prosjektet omhandler videreutvikling av og en kombinasjon av deler av prosjektene 23 og 24 umiddelbart ovenfor. Prosjektet er motivert ut fra interessen for studier av dynamikk av systemer av nano partikler i løsning: Tradisjonelle dynamisk lysspredningsteknikker (DLS-teknikker) takler ikke langsom dynamikk slik som man finner i systemer av nanopartikler ved store partikkelkonsentrasjoner (f.eks. geler). I slike tilfeller må spesielle CCD digitale videokameraer, slik som beskrevet under SALS prosjektet ovenfor, benyttes som detektor, og man kan utføre tids- og prøvemidling ved å matche avbildet dynamisk speckle størrelse til CCD kameraet's pixelstørrelse. Dette prosjektet vil i hovedsak omfatte programmering for datainnsamling fra CCD pixler for automatisk midling og kalibrering mot kjente nano partikkel systemer. Grunnleggende kunnskaper i instrumentering og i klassisk optikk kan være en fordel.

Kontaktperson og hovedveileder for dette prosjektet: Førsteamanuensis Jon Otto Fossum. (Email: [jon.fossum@phys.ntnu.no](mailto:jon.fossum@phys.ntnu.no), tel. 73593482, Rom E3-160 Realfagsbygget NTNU).

### III. Kjemi/bio oppgaver:

#### 26. Fraksjonering av nanopartikler

Fysisk karakterisering av nanopartikkelsystemer er generelt desto enklere dess mere homogen partikkelegenskapene er, dvs. dess smalere størrelsesfordelingen er. De fleste naturlig forekommende typer leire består av laponittpartikler med størrelser som spenner over et relativt vidt område, dvs. størrelsesfordelingen er polydispers. Det er derfor viktig å utarbeide fraksjoneringsmetoder som gjør det mulig å framstille størrelsesfraksjoner hvor nanopartiklene med god tilnærming har samme størrelse. Denne oppgaven består i å prøve ut forskjellige gelfiltreringer (size exclusion) med tanke på få framstilt prøver (fraksjoner) inneholdende laponitt nanopartikler som er mest mulig like. Vi benytter også metoden til karakterisering og fraksjonering av proteiner.



Figure copyright: [http://www1.amershambiosciences.com/aptrix/upp01077.nsf/content/norway\\_homepage](http://www1.amershambiosciences.com/aptrix/upp01077.nsf/content/norway_homepage)

Kontaktperson og hovedveileder for dette prosjektet: professor Arne Mikkelsen (Email: [Arne.Mikkelsen@phys.ntnu.no](mailto:Arne.Mikkelsen@phys.ntnu.no), tel. 73593433, Rom D4-153 Realfagsbygget, NTNU). Medveiledere: Professor Arnljot Elgsæter. (Email: [Arnljot.Elgsaeter@phys.ntnu.no](mailto:Arnljot.Elgsaeter@phys.ntnu.no), tel. 73593431, Rom E3-169 Realfagsbygget, NTNU), og Førsteamanuensis Jon Otto Fossum (Email: [jon.fossum@phys.ntnu.no](mailto:jon.fossum@phys.ntnu.no), tel. 73593482, Rom E3-160 Realfagsbygget NTNU).

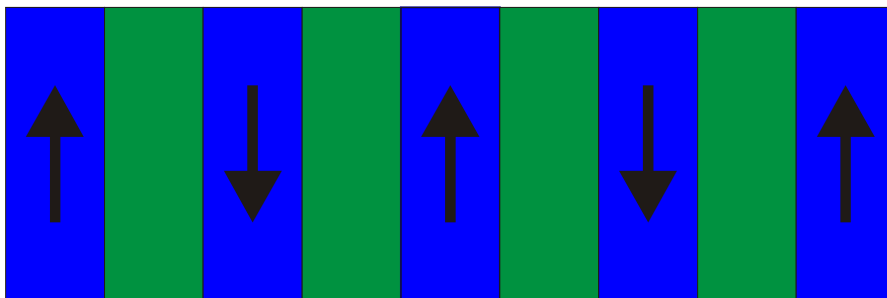
# HOVEDOPPGAVER FRA SEKSJON FOR TEORETISK FYSIKK

## Diplom-oppgave innen spintronikk

Et elektron har et indre magnetisk moment, et “spinn”. Spinnet angir en retning og er ikke bare en tallverdi som elektronets elektriske ladning. I normale metaller er det like mange elektroner med spinn i en bestemt retning som i den motsatte. Elektronets spinn har i disse systemene derfor liten betydning. I en ferromagnet er det et overskudd av elektroner med et spinn i en retning og systemet har et netto spinn, eller et total magnetisk moment.

Målinger av transport-egenskapene mellom ferromagneter og vanlige metaller har vist at elektronene som beveger seg også til en viss grad er spinn-polarisert. Det betyr at de bærer med seg et netto magnetisk moment. Det fører til at ikke-magnetiske metaller kan få spesielle magnetiske egenskaper når de er i kontakt med ferromagneter og systemet ikke er i likevekt. Dette fenomenet kalles spinn-innjisering.

Egenskapene til spinnet kan brukes i nye elektroniske kretser. Det såkalte “giant magneto resistance (GMR)” -fenomenet i lagdelte ferromagnetiske-normal metall systemer ble oppdaget for litt over 10 år siden og er nå den ledende teknologien i lese-hoder for data-lagrings-medier. Elektroniske kretser som bruker elektronets spinn istedenfor elektronets ladning har blitt døpt “spintroniske” kretser etter modell av “elektroniske kretser”. Spintroniske kretser kan også brukes i magnetiske RAM brikker og muligens i framtiden i kvante-datamaskiner, datamaskiner som er basert på kvantemekaniske logiske prinsipper.



Figur 1: Lagdelt nano-skala ferromagnetisk/normal metall struktur. Lengden til hvert lag er så liten som 10 atomer. De blå lagene er ferromagneter med innbyrdes anti-parallele magnetiserings-retninger. De grønne lagene er normale metaller. Et eksternt magnet-felt kan vende alle magnetene i samme retning og forandre den elektriske motstanden til strukturen.

Denne diplom-oppgaven er et teoretisk studie av spinnets rolle i kondenserte medier og dets innvirkning på fundamentale transport-prosesser. Vi vil undersøke transport-egenskapene til sammensatte normal metall – ferromagnet – superleder strukturer. Analytiske og/eller numeriske beregninger vil bli utført avhengig av studenten(e)s interesse.

En viktig problem-stilling kan være det følgende. Ett elektron som passerer en ferromagnet opplever en elektrisk motstand som er avhengig av retningen til spinnet til elektronet. Motstanden kan være større (i noen tilfeller også mindre) dersom spinnet er i samme retning som magnetiseringen i forhold til når spinnet er motsatt rettet magnetiseringen. Det betyr at ferromagneten påvirker elektronet med en spinn-avhengig kraft. På den annen side kjenner vi Newton's 3. lov i klassisk fysikk som sier at kraft er lik motkraft. Det vil derfor også være et moment på retningen til magnetiseringen til

ferromagneten dersom en strøm passerer gjennom den. Med andre ord kan en strøm gjennom en ferromagnet styre retningen til magnetiseringen i den samme ferromagneten. Vi har en mikroskopisk modell for hvordan dette spinn-momentet oppstår, og vil bruke denne modellen for å forklare de makroskopiske spinn-moment egenskapene til et hybrid system bestående av ferromagneter og normale metaller. Den mikroskopiske modellen gir et sett av generaliserte Kirchoff's lover for spintronikk som kan forstås og brukes i analogi med Ohm's lov for elektroniske kretser.

En eller to studenter kan arbeide med denne oppgaven. Flere opplysninger kan ved å kontakte Arne Brataas, 73 59 36 47, [Arne.Brataas@phys.ntnu.no](mailto:Arne.Brataas@phys.ntnu.no), <http://www.phys.ntnu.no/~abrataas/>.

### **Selvkonsistente tilstandslikninger:**

Veileder: Prof. Johan S.Høye ([Johan.Hoye@phys.ntnu.no](mailto:Johan.Hoye@phys.ntnu.no))

Bestemmelse av tilstandslikningen for vekselvirkende mangepartikkelsystem er krevende og komplisert, og en må generelt ty til approximasjoner. I de senere årene er det utviklet en metode, SCOZA (self-consistent Ornstein-Zernike approximation), som har gitt resultater med stor nøyaktighet der en kan sammenlikne med kjente resultater. Metoden baserer seg på at tilstandslikningen

kan beregnes fra parkorrelasjonsfunksjonen på to uavhengige måter. Ved å kreve samme svar kan en optimalisere resultatet med hensyn på en fri parameter. Dette gir en ikke-lineær partiell differensiallikning som kan løses numerisk. Oppgaven vil ta utgangspunkt i en nylig avsluttet hovedoppgave og et dr. ing. arbeid som har vært grunnleggende for å bestemme og analysere numeriske resultater. I prosjektet vil allerede utarbeidet dataprogrammer kunne benyttes, og eventuelt videreutvikles.

### **Kvante - Monte Carlo:**

Veileder : Professor Jan Myrheim ([Jan.Myrheim@phys.ntnu.no](mailto:Jan.Myrheim@phys.ntnu.no))

"Kvante-Monte Carlo" går ut på å bruke veiintegralmetoder for å simulere kvantemekaniske mangepartikkelsystem ved endelig temperatur. Fordelen med en slik metode er at antallet parametre som trengs for å beskrive en mangepartikkeltilstand, øker lineært med partikkeltallet, og ikke eksponensielt som med de fleste andre metodene. Derfor kan en, i hvert fall i prinsippet, gjøre beregninger med mange partikler, uten andre tilnærminger enn at den numeriske nøyaktigheten er endelig. Metoden er velegnet for spinnløse bosoner, et eksempel er superflytende helium 4. For fermioner er den hemmet av det såkalte "fortegnsproblemet", at veiintegralet har både positive og negative bidrag, og derfor er vanskelig å beregne numerisk. Oppgaven vil være å se nærmere på dette fortegnsproblemet, og også hvordan spinn kan behandles (for elektroner).

Også andre oppgaver er aktuelle, ta gjerne kontakt.

### **Statistisk fysikk, kvantemekanikk eller kvantefeltteori.**

Veileder : Professor Kåre Olaussen ([Kare.Olaussen@phys.ntnu.no](mailto:Kare.Olaussen@phys.ntnu.no))

1. Elektromagnetiske egenskaper til nøytrinoer.



Vår viten om jorda, sola (og universet forøvrig) kunne utvides dramatisk hvis det hadde vært like lett å detektere nøytrinoer som fotoner. Dette er ikke tilfellet i dag (jfr. årets Nobelpriser i fysikk, <http://www.nobel.se/>).

I denne oppgaven skal vi fantasere over muligheten for mer effektiv og kontrollerbar deteksjon, ved å utnytte koherent vekselvirkning mellom nøytrinoer og det elektromagnetiske felt. Denne vekselvirkningen er i utgangspunktet uhyre svak, men kan i prinsippet forsterkes gjennom koherens.

Oppgaven vil gå ut på å (i) studere nøytrinoets elektromagnetiske egenskaper, og (ii) analysere hvordan disse vil påvirke nøytrinoets dynamikk når det er i et elektromagnetisk felt.

## 2. Eksakt løsning av den to-dimensjonale Coulombgassen.

Hvis verden hadde vært to-dimensjonal ville Coulomb-potensialet mellom to punktladninger  $q$  (målt i passende enheter) variert med avstanden  $r$  som  $\frac{q^2}{r}$ , og Boltzmann-faktoren som  $\frac{q^2}{\beta}$ . Dette fører til at man lagt på vei kan løse statistisk mekanikk problemet for et slikt (klassisk) ionesystem eksakt.

Tilstandsligningen ble funnet i 1972 av Hemmer og Hauge. I løpet av år 2000 har man også lyktes i å finne den eksakte oppførselen til andre termodynamiske størrelser som indre energi, spesifikk varme o.l.

Oppgaven vil gå ut på å studere denne løsningen nærmere, og å sammenligne den med standard tilnæringsmetoder som også kan anvendes på tredimensjonale systemer. Den vil involvere både analytisk og numerisk arbeid.

Det er også av interesse, og fysisk relevans, å studere systemer med logaritmisk vekselvirkning i tre dimensjoner.

## 3. KVIKK-oppgave.

KVIKK = KVante-Informasjon, Kommunikasjon og Kalkulasjon.  
Nærmere opplysninger ved direkte kontakt med Kåre Olaussen.

## 4. Beregning av tunnelling og refleksjon Bosekondensater.

Nærmere opplysninger ved direkte kontakt med Kåre Olaussen.

## Seismikk/geofysikk (sammen med Statoil Forskningscenter) :

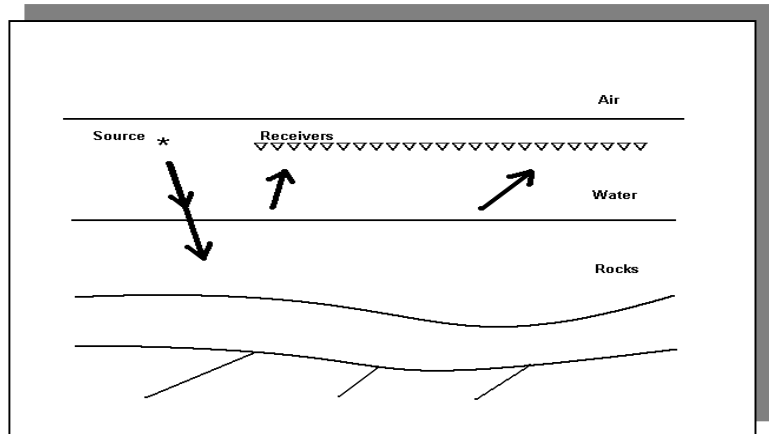
Flere oppgaver kan defineres innen teoretisk geofysikk, spesielt inn mot seismisk metodeutvikling. En stor del av arbeidet innen dette fagfeltet utføres i Statoil av forskere med bakgrunn fra NTNU, spesielt teoretisk fysikk og matematikk. Det vil også kunne være muligheter for sommerjobb ved Statoil Forskningscenter.

Temaene er her presentert i en generell form, og mer konkrete oppgaver kan defineres både som Prosjekt- og Diplomoppgaver. Ytterligere detaljer og forklaringer kan fåes ved direkte henvendelse. Kontaktpersoner for oppgavene er Ketil Hokstad ([kehok@statoil.com](mailto:kehok@statoil.com)) og Roger Sollie ([rsol@statoil.com](mailto:rsol@statoil.com)). (NTNU-kontakt er Kåre Olaussen, ([kolaussen@phys.ntnu.no](mailto:kolaussen@phys.ntnu.no))).

## Innledning

I et standard seismisk ”eksperiment” vil man måle det skalare feltet  $P(\vec{x}_r, \vec{x}_s, t)$  (trykket i vann) med et sett med mottakere lokalisert i  $\vec{x}_i$  (jfr. Figur). Dette feltet er et resultat av en kilde  $s(t) \delta(\vec{x} - \vec{x}_s)$ . En kan også tenke seg mottakere i undergrunnen (borehull) eller på havbunnen, og da måles de tre komponentene av et vektorfelt (f.eks. partikkelhastigheten).

De målte data er et resultat av direkte refleksjoner grunnet kontraster i mediet, samt både overflaterelaterte (vann/luft) og interne refleksjoner (multipler). Seismisk prosessering har som formål å bearbeide den enorme mengden av data som samles inn av bilde og trekke ut informasjon (elastiske egenskaper) om undergrunnen.



for å

### Oppgave 1: Multiplelfjerning

Et klassisk problem innen seismisk prosessering er å fjerne den energi i det målte signalet som stammer fra refleksjoner flere ganger opp og ned i vannlaget (multipler). Slik energi vil interferere med primære refleksjoner, og maskere informasjonen om undergrunnen.

Multipler kan i Fourierdomenet estimeres fra de målte data som en romlig konvolusjon

$$M(\vec{x}_r, \vec{x}_s, \omega) = \sum_{y_i} \sum_{x_i} P(\vec{x}_r, \vec{x}_i, \omega) P(\vec{x}_i, \vec{x}_s, \omega). \quad \text{Når multiplene er estimert fra dataene kan de subtraheres ved hjelp av et romlig adaptivt filter.}$$

Oppgaven vil gå ut på å studere hvilken effekt dette har for multiplelfjerningen

### Oppgave 2: Brønnseismikk

Serviceselskapene (Schlumberger, CGG osv.) har nå lansert mottakere som i et borehull måler 4 komponenter av bølgefeltet (3 komponent geofon+hydrofon). Dette kan benyttes til å separere bølgefeltet i forskjellige moder ( for eksempel a. oppgående/nedgående bølger, eller b. skjær-/kompresjonsmoder), noe som bl.a. er nyttig for fjerning av multipler i dataene. Vi ønsker en teoretisk studie av hvilke forbedringer et slikt verktøy gir. Et fundamentalt spørsmål er også hva som egentlig måles av en hydrofon i et elastisk medium (skalart trykk versus stress tensor).

### Oppgave 3: Anisotropi

I seismiske data kan en ofte observere at den vertikale hastigheten til bølgefeltet er forskjellig fra den horisontale. Dette kan være en effekt av tynne lag (sedimentering), oppsprekking av mediet, eller det kan skyldes intrinsiske egenskaper ved bergartene (skifer). En enkel, men realistisk form for anisotropi er en polar symmetri med vertikal symmetriakse, der hastigheten tilnærmet variere som

$$V(\theta) = V(0) \left[ 1 + \delta \sin^2 \theta \cos^2 \theta + \varepsilon \sin^4 \theta \right],$$

der  $\theta$  er vinkelen mellom propageringsretning og vertikal akse, og  $(\varepsilon, \delta)$  er kombinasjoner av elementer i Hooke's tensoren som uttrykker avvik fra isotropi.

Når man behandler seismiske data gjør man derimot ofte antagelsen at mediet er isotropt. Vi ønsker å studere hvor god denne antagelsen er for forskjellige typer anisotropi, både med hensyn til strukturell avbildning (kinematikk) og amplituder (dynamikk). Hvis anisotropi taes hensyn til gjør man ofte forenklinger angående retningen på symmetriaksen. Vi ønsker også å studere effekten av dette, sammenlignet med eksakt behandling av anisotropien.

# HOVEDOPPGAVER FRA SEKSJON FOR ANVENDT FYSIKK OG FAGDIDATIKK

## Elektromagnetisk havbunnslogging

**Veiledere:** Hans M. Pedersen, Inst. for fysikk, NTNU  
Seniorfysiker Ingve Simonsen, EMGS A/S

### Bakgrunn

Elektromagnetisk havbunnslogging er en ny geofysisk letemetode som er utviklet ved Statoils forskningssenter i Trondheim. Metoden blir nå kommersialisert og videreutviklet av selskapet Electromagnetic Geoservices A/S (EMGS), [www.emgs.no](http://www.emgs.no). Ved hjelp av lavfrekvente, elektromagnetiske bølger som genereres og mottas av antenner nær eller på havbunnen, kan man detektere og kartlegge tynne lag med høy elektrisk resistivitet som ligger under tykke lag med mye lavere resistivitet. Når slike elektromagnetiske data kombineres med seismiske data fra samme område, kan man faktisk oppnå direkte indikasjon på hvorvidt et dypt lag inneholder hydrokarboner eller ikke. Teknikkens nytteverdi ligger i at man ellers sjelden finner hydrokarboner i mer enn 2 av 10 letebrønner, til en kostnad av 100-200 millioner kroner pr. brønn.

Det har før vært gitt en diplomoppgave i dette fagområdet: Lars Løseth, "Electromagnetic waves in layered media," (Inst. for fysikk, vår 2000). Der ble det påvist svært godt samsvar mellom numeriske feltberegninger og data fra de innledende laboratorieforsøk ved Statoils forskningssenter. Disse resultatene var viktig input ved vurdering av hvorvidt man skulle satse videre på metoden. Løseth er nå avdelingsingeniør ved EMGS, og vil fra årsskiftet starte som dr.ing.-student ved instituttet med VISTA-stipend.

### Oppgaver

Det er aktuelt med 1-2 oppgaver. Oppgavene blir tilpasset studentenes interesseområder, men vil i hovedsak være innenfor følgende hovedområder:

- *Forovermodellering:* Analytisk og/eller numerisk beregning av bølgeforplantning i lagdelte strukturer. Sammenligning med strålemodeller.
- *Inversmodellering:* Utvikling og uttesting av inversjonsmetoder hvor man, ut fra kjennskap til kildeesignatur og målte eller syntetiske data, beregner undergrunnens struktur og elektromagnetiske egenskaper.
- *Kildekarakterisering:* Nøyaktig beregning av utstråling fra senderantennene. Sammenligning med dipoltilnærmelsen.
- *Signalbehandling:* På grunn av sterk demping av signalene ønsker man flere hundre dB dynamikk i målingene. For å forbedres dynamikken vil man utvikle og teste stokastiske filteringsmetoder for fjerning av bakgrunnsstøy (pga. solaktivitet, vannstrømning ved antenneelektrodene, instrumentering, osv.)

### Optisk koherenstomografi (OCT) (se også under seksjon for biofysikk og medisinsk teknologi)

#### Veiledere:

Tore Lindmo, D4-157, tlf 9 34 32 (Måleteknikk, Biologiske systemer)  
Arne Røyset, D5-129, tlf 5 11 36 (Måleteknikk, Speckle, Signalbehandling)  
Trude Støren, D5-123, tlf 9 34 26 (Måleteknikk, Modellering, Speckle, LabView)  
Hans Magne Pedersen, D5-103, tlf 9 35 87 (Speckle)  
Kay Gastinger, D5-125, tlf 9 04 57 (Speckle, Fullfelt OCT)

Optisk koherenstomografi (Optical Coherence Tomography, OCT) er en ny teknikk som stadig mer taes i bruk for medisinsk avbildning. OCT benytter en interferometrisk teknikk som kalles

lavkoherens interferometri hvor koherensegenskapene til lyset benyttes til å skille hvor stor tidsforsinkelse ulike deler av lyset har hatt i måleobjektet. Dette skjer ved at avbildningsdybden i objektet bestemmes av optisk veilengde i interferometerets referansearm. Tverrsnittbilder av vev kan dannes på en måte som ligner på ultralyd, men med noen viktige forskjeller. I OCT er dybdeoppløsningen gitt av kildens koherenslengde som typisk er 10  $\mu\text{m}$ . Lateral oppløsning er som ved vanlig optisk avbildning. Teknikken kan dermed gi tredimensjonal avbildning av levende vev med oppløsning ca 10 ganger bedre en ultralyd. En viktig ulempe ved OCT er at lys har en mye mindre inntrengingsdybde enn ultralyd i kroppsvev, normalt begrenset til noen mm. Ett unntak her er avbildning av øyet. Det finnes allerede kommersielle instrumenter for avbildning av lagstrukturen i retina (netthinnen) f.eks for tidlig deteksjon av grønn stær og netthinneavløsning.

Det er ventet at fremtidige anvendelser av OCT ikke bare vil dreie seg om strukturavbildning, men også det som kalles funksjonell avbildning. Dette kan være f.eks Doppler (strømningsmålinger), polarisasjon (informasjon om vevets orientering) og spektroskopi (informasjon om vevets biokjemiske egenskaper). Et eksempel på spektroskopisk anvendelse er måling av blodets oksygenmetning. Ved spektroskopi benytter vi flere kilder og utnytter vi at vi kan måle forskjeller i hvordan ulike bølgelengder absorberes i vevet.

I et samarbeid mellom Optikkgruppen og SINTEF Anvendt fysikk er utstyr for optisk lavkoherens tomografi oppbygd ved Institutt for fysikk. Målsetningen er å måle forskjellige parametre til biologiske objekter. For tiden arbeides det mest med å benytte spektroskopisk OCT til å måle diffusjon av et fargestoff i en gel. Dette arbeidet kan ha relevans for fotodynamisk terapi av kreft.

Vi gir to oppgaver innenfor dette forskningsområdet:

### **1. Karakterisering av interferometeret og måling av viktige parametre med relevans for diffusjonsmålinger**

Dette er i hovedsak en eksperimentell oppgave hvor arbeidet stort sett vil dreie seg om å bruke interferometeret til å gjøre målinger som har direkte relevans for diffusjonsmålingene vi jobber med. Detaljene i oppgaven vil være avhengig av hvor langt vi har kommet når diplomarbeidet påbegynnes. Fordi vi ikke jobber med et kommersielt instrument men med et som stadig er i utvikling, vil arbeidet gi svært god innsikt i optisk måleteknikk. Instrumentet styres av en PC ved hjelp av egenutviklede *LabView*-programmer og etterbehandling av innsamlede data skjer ved hjelp av *Matlab*. Oppgaven vil derfor også gi erfaring i bruk av disse to viktige dataverktøyene. Etterbehandlingen av måledata vil også innebære bruk av modeller for signaldannelsen i interferometeret.

### **2. Modellering av Optisk Koherens Tomografi**

Et fenomen som kalles speckle er ventet å være en av de viktigste utfordringene for realisering av spektroskopisk OCT. Speckle er en tilfeldig "kornet" intensitetsfordeling som oppstår når koherent lys spres fra diffuse objekter. Disse "kornene" kan både betraktes som støykilde og som bæreølge for interferensinformasjon. Det er derfor viktig å kjenne egenskapene til speckle, enten vi bruker dem til å "fjerne" specklestøy i et bilde eller til andre formål. I spektroskopisk OCT hentes viktig vevsinformasjon ved å sammenligne måledata med en matematisk modell av målesignalet hvor effekten av speckle bør inkluderes.

Denne oppgaven går ut på å utvikle en hensiktsmessig modell for lysspredning og instrumentering for dette formålet. Videre er vi interessert i å få kartlagt hvilke fundamentale begrensinger speckle setter for hva som kan oppnås med spektroskopisk OCT. Arbeidet vil være mest fokusert mot

modellering/simulering, men foregå i nært samarbeid med det eksperimentelle arbeidet i forskningsgruppen.

### **Lysspredning på fluid og på fluid/fluid grenseflater:**

Veiledere: Knut Arne Strand epost: [Knut.Strand@phys.ntnu.no](mailto:Knut.Strand@phys.ntnu.no)  
Bård Bjørkvik epost: [Bard.Bjorkvik@iku.sintef.no](mailto:Bard.Bjorkvik@iku.sintef.no)

Ved hjelp av laserlysspredning studeres termiske fluktuasjoner i fluider og på fluid/fluid grenseflater hovedsakelig i systemer bestående av alkan gassblandinger og kondensat. For våren 2003 er det aktuelt med et studium av nuklering av kondensat i gassfasen for et modellsystem under reservoarbetingelser. I oppgaven skal fluktuasjoner i gassfasen undersøkes og korreleres med grenseflatespenningen som også skal måles ved lysspredning. Oppgaven vil bli utført i samarbeid med SINTEF Petroleumsforskning.

### **Måling av ultraviolet stråling (1 - 2 studenter) :**

Veileder: Førsteamanuensis Berit Kjeldstad ([Berit.Kjeldstad@phys.ntnu.no](mailto:Berit.Kjeldstad@phys.ntnu.no))

Opgaven er eksperimentell innenfor området miljøfysikk med vekt på klimatologi og ultrafiolett strålings. Kan utføres av en student eller to studenter sammen.

Problemområdet for oppgaven ligger innenfor området hvordan ultrafiolett stråling vekselvirker med atmosfæren. Atmosfæriske komponenter av spesiell interesse er aerosoler og skyer. Oppgaven består i å måle strålingsfordeling fra himmelen (radians målinger) spektral i det ultrafiolette området ved ulike solhøyder og sammenligne dette med modellerte verdier, i samarbeid med Institutt for luftforskning (NILU). Det er og ønskelig å måle radians fra ulike skyer for å se på variabiliteten i strålingstransmisjon i skyer. Dette kan passe for en student. Den andre problemstillingen går på å måle direkte stråling fra solen og finne mengde aerosoler (også gasser som ozon) som er tilstede. Dette kan gjøres av den andre studenten.

I begge oppgavene vil arbeidet innebærer kalibrering og utprøving av instrumentet i første omgang. Deretter foreta sol målinger når solen står tilstrekkelig høyt på himmelen. Det praktiske arbeidet med utstyr e.t.c. kan med fordel gjøres sammen.

### **Bølgeenergiforskning:**

Rettleiar: Professor Johannes Falnes ([Johannes.Falnes@phys.ntnu.no](mailto:Johannes.Falnes@phys.ntnu.no))

Denne forskinga skal gi eit grunnlag for det teknisk-industrielle utviklingsarbeidet som står att å gjera for at energien i havbølgjene skal kunna bli utnytta til energiforsyning i større målestokk. Bølgeenergien, som er ei rein og fornyeleg energikjelde, blir skapt ved omforming av ein del av vindenergien over havområda. Vindenergien blir skapt ved omforming av ein del av solenergien. Ved begge desse omformingane blir energistraumen fortetta (rekna i watt pr. kvadratmeter flate). Rett under vassflata i havet er bølgeenergistraumen, i tidsmiddel, typisk om lag fem gonger tettare enn vindenergistraumen 20 m over havflata, og 10 til 30 gonger tettare enn solenergistraumen. Dette gir gode voner for at bølgekraftverk kan bli kommersielle og i framtida spela ei viktig rolle i energiforsyninga for mange kyststatar.

Aktuell oppgåve 2003 er:

Måling av hydrodynamiske parametrar på modell av bølgekraftverk. Den eksperimentelle delen av arbeidet, skal gjerast i bølglaboratorium. To studentar kan gjerne samarbeida med denne oppgåva, men eventuelt det går også an at ein student åleine gjer si hovudoppgåve med dette.

### **Elektron- og ionefysikk:**

**Svein Sigmond** (intern tlf.: 93624, e-mail [sigmond@phys.ntnu.no](mailto:sigmond@phys.ntnu.no), rom E3-134)

*Sigmond er nå professor emeritus ved Inst. for Fysikk, slik at det formelle ansvar for disse prosjekt- og diplomoppgavene ligger hos førsteamanuensis Tore Løvås ved Elion-gruppen. Sigmond er også knyttet til Sintef Energiforskning (SEFAS, før EFI) som vitenskapelig rådgiver.*

*Flere av prosjektene avhenger av bevilgninger fra Norges Forskningsråd og av SEFAS' budsjett for 2003. Sjansene for bevilgning er meget gode, men vi får dessverre ikke vite noe definitivt før i desember. Jeg kan derfor ikke garantere at alle prosjektene vil være mulige for våren 2003. Derimot kan jeg garantere at vi alltid vil ha tilsvarende "reserveprosjekter" som trenger studenter.*

*Merk at det er fordelaktig å være to om alle prosjekt- og diplomoppgaver som involverer arbeid i høyspenningshall, da sikkerhetsforskrifter ofte forlanger to personer tilsted under slike forsøk.*

#### **A. Lyn og høyspennings kraftledninger**

##### **A1. Høyspennings kraftledninger og beskyttelse mot positive lyn**

Høyspennings kraftledninger (luftlinjer) er gjerne beskyttet mot direkte lynnedslag ved at en eller to jordete "topplinjer" er montert over de strømførende fasene. Negative lyn, som er mest vanlige i innlandet (90 %) og som all lynforskning har vært konsentrert om, blir trukket til disse topplinene ved at linene sender ut et "mot-lyn" som treffer den nedadgående lynkanalen og trekker denne til seg. Slik virker alle lynavledere, og effektiviteten mot negative lyn er rimelig god.

Positive lyn, som har ca 10 % forekomst i innlandet men opp til 50 % langs kysten, kan være opp til 10 ganger kraftigere enn negative lyn, og anrette tilsvarende skader hvis de treffer aktive nettfaser. Problemet er imidlertid at *ingen vet om eller eventuelt hvordan lynavledere virker på positive lyn*. Foreliggende pågående prosjekt har som mål å finne ut dette, og om mulig å finne effektive lynavledere for positive lyn.

Prosjektet drives av Sintef Energiforskning (SEFAS, før EFI) og Statnett, og nytter EFI's høyspenningshall med 2 mill. volt lypulsgenerator. Fra fysikk har Tore Bersås og Kjetil Hus i 1998 avsluttet sin diplomoppgave på prosjektet, med interessante resultater. Arbeidet ble så ført videre i en prosjektoppgave av Lisbeth Hvidsten. Prosjektet er nå lagt på is i påvente av resultatene fra det mer høyaktuelle beslektede prosjektet A2.

##### **A2. Lynpåvirkning av plastisolerte mellomspennings luftlinjer**

Det norske 22 kV mellomspenningsnettet er for det meste lagt som blanke luftlinjer, men bruk av plastisolerte luftlinjer har mange fordeler og blir mer og mer vanlig. I et pionerarbeid for noen år siden ved SEFAS under o.ing. Lars Rolfseng ble følgene av lynnedslag på slike linjer undersøkt eksperimentelt, og forskrifter for lysesikring ble utarbeidet. Disse sikringsforskriftene er nå standard i Norge, men de medfører atskillig større merkostnader enn lysesikring av blanke linjer. Forskriftene er basert på den konservative antakelsen at lynnedslag er like hyppige til isolerte som blanke linjer.

Et stadig økende statistisk erfaringsmateriale med plastisolerte linjer synes nå å vise at slike linjer har langt lavere lyntreffhyppighet enn blanke linjer, helt ned i 1%. Hvis dette kan gis en laboratiemessig og teoretisk bekreftelse vil lysesikringsforskriftene kunne gjøres langt lempeligere og billigere, og øke bruken av isolerte linjer. Slike forskningsresultater vil også få stor betydning for den nå planlagte bruken av isolerte luftlinjer for 132 kV nettet.

Studentene Axel Bohman og Frank Stormo har våren 2002 avsluttet en felles diplomoppgave på dette prosjektet. De brukte en 1.2 – 2 m lang gnist fra en 1.2 MV støtspenningsgenerator ved SEFAS/Elkraftlab. til å simulere de første meterne av et ankommende lyn, som ble rettet mot isolerte og blanke ledere.

Vekselvirkningene lyn-ledere ble observert med elektrooptisk hurtigkamera og med hurtig pulsoscilloskopi, og ble også undersøkt med simuleringer på datamaskin.

Det er stor faglig interesse hos oss og SEFAS for å fortsette dette prosjektet med to diplomkandidater, men finansieringen for året 2003 er ennå ikke sikret. Søknader er avsendt, men vi vil ikke vite noe før ut i desember. Finansiering må til, for vi må kunne bruke SEFAS' store høyspenninghall med 2 MV støtgenerator, og verken det nødvendige SEFAS hjelpemannskap eller hallen er gratis.

### **B. Elektrokoalesens av vanndråper i olje**

Råolje inneholder en del salter som må bort. Dette gjøres ved å dispergere vann i oljen, for å vaske bort saltene. Deretter blir de forurensede dråpene fjernet ved å la tyngden drive dem til bunnen av store tanker og tappe dem ut. Denne utfellingen går langsommere jo mindre dråpene er. Nå har man funnet ut at et elektrisk vekselfelt får små dråper til å koalesere til store dråper, som sedimenterer raskere. Man vet bare ikke hvorfor, og "hvorfor" er viktig for å optimalisere prosessen. SEFAS, Shell, Hydro, Statoil, ABB og Elf har gått sammen om prosjektet. Våren 2001 har jeg hatt diplomkandidat Michaël Becidan fra Ecole Normale Supérieure de Chimie de Paris til hjelp. Han er nå igang med doktorgradstudiet ved NTNU på beslektet problem. Våren 2002 fortsatte diplomkandidat Cécile Mathivat fra samme eliteskole prosjektet, sammen med SEFAS-forskere (dr.ing. folk fra Elion), og har fått prosjektstudent Britt Heggem som etterfølger 2002–2003. Prosjektet har finansiering for flere år, slik at det nå er klart for flere prosjekt- og diplomoppgaver.

Vår del av prosjektet konsentrerer seg om elektrisk og elektrooptisk observasjon av vekselvirkningen mellom to vanndråper som nærmer seg hverandre i oljebad, under forskjellige påsatte elektriske felter (likefelt, vekselfelt, pulsfelt av forskjellige frekvenser) og med forskjellige tilsetninger til oljen. Prosjektet involverer også samarbeid med SEFAS avdeling for termisk energi og fluidstrømning, som har ekspertise i hydrodynamiske datamaskinsimuleringer av olje med et stort antall vanndråper.

### **C. Ikke-termisk behandling av forbrenningsgasser ved bruk av selektiv kaldt plasma eksitasjonsreaktor**

*Dette er et stort samarbeidsprosjekt mellom SEFAS, Ecole Supérieure d'Electricité, Electricité de France, og Comenius Universitetet i Bratislava, med budsjett på ca 3 mill NOK per år. I henhold til "lekkasjer" er bevilgning svært sannsynlig, men ikke sikker før midt i desember.*

Biomasse kan omvandles til termisk energi direkte ved forbrenning, eller gjøres om til mer høyverdige produkter gjennom prosessene gassifisering eller pyrolyse. I prosessen kan både luft, vanndamp og rent oksygen inngå som oksidasjonsmiddel, og gassproduktet (brenselgassen) består typisk av H<sub>2</sub>, Co, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, og hydrokarboner. De brennbare gassene fra prosessen har tradisjonelt blitt benyttet direkte til eksempelvis produksjon av damp/varmt vann ved forbrenning i kjele eller for produksjon av varme i prosessammenheng. Det er imidlertid stadig mer aktuelt med gassifisering av biomasse til drift av gassmotorer eller gassmotorer for kraftverk.

Behovet for gassrensing vil avhenge av gassifiseringsteknologi, brenselkvaliteter og teknologi for konvertering av energi. Generelt må den produserte gassen renses med hensyn på innholdet av tjære og partikler. Gassrensing må foretas for å unngå avsetninger, slitasje og korrosjon i en etterfølgende prosess samt for å unngå for store utslipp av forurensende komponenter til omgivelsene. For eksempel er kvalitetskravet til gassen i en gass turbine er kjent for å være veldig strengt fordi kun særdeles små mengder av faste partikler eller væske kan tolereres. I dag gjøres dette ved katalytisk cracking samt vann- og oljebasert scrubbing (våtvasking) av brenselgassen. Det arbeides også med plasmareaktorer for høytemperatur nedbryting av tjæren.

Det overordnede problemområdet når det gjelder bruk av lav brennverdi (LCV) gass fra biomasse i en forbrenningsmotor er tjæreforbindelser i gassen inn på motoren. Naften som produseres under gassifiseringen av biomasse begynner å kondensere til tjære (bio-olje) ved omtrent 300°C. Det betyr at naftenske forbindelser som finnes i gassen vil kondensere på innsugningsrøret, ventiler og sylinderoverflatene etc. når den entrer motoren.

De to konkrete, sammenknyttede problemstillinger for dette prosjektet er følgelig **I**. Nedbryting av naftener i brenselgassen fra biomasse-pyrolysen, og **II**. Reduksjon av CO innholdet i avgassen fra motorer og turbiner drevet med biomassegass.

Selektive eksitasjonsreaktorer SER er basert på det etablerte faktum at den mest effektive primære komponent i kjemiske reaksjoner er energetiske elektroner, ikke tunge atomer eller molekyler som beveger seg med



langsomme termiske hastigheter. De energetiske elektronene kan bryte enhver kjemisk binding, og også danne kjemisk aktive produkter som atomært oksygen, ioner eller eksiterte tilstander. I en SER dannes disse elektronene enten ved A. ikke-termiske gassutladninger, som korona og pulsede eller høyfrekvente streamere eller avbrutte gnister, eller av B. elektronstrålekanoner. Til forskjell fra klassiske varmebehandlingsmetoder, som plasmabrenner, kan dette i prinsippet gjøres uten at nøytrale molekyler i gassen oppvarmes nevneverdig.

#### **D. KARAT: Datamaskinsimulering av store elektronlaver**

Jeg har kjøpt inn et russisk dataprogram KARAT som kan simulere opp til 100 000 ladete partikler i elektromagnetiske feltkombinasjoner (på Pentium PC). Dette kommer med kildekode i Fortran og C++, samt med e-mail forbindelse til produsenten Dr. V. Tarakanov ved Moskva Univ., som vi har et godt samarbeid med. Vi må, sammen med Tarakanov, modifisere programmet slik at vi kan simulere forhold i gass ved atmosfæretrykk, typisk vekselvirkningen mellom elektronstrålen fra en korona katode og det plasmaet som strålen danner i gassen utenfor.

Student Jørund Bogstrand har gjort diplomten med undersøkelser over bruk av KARAT til simulering av store elektronlaver (mer enn  $10^8$  elektroner). Her må en bruke et nytt konsept vi har funnet på: Simuleringen kan ikke håndtere mer enn  $10^5$  partikler, så vi må la hver partikkel representere et superelektron som må vokse med størrelsen på lavinen. Resultatet ser svært lovende ut, men mer arbeid gjenstår.

Vi er interessert i maks to studenter til prosjekt og diplom på dette feltet. Det er en fordel om man har faget Elektron og ionefysikk og/eller Transportteori. Oppgavene kan være metodeundersøkelse og -utvikling (som Bogstrands) eller bruk av programmene på simuleringer innenfor gassutladningsprosjekter.

Ta kontakt snarest for diskusjon av opplegg mm.

Trondheim 28 oktober 2002

Svein Sigmond, Rom E3-134 sigmond@phys.ntnu.no

#### **Vindenergi:**

Veileder: Jørgen Løvseth, email: [Jorgen.Lovseth@phys.ntnu.no](mailto:Jorgen.Lovseth@phys.ntnu.no)

Norge har store områder egnet for utbygging av vindkraft. Vindkraft er nå på gunstige steder i samme prisområde som ny vannkraft eller gasskraft, og potensialet er betydelig. Vind- og vannkraft har årstidsvariasjoner i motfase, og samkjøring er spesielt gunstig.

Ved Titran på Frøya har gruppen en avansert, datastyrt målestasjon for studium av vindfeltet. Den har 3 master på 100, 100 og 45 m. høyde. På en øy vest for Titran finnes ytterligere en mast på 45m. Kontinuerlige tidsserier av vindens hastighet og retning registreres i mange målepunkter. Temperaturprofil og stråling blir også registrert. Målefrekvenser er 0.85, 4 og 20 Hz. En har også utstyr for å etablere flyttbare målestasjoner. Formålet er å samle data av relevans for utbygging av vindkraft, og generelt for beregninger av vindlast på konstruksjoner. Spesielt studeres turbulens i vinden, deri inkludert korrelasjoner i vindfeltet som funksjon av retning og avstand. Videre er det viktig å konstruere og prøve ut statistiske modeller som kan forutsi ekstreme utslag i vindbildet.

NTNU skal starte et tverrfaglig program i vindenergi. Formålet er utvikling av bedre vindkraftteknologi, og tilpasning av teknologien til norske forhold. I samarbeid med andre NTNU-institutter, SINTEF, Institutt for energiteknikk og industrirepresentanter forhandles det om opprettelse av en prøvestasjon for vindkraftverk på Valsneset i Bjugn.

Oppgaver:

1. Eksperimentell og/eller teoretisk undersøkelse av generell tids- og romstruktur i det maritime vindfelt.
2. Studium av ekstreme vindbyger basert på direkte observasjoner og beregninger fra spektralfunksjoner.

Andre oppgaver kan også formuleres

#### **Fagdidaktikk:**

Veileder: Førsteamanuensis Per Morten Kind ([kind@phys.ntnu.no](mailto:kind@phys.ntnu.no))

## TEKNOLOGIUNDERVISNING I SKOLEN

I Norge har vi liten tradisjon for undervisning innen teknologi i grunnskole og videregående skole, foruten ved de teknologisk orienterte yrkesfaglige studieretningene. Det er uttrykt bekymring over dette og sterke krefter arbeider for forandringer. Blant annet er det startet et eget prosjekt ”Teknologi i skolen”, der teknologi behandles som et tverrfaglig tema inspirert av det engelske skolefaget ”Design and Technology”.

Det er flere grunner til å starte tidlig med teknologiorientert undervisning i skolen. Ikke minst er det viktig for interessedanning og rekruttering til høyere utdanning. I skolen har det i enkelte sammenhenger vært holdt frem et skremsbilde av teknologi, basert på teknologi som problemskaper og årsak til miljødeleggelse. Skal vi skape interesse for teknologiske studieretninger er det viktig at elevene får en positiv opplevelse og konkrete erfaringer med teknologirelaterte emner på alle nivåer i skolen. Det er også et viktig allmenndannende aspekt ved å legge mer vekt på teknologiundervisning. Alle er vi brukere av teknologi og teknologiske løsninger er et viktig fundament i vår sivilisasjon. Det er da farlig med en fremmedgjøring, og vi bør arbeide for en allmenn forståelse av hva teknologi er og hvilken rolle det fyller i vårt samfunn.

Teknologiundervisning kan ha et bredt og variert innhold. Det kan handle om å forstå teknologiske produkter, teknologiske systemer, hvordan teknologi brukes til å løse problemer, eller hvordan teknologi påvirker og vekselvirker med samfunnet. Det kan også handle om å trene opp kreativitet og ferdigheter til selv å løse teknologiske problemer. Med dagens læreplaner er vi i Norge avhengig av å integrere teknologi inn i eksisterende skolefag (f. eks i naturfag/fysikk) eller som tverrfaglige prosjekter.

En hovedoppgave innen dette området kan ha mange innfallsvinkler. Det kan arbeides teoretisk med en analyse av hva teknologiundervisning bør inneholde og hvordan det kan gjennomføres i norsk skole. Det kan også arbeides mer empirisk med utprøving av teknologiundervisning i skolen. Det vil da være naturlig å samle inn data som gir informasjon om elevenes læringsutbytte og holdningsendringer.

## FORNYING AV FYSIKKFAGET I VIDEREGÅENDE SKOLE

Fysikkfaget i videregående skole har den siste tiden vært gjenstand for mye debatt og bekymring. Vi skårer høyt i internasjonale skoleundersøkelser, men har problemer med å rekruttere nok elever. Det er også en svært skjev kjønnsfordeling blant elevene som velger fysikk. I en utredning knyttes årsaken til fagets egenart, ved at det fremstår for elevene som ”kaldt, teoretisk, akademisk og vanskelig”. En annen side av debatten har vært problemene uttrykt ved forkursene til sivilingeniørutdanningen. Her har det vært en svært høy strykprosent og det hevdes at elevene fra videregående skole er lite forberedt for de utfordringer studiene byr på.

Det finnes ingen enkle løsninger på de problemene fysikkfaget står ovenfor. Faget må balansere mellom mange krav. Det skal fenge elevenes interesser, det skal opprettholde faglig kvalitet og det skal tilfredsstillende skolemyndighetenes krav om en bredere og mer allmenn utdanning. Det er imidlertid mange som arbeider med en fornying av faget og det foregår svært mye spennende utviklingsarbeid.

En hovedoppgave innen dette område vil kunne ta utgangspunkt i en konkret problemstilling/utfordring fysikkfaget står ovenfor, slik som et mer ”jentevennlig” fysikkfag, bedre forberedelse for sivilingeniørstudiet, eller mer vekt på fysikkfagets historisk-filosofiske dimensjon.

Det kan arbeides med problemstillingen gjennom en teoretisk analyse eller ved utarbeiding og utprøving av undervisningsopplegg. Det er også mulig å ta utgangspunkt i undervisningsopplegg som er utarbeidet med tanke på fornying av fysikkfaget andre steder, og prøve disse ut i norsk skole.

#### EKSPERIMENTER I FYSIKKUNDERVISNINGEN

Konkret erfaring med fysiske fenomener er svært viktig ved læring av fysikk. Gjennom praktiske øvelser og demonstrasjoner får vi anledning til å observere fenomenene og anvende de teoretiske lovene og modellene. Like viktig er det at øvelsene gir anledning til å bli kjent med eksperimentelle arbeidsmåter. Dette innebærer opplæring i teknikker og håndtering av utstyr, og en innføring av de mer idemessige grunnprinsippene i naturvitenskapelig arbeidsmåte.

Bruk av elevøvelser og eksperimenter i skolen gir imidlertid også mange utfordringer, særlig fordi det er komplisert og fordi man ikke har den samme kontrollen over lærings situasjonen som i et vanlig klasserom. Selv om det er obligatorisk med praktiske øvelser på alle kurs innen naturfagene i skolen, er det mange som stiller spørsmål ved det faktiske læringsutbytte elevene har. Det er derfor god grunn til å kartlegge praksis på dette området og gå nærmere inn på hva elevene/studentene faktisk lærer.

En hovedoppgave vil kunne ta utgangspunkt i fysikkeksperimenter i undervisningen enten i videregående skole eller ved de grunnleggende kursene i sivilingeniørutdanningen. Det kan gjøres en kartlegging av hvordan elever/studenter arbeider med eksperimentene, hva de lærer og hvordan eksperimentene påvirker deres holdning til faget. I videregående skole er det også grunnlag for kartleggingsarbeid av hvilke øvelser som gjennomføres og av lærernes begrunnelse for dette. Det er også behov for å se mer konkret på hvordan eksperimenter i skolen og ved universitetet bidrar til elevenes/studentenes forståelse av naturvitenskapelig arbeidsmåte.

# HOVEDOPPGAVER FRA SEKSJON FOR BIOFYSIKK OG MEDISINSK TEKNOLOGI

## Biopolymerer :

### Multifunksjonelle geler basert på scleroglukan

Scleroglukan er et langkjedet polysakkarid som danner en trippel-heliksstruktur i vandig løsning. Det er stor interesse for slike  $\beta$  (1,3)-glukaner på grunn av deres immunstimulerende evne. Hyaluronsyre er et polysakkarid som finnes blant annet i ekstracellulær matrix. I denne oppgaven planlegges det å lage nye geler ved kovalent kryssbinding mellom hyaluronsyre og scleroglukan. Målsetting med dette er å kunne lage til geler med styrke (ulik avstand mellom elastisk effektive knutepunkter), karakterisere geldannelsen og hvordan den avhenger av molekylære parametre, og å karakterisere gelen. Slike type geler vil bli brukt som modeller for ekstracellulær matrix ved transportstudier (kompakt DNA).

Arbeidet innebærer bruk av reologiske teknikker for karakterisering av nettverksdannelsen og slutttegenskaper, samt bruk av AFM for bestemmelse av klyngevekst ved avbildning av prøver oppnådd ved ulik grad av omsetting.

Veiledere: Marit Sletmoen, Bjørn T. Stokke

### Kompaktering av karboksylert scleroglukan

Kompleksing av DNA med polykationer viser seg å kondensere den utstrakte dobbelheliksstrukturen til en blanding av toroidal, lineære og globulære strukturer. Ulike polykationer kompleks DNA med ulike effektivitet, og også på en måte som polykationspesifikt kan forhindre videre aggregering av toroidale polykation-DNA komplekser. Morfologien til den kompakte formen av DNA er til en stor grad bestemt av kjedestivheten og den tiltrekkende energien mellom polymersegmentene. Den siste parameteren påvirkes ved hjelp av valg av polykation, og en kan variere kjedestivhet ved å velge ulike polyanioner. I denne oppgaven ønskes det å bestemme kompaktering av trippel-heliks polysakkaridet scleroglukan. Denne polymeren omdannes til en polyelektrolytt ved derivatisering hvor en også kan kontrollere ladningstettheten. Målsettingen med undersøkelsen er å bestemme kompakteringsegenskapene til scleroglukan med ulike ladningstettheter og å undersøke hvordan oppførselen passer inn i etablerte fasediagram for kompaktering av polymerer som funksjon av kjedestivhet og tiltrekning mellom kjedene.

Hovedteknikken som planlegges brukt i oppgaven er Atomic force mikroskop (AFM), kombinert med bildeanalyse.

#### **Aktuelle problemstillinger:**

- Effekt av prepareringsbetingelser, molekylvekt og ladningstetthet av på deres evne til induere toroidale supramolekulære strukturer i biopolymerer kartlagt ved AFM
- Kvantitative bestemmelse av kompakte strukturer ved bildebehandling.

Veiledere: Gjertrud Maurstad, Marit Sletmoen, Bjørn T. Stokke

### Tools for molecular modeling of biopolymers

The aim of the project is to develop a set of tools for molecular modeling of biopolymers, with the special attention on polysaccharides. Large variety of free and open-source molecular modeling tools are currently being developed and are available to the academic community. The main focus of these project is however concentrated around the proteins/DNA systems and as a consequence they

cannot be in a straightforward way applied for example to polysaccharides. Development of the modeling tools will allow simulation of the polysaccharides in the crystalline and noncrystalline (solutions/gels) forms. Data on molecular conformations, chain packing, chain stiffness, etc. will be compared with a large amount of experimental results available. In the long run developed modeling tools should allow property/structure prediction based on the chemical composition.

In the first step, project will include a extensive survey of tools available. It will be followed by selection and adaptation to the field of polysaccharides. In the final stage of the project molecular simulations of some crystalline polysaccharides will be performed and the results compared with published X-ray diffraction data. The modeling system should consist of the following parts:

- (1) Model building tool for construction of subunits, chains, crystals
- (2) Visualization tools
- (3) Molecular Mechanics Calculations (MD)
- (4) Data analysis tools and
- (5) Simulations of X-ray diffraction.

Basic skills in computer programing, interest in LINUX/UNIX operating systems and computer simulations are essential in this project.

Veiledere: Pawel Sikorski, Bjørn T. Stokke

**For diplomoppgaver tilbudt fra Arnljot Elgsæter og Arne Mikkelsen, se under gruppe for Komplekse materialer, side 17-30.** Teksten finnes også i html-utgave:

<http://www.phys.ntnu.no/~fossumj/cpx/trondheim/hovedoppgaver2003/>

**Oppgavetitlene er:**

10. Dynamisk egenskaper til biologiske nanopartikler studert vha. statisk og dynamisk lysspredning.
11. Elektrooptiske egenskaper til nanopartikkelsystemer.
12. Fryse-ette elektronmikroskopi av vesikulære nanopartikler.
13. Numerisk modellering av nanopartikkelsystemers dynamikk.
14. Den generaliserte mobilitetstensoren til ikke-sfæriske nanoparikler
19. Pendel-viskoelastometer.
20. Høgfrequens (100-10 000 Hz) viskoelastometer.
21. Ultrahøgfrequens (10-200 kHz) viskoelastometer.
22. Videreutvikling og utprøving av elektrooptisk instrumentering for studier av nanopartikkelstruktur og -dynamikk.
26. Fraksjonering av nanopartikler.

## **Biosystemer:**

### **1. Studier av vann og vanntransport i jord ved NMR.**

Veiledere: Anders Johnsson, dr.scient Frank Antonsen.

Jord er et komplekst medium, og kunstige partikkelmedier blir ofte brukt som jord-erstatningmedium. Av stor interesse er dette bl.a. i forbindelse med dyrking av planter under forskjellige forhold. Fordelingen av vann og partikler (samt luft) er viktig i denne forbindelse.

Vi har utviklet et utstyr for bruk i den Internasjonale Romstasjon ISS, hvor planter skal dyrkes i vektløshet (samt på sentrifuger). Forskjellige jorderstatning medier diskuteres imidlertid og ved NTNU har man kommet fram til flere alternativer.

Det er av stor interesse å studere vannfordeling i de forskjellige alternativene samt også vanddiffusjonen i disse mediene. Vi har her sammenfallende interesse med forskergrupper på Statoil, og ønsker i samarbeid med Statoil ta i bruk lavfrekvent NMR-metoder for å studere vannets egenskaper m.v. i jorderstatningsmediene. Parallelt med disse undersøkelsene skal enkelte vekstforsøk bli gjennomført.

Utvelgelse av student for dette prosjektet vil skje sammen med Statoil (dr. Frank Antonsen)

## **2. Studium av faselåsing av biologiske, oscillative systemer.**

Veiledere: Anders Johnsson, Tom Kristian Bardal

Selvsvingende (oscillative) system kan faselåses til ytre signaler (en referanse). Teori er kjent fra ikke lineære systemer, og fra anvendelser av elektroniske komponenter, f.eks. PLL kretser, (Phase Locked Loops).

Innenfor biofysikken studeres også selvsvingende systemer under (rytmisk) ytre påvirkning. I biofysikkgruppa studerer vi for tiden et system med rytmiske bladbevegelser hvor perioden er typisk 4 minutter. Slike bevegelser er avhengige av lysnivået og vi vil gjennomføre et studium av svingningene når de eksterne lysforholdene varieres rytmisk.

Basert på forsøk ønsker vi å karakterisere systemet som en PLL, med parametre som låsebåndbredde, låsetid, støy osv.

## **3. Studier av lysindusert celledød.**

Veiledere: Anders Johnsson, Thor Bernt Melø, Aksel Straume

Vi er interessert i mekanismene for lysindusert nedbryting av kreftceller og bakterier. Ved å tilføre et stoff populært kalt ALA kan man i kreftceller og bakterier øke konsentrasjonen av fotopigment. Etter lyseksitasjon starter fotopigmentmolekylene en rekke reaksjoner som fører til celledød. Metoden blir nå brukt klinisk, bl.a. for å lysbehandle former av tumor på hud, og prøves også på andre tumorformer ved hjelp av lysledere. Man arbeider også med å bruke disse lysreaksjonene for å bryte ned bakterier.

Vi har studert slike nedbrytingsprosesser i kreftcelle-linjer og i en type bakterie. De lysfølsomme stoffer som benyttes i forsøkene er porfyriner og bakteriene er *Propionibacterium acnes*, kjent for å ta del i sykdommer akne.

I litteraturen er det rapportert at magnetfelt (100Hz, sinusformet) kan påvirke opptaket av aktuelle stoffer som genererer de lysfølsomme stoffene. Dette kan være et viktig funn for å studere magnetfelts eventuelle påvirkning av opptak gjennom cellemembranene.

Oppgaven er å studere de stoffopptak og lysinduserte reaksjoner i bakteriene (med og uten pålagte felt) for å se om de rapporterte funnene er generelle.

Oppgaven vil gi kunnskaper i fotobiofysikk, lysspektroskopi, målinger av elektromagnetiske felt samt gi erfaring av eksponeringsutstyr for elektromagnetiske felt.

## **4. Studier av elektromagnetiske felts påvirkning av celler og organismer.**

Veiledere: Anders Johnsson, Gunnhild Oftedal, Aksel Straume

Vi gjennomfører et prosjekt hvor elektromagnetiske felts forekomst og biologiske effekter blir studert. Av interesse er både effekter av lavfrekvente magnetiske felt - typisk 50Hz - og kartlegging av feltintensitetene. Videre er vi interesserte i effekter i radiobølgeområdet - typisk 30 MHz - og høyere frekvenser. Arbeidet kan tilpasses interessen hos studenten.

Vi ønsker å kartlegge fordelingen av magnetiske lavfrekvente felt i bymiljøet i Trondheim (lignende studier er publisert for to nordiske byer men savnes for norske forhold).

Vi ønsker å bygge opp en eksponeringsenhet for deler av det radiofrekvente bølgelengdeområdet (pr idag har vi kun gjennomført studier ved 27 MHz, som brukes ved plastsveising, diatermi m.v.). I denne enheten skal forsøk på enkelt-celler og evt mindre planter blir gjennomført.

Til slutt ønsker vi å fortsette studier av effektene av strøm-eksponering og magnetfelt-eksponering av spesielle typer celler. Disse studiene tar sikte på å avklare om magnetiske felts virkning kan skje via induerte strømmer i celler og organismer.

Hovedoppgaven kan utformes slik at den dekker et eller flere av forslagene ovenfor. I enkelte forslag er det av interesse å vektlegge de måletekniske aspektene, i det siste forslaget er det biofysiske aspektet viktig og fokusering vil skje på celle-parametere og lysspektroskopiske målinger, eventuelt elektronspinresonans.

### **5. Måling av fasefølsom fluorescens fra planter.**

Veileder: Thor Bernt Melø, Anders Johnsson

Måling av fluorescens fra planter kan brukes til å bestemme fotosyntesekapasiteten, som er et mål for hvor mye av den absorberte lysenergien som omsettes til kjemisk energi i planten.

Fotosyntesekapasiteten vil variere med plantens tilstand, og oppgaven tar sikte på å måle denne som funksjon av plantetemperatur og belysningsnivå.

Opgaven vil omfatte litteraturlesning, modifisering av eksisterende utstyr, datainnsamling og bearbeiding og fortolkning av målingene i lys av ulike teorier fra litteraturen.

### **6. Måling av singlett oksygen emission fra biosystemer.**

Veileder: Thor Bernt Melø, Anders Johnsson

Grunntilstanden til molekylært oksygen er en triplett. Denne egenskapen gjør at oksygen, som finnes overalt, er en foretrukket akseptor av triplettenergi fra omgivende molekyler. Molekyler kan komme i tripletttilstand ved absorpsjon av lys, og oksygen som har mottatt triplett energi fra omgivelsene kalles singlett oksygen. Singlett oksygen kan enten reagere med nabomolekyler, eller returnere til grunntilstanden ved å emittere infrarødt lys.

Opgaven tar sikte på å måle singlett emisjon fra eksempelvis klorofyll a som funksjon av en antioksidant, eksempelvis karoten, som kan akseptere og dermed ufarliggjøre singlett oksygen.

Opgaven vil omfatte litteraturlesning, opplæring og bruk av eksisterende utstyr, samt datainnsamling, bearbeiding og fortolkning.

### **Synsbiophysikk:**

Veiledere: Arne Valberg og Inger Rudvin

([arne.valberg@phys.ntnu.no](mailto:arne.valberg@phys.ntnu.no) og [inger.rudvin@phys.ntnu.no](mailto:inger.rudvin@phys.ntnu.no). Tel.: 98373, rom E4-136).

### **Ekspérimentell oppgave:**

”Måling av multifokale elektroretinogram (ERG) ved hjelp av VERIS”

VERIS er et nytt utstyr for simultan måling av mange lokale netthinnepotensialer. Det visuelle stimulus er et stort mønster med eks. 60 ruter hvor hver enkelt rute tennes og slukkes i en forhåndsprogrammert sekvens. Mens forsøkspersonen fikserer dette mønsteret, måles den elektriske aktiviteten som genereres i netthinnen. Et dataprogram henter deretter ut responser knyttet til hver enkelt rute i mønsteret, dvs. signaler fra de 60 lokale områdene på netthinnen. Ved høye lysnivåer og stor tappeaktivitet er disse potensialene størst sentralt (i fovea) og avtar med økende eksentrisitet på netthinnen. Ved å se på størrelsen og forsinkelsen i de mange lokale netthinnepotensialene, kan man identifisere områder med funksjonssvikt.

I Norge finnes dette utstyret foreløpig bare ved NTNU. Vi ønsker å bruke utstyret til å lokalisere og karakterisere synsutfall i netthinnen ved forskjellige øyesykdommer. Utstyret vil bli brukt i et EU-prosjekt med grupper fra Tyskland, Nederland, England og Norge som skal undersøke muligheter for tidlig diagnostisering av aldersrelateret makuladegenerasjon (AMD). Dette er en sykdom som særlig er utbredt blant personer over 60 år, og som fører til at skarpsynet svekkes.

### **Ekspimentell oppgave:**

”Måling av Visual Evoked Potential (VEP) for farge og luminans”

Målinger av kortikale synspotensialer hos mennesket har vist en overraskende luminans-assymmetri for røde og grønne farger. Prosjektet går ut på å gjøre slike målinger på en rekke forsøkspersoner for å få informasjon om mulige individuelle forskjeller, og knytte resultatene til den enkeltes farge- og lysfølsomhet.

### **Ekspimentell oppgave:**

”Måling av personers spatiale kontrastfølsomhet”.

Normaltseende viser binokulær summasjon i det de har ca. 40% bedre synsevne med to øyne enn med ett. Reduseres imidlertid belysningen på det ene øyet, oppstår det hos noen en uventet hemming av synet, slik at det blir dårligere enn om en ser med det ”normale” øyet alene. Dette kalles Fechners paradox og binokulær inhibisjon. I psykofysiske forsøk ønsker vi å se litt nærmere på dette fenomenet. Dette kan normalt forekomme hos personer med øyesykdommer (f.eks. grå stær og aldersrelateret makuladegenerasjon). Vi vil studere betingelsene som fører til binokular hemming for å finne ut hva årsaken kan være til at noen personer ser bedre med ett øye enn med to.

### **Medisinsk teknologi :**

#### **Transport av terapeutiske makromolekyler i tumorvev:**

Veiledere: Catharina Davies (tel 93688), <http://www.ntnu.no/~cathd/>

Live Eikenes (tel 93664)

### **Bakgrunn**

Et av hovedproblemene ved konvensjonell kreftbehandling som stråleterapi og kjemoterapi, er at behandlingene ikke er spesifikke for kreftcellene. Den ioniserende strålingen og cellgiften ødelegger både normalt vev og kreftvev, og skadene på normalt vev begrenser dosene som kan benyttes.

Ulike strategier for å utvikle kreftspesifikke behandlinger er foreslått. Utviklingen av monoklonale antistoffer som binder seg til kreftspesifikke antigener på overflaten av kreftcellene gav håp om en ny og kreftspesifikk behandling. Monoklonale antistoffer kan benyttes som bærere for radioaktive isotoper, toksiner eller andre giftstoffer. Genterapi basert på DNA vektorer som bærer terapeutiske gen kan bli en annen kreftspesifikk behandling. Liposomer benyttet som bærere av cellegift for å forbedre farmakokinetikken, redusere toksisiteten til normalt vev og øke spesifisiteten for kreftvev er



et annet eksempel på bruk av makromolekyler. Felles for alle disse behandlingene er at det benyttes store molekyler med en diameter i størrelsesorden 10 til 10.000nm, mens konvensjonelle cellegifter små molekyler med diameter under 1 nm. Slike store molekyler har problemer med å nå fram til kreftcellene, og det er vist at bare en liten del av makromolekylene som injiseres når fram til kreftvevet. Når medikamenter injiseres intravenøst eller gis oralt har molekylene en vanskelig vei fram til bestemmelsesstedet. Om de skal lykkes å nå fram og drepe kreftcellene avhenger av at det er et godt utviklet blodårenettverk i svulsten, at molekylene kan passere over kapillærveggen og at de er i stand til å trenge gjennom rommet mellom kreft cellene (kalt ekstracellulær matrix (ECM) eller interstitium). Disse transportetappene avhenger av diffusjon der fluksen av molekylet er proporsjonal med konsentrasjonsgradienten og konveksjon der fluksen av molekylet er proporsjonal med den hydrostatiske trykkgradienten. Det er vist at svulster har et høyere interstitielt væsketrykk enn normalt vev, og dette er et av hovedproblemene for å få makromolekyler fram til kreftcellene. Diffusjon kan derfor være den primære transportmekanismen.

*Det blir tilbudt 3 oppgaver med denne problemstillingen:*

### **Diffusjon av makromolekyler i multicellulære sfæroider**

Formål og metoder: Benytte en ny metode for måling av diffusjon basert på ” fluorescence recovery after photobleaching” (FRAP). Diffusjon er den primære transportmekanismen dersom de høye interstitielle væsketrykket umuliggjør transport av molekyler basert på trykkgradienten. I denne oppgaven vil kreftceller dyrkes som multicellulære sfæroider som benyttes som en modell for en svulst. De multicellulære sfæroidene inkuberes med fluorescensmerkede makromolekyler med forskjellig molekylvekt. De fluorescens merkede sfæroidene belyses med en laser med høy intensitet som bleker fluorescensen. Omkringliggende fluorescensmerkede molekyler vil diffundere til det blekede området slik at fluorescens igjen kan detekteres. Et nyansaffet konfokalt laser scanning og multifoton eksitasjonmikroskop vil bli benyttet. Enzymene collagenase og hyaluronidase som bryter ned extracellulær matrix har vist å øke opptaket av makromolekyler i kreftvev. Effekten av disse enzymene på diffusjon av molekyler med forskjellig vekt vil å bli studert.

### **Blodgjennomstrømning i svulster behandlet med extracellulær matrix nedbrytende enzymer**

Formål: Vi har tidligere sett at enzymene hyaluronidase og collagenase som bryter ned extracellulær matrix reduserer det interstitielle væsketrykket, endrer blodvolumet og øker opptaket av makromolekyler. I denne oppgaven ønsker vi å undersøke om endringen i blodvolum skyldes at enzymene åpner og/eller lukker blodårene.

Metoder: Fluorescerende fargestoffer som binder seg til endotelcellene som danner blodåreveggen injiseres intravenøst i forsøksmusen før og etter injeksjon av enzymet. Ved bruk av laser scanning fluorescens mikroskopi studeres farging av endotelcellene og eventuell endring i fargingen før og etter behandling påvises.

### **Måling av mikrovaskulært trykk i svulster etter ulike enzymatiske behandlinger.**

Formål: Vi har tidligere sett at enzymene hyaluronidase og collagenase som bryter ned extracellulær matrix reduserer det interstitielle væsketrykket, og intratumoral injeksjon av hyaluronidase endrer ikke mikrovaskulært trykk, mens intravenøs injeksjon av collagenase reduserer trykket raskt etterfulgt av en rask gjenopprettelse av mikrovaskulært trykk. I denne oppgaven ønsker vi å se om forskjellen i mikrovaskulær trykkrespons skyldes forskjellig injeksjonssted: i svulsten kontra i blodsirkulasjonen, eller om det skyldes at de to enzymene har forskjellig effekt på mikrovaskulært trykk

Metoder: Mikrovaskulært trykk måles med en teknikk kalt mikropipette teknikken. En glasspipette med åpning ca 5 µm plasseres i en blodåre i svultsensoverflate. Glasspipetten er koplet til en trykktransduser som registrerer endringen i trykk etter injeksjon av enzymene.

## **Fluorescens resonans energioverføring**

### **Veiledere:**

Tore Lindmo, D4-157, tlf 93432

Catharina Davies, D4-145, tlf 93688

Fluorescens resonans energioverføring (FRET) er en fluorescenssteknikk som kan brukes for å studere nærhet og interaksjon mellom biomolekyler. Prinsippet for FRET bygger på at eksitasjonsenergi i donormolekylet kan overføres til et nærliggende akseptormolekyl. For at dette skal kunne skje, må akseptorstoffet ha vesentlig absorpsjon i bølglengdeområdet for fluorescens-emisjon fra donorstoffet. Ved eksitasjon av donormolekylet, som normalt for eksempel skal gi grønn fluorescens, vil FRET gi opphav til fluorescens fra akseptor, for eksempel i det røde bølglengdeområdet. I et slikt system vil graden av vekselvirkning mellom molekyler kunne bestemmes ved å måle forholdet mellom rød og grønn fluorescensintensitet når eksitasjonsbølglengden er tilpasset absorpsjonsspekteret for donor.

Denne teknikken kan implementeres både i konfokal mikroskopi og i flow cytometri. Vi ønsker å ta teknikken i bruk for å studere nærhet mellom biomolekyler som inngår i funksjonelle eller strukturelle nettverk på cellenivå. To typer spesifikke biomolekylene merkes med henholdsvis donor og akseptor fluorochrom, og nærhet mellom de to typer molekyler måles ved hjelp av FRET, i tillegg til mengde og fordeling av hvert av molekylene. Flere relevante biologiske systemer er aktuelle for utprøving av teknikken.

## **Optisk koherenstomografi (OCT) (se også under seksjon for anvendt fysikk og fagdidaktikk)**

### **Veiledere:**

Tore Lindmo, D4-157, tlf 9 34 32 (Måleteknikk, Biologiske systemer)

Arne Røyset, D5-129, tlf 5 11 36 (Måleteknikk, Speckle, Signalbehandling)

Trude Støren, D5-123, tlf 9 34 26 (Måleteknikk, Modellering, Speckle, LabView)

Hans Magne Pedersen, D5-103, tlf 9 35 87 (Speckle)

Kay Gastinger, D5-125, tlf 9 04 57 (Speckle, Fullfelt OCT)

Optisk koherenstomografi (Optical Coherence Tomography, OCT) er en ny teknikk som stadig mer taes i bruk for medisinsk avbildning. OCT benytter en interferometrisk teknikk som kalles lavkoherens interferometri hvor koherenssegenskapene til lyset benyttes til å skille hvor stor tidsforsinkelse ulike deler av lyset har hatt i måleobjektet. Dette skjer ved at avbildningsdybden i objektet bestemmes av optisk veilengde i interferometerets referansearm. Tverrsnittbilder av vev kan dannes på en måte som ligner på ultralyd, men med noen viktige forskjeller. I OCT er dybdeoppløsningen gitt av kildens koherenslengde som typisk er 10  $\mu\text{m}$ . Lateral oppløsning er som ved vanlig optisk avbildning. Teknikken kan dermed gi tredimensjonal avbildning av levende vev med oppløsning ca 10 ganger bedre en ultralyd. En viktig ulempe ved OCT er at lys har en mye mindre inntrengingsdybde enn ultralyd i kroppsvev, normalt begrenset til noen mm. Ett unntak her er avbildning av øyet. Det finnes allerede kommersielle instrumenter for avbildning av lagstrukturen i retina (netthinnen) f.eks for tidlig deteksjon av grønn stær og netthinneavløsning.

Det er ventet at fremtidige anvendelser av OCT ikke bare vil dreie seg om strukturavbildning, men også det som kalles funksjonell avbildning. Dette kan være f.eks Doppler (strømningsmålinger), polarisasjon (informasjon om vevets orientering) og spektroskopi (informasjon om vevets biokjemiske egenskaper). Et eksempel på spektroskopisk anvendelse er måling av blodets oksygenmetning. Ved spektroskopi benytter vi flere kilder og utnytter vi at vi kan måle forskjeller i hvordan ulike bølglengder absorberes i vevet.

I et samarbeid mellom Optikkgruppen og SINTEF Anvendt fysikk er utstyr for optisk lavkoherens tomografi oppbygd ved Institutt for fysikk. Målsetningen er å måle forskjellige parametre til biologiske objekter. For tiden arbeides det mest med å benytte spektroskopisk OCT til å måle diffusjon av et fargestoff i en gel. Dette arbeidet kan ha relevans for fotodynamisk terapi av kreft.

Vi gir to oppgaver innenfor dette forskningsområdet:

### **1. Karakterisering av interferometeret og måling av viktige parametre med relevans for diffusjonsmålinger**

Dette er i hovedsak en eksperimentell oppgave hvor arbeidet stort sett vil dreie seg om å bruke interferometeret til å gjøre målinger som har direkte relevans for diffusjonsmålingene vi jobber med. Detaljene i oppgaven vil være avhengig av hvor langt vi har kommet når diplomarbeidet påbegynnes. Fordi vi ikke jobber med et kommersielt instrument men med et som stadig er i utvikling, vil arbeidet gi svært god innsikt i optisk måleteknikk. Instrumentet styres av en PC ved hjelp av egenutviklede *LabView*-programmer og etterbehandling av innsamlede data skjer ved hjelp av *Matlab*. Oppgaven vil derfor også gi erfaring i bruk av disse to viktige dataverktøyene. Etterbehandlingen av måledata vil også innebære bruk av modeller for signaldannelsen i interferometeret.

### **2. Modellering av Optisk Koherens Tomografi**

Et fenomen som kalles speckle er ventet å være en av de viktigste utfordringene for realisering av spektroskopisk OCT. Speckle er en tilfeldig "kornet" intensitetsfordeling som oppstår når koherent lys spres fra diffuse objekter. Disse "kornene" kan både betraktes som støykilde og som bæreølge for interferensinformasjon. Det er derfor viktig å kjenne egenskapene til speckle, enten vi bruker dem til å "fjerne" specklestøy i et bilde eller til andre formål. I spektroskopisk OCT hentes viktig vevsinformasjon ved å sammenligne måledata med en matematisk modell av målesignalet hvor effekten av speckle bør inkluderes.

Denne oppgaven går ut på å utvikle en hensiktsmessig modell for lysspredning og instrumentering for dette formålet. Videre er vi interessert i å få kartlagt hvilke fundamentale begrensinger speckle setter for hva som kan oppnås med spektroskopisk OCT. Arbeidet vil være mest fokusert mot modellering/simulering, men foregå i nært samarbeid med det eksperimentelle arbeidet i forskningsgruppen.

# HOVEDOPPGAVER FRA INSTITUTT FOR MEKANIKK

**Veileder : Professor Iver Brevik ([Iver.H.Brevik@mtf.ntnu.no](mailto:Iver.H.Brevik@mtf.ntnu.no))**

1. Srålingstrykk: Deformasjon av overflaten av en væske (soft matter) på grunn av lasertrykk. Eventuelt også bruk av elastisitetsteori for skall til å beregne deformasjon av en celle i en laserbeam.

2. Casimireffekt: For eksempel beregning av Casimirkraften mellom mikroskopiske kuler av realistisk dispersivt materiale.

3. Kosmologi: For eksempel det 5-dimensjonale rom (Randall-Sundrum teorien). En annen mulighet er problemer knyttet til mørk materie/mørk energi. Kosmologioppgaver kan også kombineres med Casimireffekt.

Oppgavene under punktene 2 og 3 er ikke fullstendig spesifisert. Dette avhenger bl. a. av om noen av de nåværende prosjektstudentene ønsker å gå videre med samme emne til våren.

**Veileder : Professor Helge Andersson ([helge.i.andersson@mtf.ntnu.no](mailto:helge.i.andersson@mtf.ntnu.no))**

- Dynamisk modellering av turbulens i strømming med sentrifugal- og/eller corioliskrefter

Strømningen i en pumpe eller turbin er utsatt for sentrifugalkrefter på grunn av strømlinjenes krumning og Corioliskrefter på grunn av at maskinen roterer. Begge disse massekreftene påvirker ikke bare strømningsmønsteret men også turbulensforholdene. I mange tilfeller vil en tradisjonell turbulensmodell gi fullstendig feilaktige prediksjoner, noe som igjen resulterer i gale strømningsmønstre. Et velkjent eksempel er strømming med turbulensmodeller og deres evne til å håndtere sentrifugal- og Corioliskrefter. Prosjektet er et samarbeid med Forsvarets Forskningsinstitutt (FFI) på Kjeller.

2. Beregning av størmningsforhold mellom rotor og stator.

Strømningen mellom en fast og en roterende skive er en noe forenklet modell av rotor-stator strømming som forekommer både i gass- og vannturbiner. Det er viktig å kunne beregne de komplekse strømningsforholdene som oppstår i et slikt system ved hjelp av relativt enkle metoder. Av størst praktisk betydning er det å bestemme dreiemomentet på rotoren, men for å finne dette må man kjenne strømningsforholdene. Oppgaven inneholder både en analytisk del som går ut på å forenkle likningssystemet som beskriver strømmingen og turbulensforholdene og en numerisk del som går ut på å løse det forenklete likningssystemet. Arbeidet inngår i et forskningsprosjekt i samarbeid med tyske og russiske forskningsgrupper (Bochum, Moskva, Novosibirsk).

## HOVEDOPPGAVER FRA DET NORSKE RADIUMSHOSPITAL

### Optimalisering av kollimatorer for et nytt digitalt gammakamera.

Ved Radiumhospitalet får vi snart levert et lite gammakamera som er basert på halvlederdetektorer. Vi er tredje institusjonen i verden som får dette kameraet, som ledd i et SND-støttet utviklingsprosjekt. Dette betyr at det er mye upløyd mark. Kameraet skal hovedsakelig brukes til scintimammografi, d v s avbildning av et radioaktivt merket stoff som er tatt opp i brystsvulster. Kameraet har en meget god indre oppløsning med ca. 3 mm store detektorelementer, og kommer i første omgang bare med en generell parallellhulls-kollimator som ikke er tilpasset til den digitale detektoren.

Vi ønsker å konstruere en ny type kollimator som har et hullmønster som er tilpasset den digitale detektoren. I tillegg ønsker vi å optimalisere hullenes lengde og utforming (konvergerende?) slik at vi får best mulig signal/støy-forhold tilpasset de svulster som vi ser etter.

Arbeidet vil medføre simuleringsarbeid, konstruksjon, bygging og utprøving av den ferdige kollimatoren. Avhengig av hva slags teknologi som velges, kan det bli aktuell å bare bygge en mindre kollimator og teste denne på en avgrenset del av detektoren. Ellers har vi muligheter for å anvende Woods metall – en metall-legering med bly og kadmiom som har et smeltepunkt ved ca. 80 grader.

Arbeidet vil skje i nært samarbeid med nukleærmedisinsk seksjon.

Interesserte kan henvende seg til Arne Skretting ([arne.skretting@labmed.io.no](mailto:arne.skretting@labmed.io.no))

PS. Vi vil også kunne tilby oppgaver innen SPECT og digital autoradiografi knyttet til behandling med radioaktive målsøkende forbindelser.

# HOVEDOPPGAVER FRA FFI

## FAGOMRÅDE ELEKTROOPTIKK/LASERTEKNOLOGI

### Oppgave 1: Måling av termooptiske koeffisienter for ikke-lineære materialer

Kontaktpersoner: Torbjørn Skauli, tlf 6380 7337 (torbjørn.skauli@ffi.no)  
Gunnar Rustad, tlf 6380 7380 (gunnar.rustad@ffi.no)  
Knut Stenersen, tlf 6380 7365 (knut.stenersen@ffi.no)

Frekvenskonvertering av lys vha ikke-lineær optisk vekselvirkning i forskjellige materialer er en viktig måte å generere laserlys på nye bølgelengder på. Når uteffekten skal økes er det svært viktig med detaljert kjennskap bl a til hvordan brytningsindeksen til materialene varierer med temperaturen (de såkalte termooptiske koeffisientene), men målinger av mange slike koeffisienter mangler i litteraturen.

I oppgaven skal disse koeffisientene måles for noen aktuelle ikke-lineære materialer. Aktuelle målemetoder er en kombinasjon av optiske teknikker og røntgendiffraksjon. Oppgave vil fokusere på utvikling av måleoppsett, målinger med dette og tolkning av data. Resultatene vil bli publisert i internasjonale tidsskrifter og vil bli brukt direkte inn i andre prosjekter.

### Oppgave 2: Diodelaserpumpede faststofflasere

Kontaktpersoner: Gunnar Rustad, tlf 63 80 73 80 (gunnar.rustad@ffi.no)  
Knut Stenersen, tlf 63 80 73 65 (knut.stenersen@ffi.no)

Energitilførsel via stråling fra høyeffekt diodelasere er en nøkkelteknologi innen utvikling av fremtidige faststofflasere for både militære og sivile formål. Med denne teknologien er det mulig å oppnå svært høy virkningsgrad og strålekvalitet på en rekke nye bølgelengder. Vi studerer en rekke lasertyper basert på sjeldne jordarter (Nd, Er, Ho, Tm, Yb) dopet inn i ulike vertskrystaller.

Oppgavens målsetting er å utvikle en effektiv høyeffekt diodepumpet faststofflaser. Arbeidet vil omfatte evaluering av konseptalternativer, simuleringer og en eksperimentell realisering og karakterisering av laseren. Pumpekilden vil være en høyeffekt diodelaser-rekke som har en svært asymmetrisk strålingslobe. En del av oppgaven vil bestå i å transformere denne til en mer symmetrisk lobe og fokusere denne inn i en optisk fiber som vil lede pumpestrålingen frem til laserkrystallet. Et hovedproblem i utvikling av denne type laser er den kraftige varmeutviklingen i det eksiterte krystallvolumet. En viktig deloppgave blir derfor å konstruere en laserresonator som kompenserer optimalt for de termiske linseeffektene som følger av denne varmeutviklingen.



## STANDARDAVTALE

Avtale mellom student.....født.....,  
faglærer ved NTNU.....,  
bedrift/institusjon.....og  
Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (heretter NTNU) v/fakultetsdirektør

om bruk og utnyttelse av spesifikasjoner og resultater fremlagt ved besvarelse av hovedoppgave i henhold til Forskrift om graden sivilingeniør ved NTNU.

1. Studenten skal utføre besvarelse av den tildelte hovedoppgave ved:

.....(bedrift/institusjon).

Oppgavens tittel er: .....

.....

2. Studenten har opphavsrett til besvarelsen. De innleverte eksemplarer av besvarelsen med tegninger, modeller og apparatur, så vel som dataprogramvare som inngår som del av eller vedlegg til besvarelsen, tilhører NTNU. Besvarelsen, og vedlegg til denne, kan vederlagsfritt benyttes av NTNU til undervisnings- og forskningsformål. Besvarelsen, og vedlegg til denne, må ikke nyttes til andre formål.

3. Studenten har rett til å publisere sin besvarelse, eller deler av den, som en selvstendig avhandling eller som del av et større arbeid, eller i popularisert form i hvilken som helst offentlig publikasjon.

4. Bedriften/institusjonen har rett til å få utlevert et eksemplar av besvarelsen med vedlegg, og til å gjøre seg kjent med NTNU's bedømmelse av den. Bedriften/institusjonen gis en frist på 3 måneder fra besvarelsen er innlevert til NTNU for sensurering til å vurdere patentbarhet og søke patent på hele eller deler av resultatet av besvarelsen. Besvarelsens spesifikasjoner og resultater kan bedriften/institusjonen nytte i sin egen virksomhet. Dersom besvarelsens spesifikasjoner og resultater skal utnyttes økonomisk av bedriften/institusjonen, må det inngås særskilt avtale med alle parter. NTNU's tilleggsavtale om økonomisk utnyttelse skal da benyttes. Avtale og økonomisk utnyttelse opprettes i 4 - fire eksemplarer hvor partene skal ha hvert sitt og er gyldig når den er godkjent og underskrevet av NTNU v/fakultetsdirektør.

5. I særlige tilfelle kan offentliggjørelsen av besvarelsen i samsvar med pkt. 2 og 3 ovenfor båndlegges (utsettes) for en periode på inntil 5 år. Det skal i slike tilfelle inngås en egen båndleggingsavtale mellom student, faglærer, bedrift/institusjon og NTNU. NTNU's tilleggsavtale om båndlegging skal da benyttes. Båndleggingsavtalen opprettes i 4 - fire eksemplarer hvor partene skal ha hvert sitt og er gyldig når den er godkjent og underskrevet av NTNU v/fakultetsdirektør.
6. Denne avtale skal ha gyldighet foran andre avtaler som er eller blir opprettet mellom to av partene som er nevnt ovenfor.
7. Eventuell uenighet som følge av denne avtale skal søkes løst ved forhandlinger. Hvis dette ikke fører frem, er partene enige om å la tvisten avgjøres ved voldgift i henhold til norsk lov. Tvisten avgjøres av byrettsjustitiarius i Trondheim eller den han oppnevner.
8. Denne avtale er underskrevet i 4 - fire - eksemplarer hvor partene skal ha hvert sitt. Avtalen er gyldig når den er godkjent og underskrevet av NTNU v/fakultetsdirektør.

.....  
(sted)

.....  
(dato)

.....  
student

.....  
faglærer ved NTNU

.....  
.....

for bedriften/institusjonen  
(stempel og signatur)

Avtalen godkjennes:

.....  
Fakultetsdirektør, NTNU (dato, stempel og signatur)





## TILLEGGSAVTALE / BÅNDEGGELSESAVTALE

(Med hjemmel i standardavtalens punkt 5)

Tilleggsavtale mellom student.....født.....,

faglærer ved NTNU.....,

bedrift/institusjon.....og

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (heretter NTNU) v/fakultetsdirektør

**i tilknytning til inngått standardavtale om bruk og utnyttelse av spesifikasjoner og resultater fremlagt ved besvarelse av hovedoppgave i henhold til Forskrift om graden sivilingeniør ved NTNU.**

1. Med hjemmel i punkt 5 i inngått standardavtale mellom de ovennevnte parter er partene blitt enige om at hovedoppgaven skal båndlegges (hemmeligholdes) i ..... år fra og med tidspunktet for avtaleinngåelsen.
2. Årsaken til båndleggelsen er hensynet til bedriftens/institusjonens konkurranseforhold.
3. Besvarelsen skal - etter utført sensur - innleveres til fakultetet som forestår oppbevaring i hvelv i båndleggingsperioden. Etter båndleggingsperiodens utløp returneres besvarelsen til instituttet.
4. Denne avtale er underskrevet i 4 - fire - eksemplarer hvor partene skal ha hvert sitt. Avtalen er gyldig når den er godkjent og underskrevet av NTNU v/fakultetsdirektør.

.....  
(sted)

.....  
(dato)

.....  
student

.....  
faglærer ved NTNU

.....  
for bedriften/institusjonen  
(stempel og signatur)

Avtalen godkjennes:

.....  
Fakultetsdirektør, NTNU (dato, stempel og signatur)



## TILLEGGSAVTALE / ØKONOMISK UTNYTTELSE

(Med hjemmel i standardavtalens punkt 4)

Tilleggsavtale mellom student.....født.....,

faglærer ved NTNU.....,

bedrift/institusjon .....og

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (heretter NTNU) v/fakultetsdirektør

i tilknytning til inngått standardavtale om bruk og utnyttelse av spesifikasjoner og resultater fremlagt ved besvarelse av hovedoppgave i henhold til Forskrift om graden sivilingeniør ved NTNU.

1. Med hjemmel i standardavtalens punkt 4 inngått mellom de ovennevnte parter inngås en tilleggsavtale som gir bedriften/institusjonen rett til å kunne utnytte hovedoppgavens/ besvarelsens spesifikasjoner og resultater i økonomisk sammenheng.
2. Denne avtale er underskrevet i 4 - fire - eksemplarer hvor partene skal ha hvert sitt. Avtalen er gyldig når den er godkjent og underskrevet av NTNU v/fakultetsdirektør.

.....  
(sted)

.....  
(dato)

.....  
student

.....  
faglærer ved NTNU

.....  
for bedriften/institusjonen  
(stempel og signatur)

Avtalen godkjennes:

.....  
Fakultetsdirektør, NTNU (dato, stempel og signatur)