

## **GEOF 110 Innføring i dynamikken til atmosfæren og havet**

### **Mål og innhald**

Emnet gjev ei grunnleggjande innføring til dynamikken i atmosfæren og havet. Utgangspunktet for emnet er konservering av masse og rørslemengd og likningane som følgjer frå dette, uttrykt i både ikkje-roterande og roterande koordinatsystem. Fysisk tolking av likningane vert gjeven og forenkla uttrykk vert nytta for å forklare, forstå og rekna på, i hovudsak, storskala og fri rørsle i atmosfæren og i havet.

### **Læringsutbytte**

Etter fullført emne skal studenten kunne:

- utleie dei grunnleggjande likningane for rørsla i atmosfæren og havet
- nytta ulike versjonar av ikkje-roterande og roterande koordinatsystem for å rekna på rørsla i atmosfæren og havet
- utleie likningane for geostrofisk vind/straum og termalvind, og nytte ulike variasjonar av desse uttrykka på storskala og synoptiske system i atmosfæren og i havet
- berekne den grunnleggjande effekten av friksjon på rørsla i atmosfæren og i havet
- nytte fysiske prinsipp til å forklare den storskala, globale atmosfære- og havsirkulasjonen
- utleie og nytta dei grunnleggjande uttrykka for Ekman- og Sverdrupdynamikk i havet
- utleie og nytta uttrykk for grunnleggjande gravitasjon-, Rossby- og Kelvinbølgjer i atmosfære og hav

## **GEOF 110 Introduction to atmosphere and ocean dynamics**

### **Aim and Contents**

The course gives a basic introduction to the atmosphere and ocean dynamics. The starting point is conservation of mass and momentum and the corresponding equations, formulated in non-rotating and rotation coordinate systems. Physical interpretation of these equations is given and simplified expressions are used to explain, derive and quantify characteristics properties of, in particular, large scale and free motion in atmosphere and ocean.

### **Learning Outcomes**

After completed course the students should be able to:

- derive the basic equations for the motion in atmosphere and ocean
- use several versions of non-rotating and rotation coordinate systems for quantifying atmosphere and ocean dynamics
- derive the geostrophic and thermal wind equations, and apply various versions of these expressions on large and synoptic scale systems in atmosphere and ocean
- derive how friction influences, to lowest order, the atmosphere and ocean dynamics
- apply first physical principles to describe the large scale, global circulation in atmosphere and ocean

- derive and apply the basic expressions for Ekman and Sverdrup dynamics in the ocean
- derive and apply expressions for the basic forms of gravity, Rossby and Kelvin waves in the atmosphere and ocean

## **GEOF120 Meteorologi**

### **Mål og innhald**

I kurset blir det gitt ei generell innføring i meteorologi. Kurset inneheld ein grunnleggjande oversikt over jorda sin atmosfære, Det blir lagt vekt på grunnleggjande termodynamikk, sky fysikk og grunnprinsippa i stråling. I tillegg gjer kurset ei innføring i dei dominerande værsystema på midlarar breiddegrader, storskala dynamikk i troposfæren og turbulens i det atmosfæriske grenselaget inkludert samspelet mellom jordoverflata og prosessar i det atmosfæriske grenselaget. I kurset skal studentane også utføre vanlege meteorologiske observasjonar og utarbeide enkle vêrvarsel.

### **Læringsutbytte**

Etter fullført emne skal studenten kunne:

- løyse enkle problem innan dynamisk og fysisk meteorologi
- beskrive jorda sin atmosfære, då særleg troposfæren
- relatere grunnleggjande fysiske lover til vêrsystem og atmosfæren sin struktur
- utføre vanlege meteorologiske observasjonar og utarbeide enkle vêrvarsel

## **GEOF120 Meteorology**

### **Aim and Contents**

GEOF120 gives a general introduction to meteorology. Providing a basic description of the earth's atmosphere. There is emphasis on fundamentals of thermodynamics, cloud physics and radiative transfer. In addition the course gives an introduction to mid latitude weather systems, large scale dynamics of the troposphere and processes in the atmospheric boundary layer. The students will carry out conventional meteorological observations and write simple weather forecasts.

### **Learning outcomes**

Upon completing GEOF120 the student should be able to:

- solve simple problems in physical and dynamical meteorology
- describe the earth's atmosphere, particularly the troposphere
- relate fundamental laws of physics to weather systems and the structure of the atmosphere
- carry out conventional meteorological observations and write simple weather forecasts

## **GEOF 130 Oseanografi**

## **Mål og innhald**

Kurset gir ei deskriptiv innføring i oseanografi. Studentane vil få ei brei innføring i sjøvatnet sine fysiske og kjemiske eigenskapar, havet sin sirkulasjon, blandingsprosessar, tidevatn og bølgefænomen. Emnet omfattar vidare vekselverknad mellom hav og atmosfære, strålingsbalanse og generell sirkulasjon i verdshava. Som ein del av emnet vil studentane utføre labeksperiment og vere ein dag på forskingstokt for å lære å bruke oseanografiske måleinstrument.

## **Læringsutbytte**

Etter fullført emne skal studentane kunne:

- forstå og bruke enkel fagterminologi
- beskrive sjøvatnet sine underliggjande kjemiske og fysiske eigenskapar
- skille mellom molekylære og turbulente blandingsprosessar
- gjengi grunnleggjande prinsipp for tettheits- og vinddriven sirkulasjon i havet
- gjengi ei grei forklaring på forenkla modellar for havets sirkulasjon, f. eks. geostrofiske strøming, eller Ekmantransporten
- gi en grei forklaring på tidevasskraft
- skille og klassifisere ulike typer av gravitasjonsbølger
- gi en grei forklaring på ulike begreper knytt til bølgeutbreiing, for eksempel dispersjon, attenuasjon, refraksjon og interferens
- utføre enkle labeksperiment
- samanfatte og analysere resultat frå labeksperimenta

## **GEOF 130 Oceanography**

### **Aim and Contents**

The module provides a descriptive introduction into oceanography. The students will be given a broad introduction into sea waters basic properties (physical and chemical), basic principles of ocean circulation and mixing in the ocean, tidal and wave phenomena. Moreover interaction between ocean and atmosphere are discussed as well as the heat budget and radiation balance in the global ocean and the global ocean circulation. An integral part of the course is a set of lab experiments and a field day to provide the students with some experience with oceanographic instrumentation.

### **Learning Outcomes**

At the end of the module the students should be able to:

- understand and make use of professional terminology
- describe the basic physical and chemical properties of sea water
- distinguish between molecular and turbulent mixing processes
- reflect basic principles of density - and wind driven circulation in the ocean
- depict simple explanations of basic models for ocean circulation, e.g. geostrophic circulation or Ekman transport
- provide an elementary explanation for tidal forcing
- distinguish and classify different types of gravitational waves
- depict simple explanations of different terms and definitions connected to wave propagation such as dispersion, attenuation, refraction and interference

- carry out basic lab experiments
- summarise and analyse results of basic lab experiments

## **GEOF210 Dataanalyse i meteorologi og oseanografi**

### **Mål og innhald**

Emnet gir ei grunnleggjande innføring i statistiske metodar for oseanografi og meteorologi. Dette inkluderer deskriptiv statistikk, hypotesetesting og sannsynsfordeling. Emnet vil vidare omhandle frekvensanalyse og filtrering av tidsseriar, samt identifisering av romleg samvariasjon ved metodar som lineær regresjon, korrelasjonsanalyse og empiriske ortogonale funksjonar. Teorien vil bli nytta på geofysiske problemstillingar.

### **Læringsutbytte**

Etter fullført emne skal studenten kunne:

- handtere observasjons- og modelldata for statistisk analyse, og presentere resultatane av analysen
- rekne ut grunnleggjande statistiske eigenskapar
- utføre hypotesetesting
- finne korrelasjon og regresjon mellom tidsseriar
- identifisere frekvensfordelinga i ein tidsserie
- identifisere romlig struktur i data

## **GEOF210 Data Analysis in Meteorology and Oceanography**

### **Aim and Contents**

The course provides a basic introduction to the statistical methods commonly applied in oceanography and meteorology. This includes descriptive statistic, hypothesis testing, and probability distribution. The course will further contain frequency analysis and filtering of time series, and methods for identifying spatial coherences such as linear regressions, correlation analysis, and empirical orthogonal functions. The theory will be applied on geophysical problems.

### **Learning Outcomes**

By the completion of the subject, the student should be able to:

- repair and systemize observational and model data for statistical analysis
- estimate basic statistical properties
- perform hypothesis testing
- determine the frequency spectrum of a time series
- deduce the spatial structure of data
- synthesize the result of analyzes in a scientific report

## **GEOF211 Numerisk modellering**

### **Mål og innhald**

Kurset presenterer generelle eigenskapar ved numeriske metodar til løysing av dei partielle differensiallikningane vi møter i dynamisk meteorologi og oseanografi. Studentane praktiserer metodane på enkle problemstillingar. Ein numerisk modell blir presentert.

### **Læringsutbytte**

Etter å ha teke dette kurset skal du kunne

- greie ut om korleis ein numerisk modell er bygd opp
- gjere greie for korleis val av numerisk skjema og gitter påverkar modellen
- analysere feilkjelder som kan opptre i modellen.
- drøfte kva svakheiter og begrensingar numeriske modellar har
- bruke numeriske modellar som verkty til å løyse dynamiske problem i meteorologi eller oseanografi
- Få røynsle med å nytte programmeringsspråk (Matlab eller Fortran) til å gjere numeriske berekningar.

Kurset er praktisk retta, der studentane løyser fem oppgåver ved hjelp av programmering, og drøfter dei ulike resultatane. Arbeidet med desse oppgåvene må vere godkjend før eksamen.

## **GEOF211 Numerical Modelling**

### **Aim and Contents**

Description of numerical methods that are used to solve the partial differential equations of dynamical meteorology and oceanography. The methods are applied to simple problems. A numerical model will be presented.

### **Learning Outcomes**

When you have taken this course you should be able to

- explain how a numerical model is built up and how numerical schemes and grids influence the behaviour of the model
- analyze the various sources of error that may turn up in the model
- discuss the limitations of the model
- use numerical models as a tool to solve dynamical problems in meteorology or oceanography
- get experience from using programming tools (Matlab or Fortran) to make numerical calculations.

The course is oriented towards practical training where the students solve five tasks by programming, and thereafter discuss the results. The work with the tasks has to be approved before the exam.

## **GEOF212 Fysisk klimatologi**

### **Mål og innhald**

Emnet gjev ei innføring i fysisk klimatologi for å betre forstå klimavariasjonar i fortid, notid og framtid. Kurset fokuserar i hovudsak på det storskala globale klimaet og gjennomgår dei fysiske prinsippa for det globale energibudsjetet, rollene til

sirkulasjonen i atmosfæren og havet, og vekselverknad mellom dei ulike komponentane i klimasystemet vil verta drøfta. Blant anna vil ein sjå korleis endringar i overflatetype (is, snø, vegetasjon etc.), i atmosfærens samansetjing (gass og partiklar), i skyar eller i astronomiske forhold kan føre til klimavariasjonar. Vidare vil ulike metodar for å studere klimavariasjonar og moglege verknadar av menneskeleg verksemd på det globale klimaet verta gjennomgått.

### **Læringsutbytte**

Ved fullført emne GEOF212 skal studenten kunne:

- definere og forklare sentrale begrep innanfor fysisk klimatologi
- forklare det globale energibudsjettet
- forklare dei grunnleggjande fysiske mekanismane bak storstilte klimavariasjonar
- gjere berekningar av jordas følsemd for variasjonar i eksterne pådrag slik som frå sol, vulkanar og variasjonar i drivhusgassar
- greie ut om dei viktigaste tilbakekoplingsmekanismane i klimasystemet
- greie ut om oppbygginga av matematiske klimamodellar

## **GEOF212 Physical Climatology**

### **Aim and Contents**

The course gives an introduction to physical climatology in order to better understand climate variations in the past, present, and future. Focus is on the physical principles governing the global energy budget, the role of the circulation of the atmosphere and oceans, and interactions between the different components of the climate system. The course will investigate the physical mechanisms important for climate related to changes in land surface properties (ice, snow, vegetation, etc), atmospheric composition (gas and particles), clouds or orbital parameters. In addition, different methods for investigating natural climate variability and possible effects of anthropogenic climate change will be discussed.

### **Learning Outcomes**

After completing GEOF212 the student will be able to:

- define and explain central concepts in physical climatology
- explain the global energy budget
- explain the fundamental physical mechanisms behind large scale climate variability
- perform calculations of the earth's sensitivity to external forcings such as from the Sun, volcanoes and changes in greenhouse gasses
- explain the main feedback mechanisms in the climate system

## **GEOF220 Fysisk meteorologi**

### **Mål og innhald**

Målet for kurset er at studentane skal få ei grunnleggjande forståing av fysiske prosessar knytt til solstråling, terrestrisk stråling, kondensasjon og nedbør, og korleis desse prosessane påverkar kvarandre i jord-atmosfære systemet vårt.

I strålingsdelen blir den globale energibalansen til planeten vår gjennomgått. Emnet tek føre seg kva for fysiske strålingsprosessar som skjer ved transport av solstråling og terrestrisk stråling i atmosfæren og kva effekt jordoverflata har på strålinga. Det blir også vist kva effekt strålingsprosessar har på klima. Strålinga si rolle for dei ulike tilbakekoplingsmekanismane og for naturlege og menneskapede klimaendringar er også eit viktig tema. I skyfysikken blir dei termodynamiske prinsipp og bruken av dei i atmosfæriske studiar repetert kort. Omgrepet atmosfærisk stabilitet og ein luftpakke sin tilstandsendring og bevegelse blir introdusert for å beskrive dei atmosfæriske prosessar som fører til kondensasjon. Aerosolar og deira rolle som kondensasjonskjerner blir introdusert. Utviklinga av hydrometeorar er beskriven, saman med relevante fysiske prosessar og utleiingane av dei viktigaste likningane. Det startar med kondensasjonen og vekst ved diffusjon på aerosolar og går vidare med mekanismar for vidare vekst, inkludert isfasen, kollisjon og koalesens. Til slutt blir relevante målemetodar og måleinstrument introdusert og diskutert, då særleg med omsyn på usikkerheiter.

### **Læringsutbytte**

Etter fullført emne skal studenten kunne:

- gi ei utgreiing om den globale energibalansen for planeten vår, då med særleg fokus på stråling
- forklare dei ulike fysiske prosessar som skjer ved strålingstransport gjennom atmosfæren (spreiing, absorpsjon, emisjon) og kva rolle overflata spelar
- gi ei utgreiing av kva effekt strålinga har på klimaet til kloden vår og forklare dei ulike tilbakekoplingane
- forklare kva rolle stråling har for naturlege og menneskeskapede klimaendringar
- nytte dei grunnleggande termodynamiske lover til utleiing av dei nødvendige likningane for å beskrive mikrofysikken ved kondensasjon og dropedanning
- beskrive utviklinga av hydrometeorar i atmosfæren, frå kondensasjonen på aerosolar til dei fell ut som regn og snø, og forklare dei ulike fysiske prosessane
- beskrive dei vanlegaste metodane og instrument for å måle nedbør og diskutere usikkerheitene i samband med slike målingar

## **GEOF220 Physical meteorology**

### **Aim and Contents**

GEOF220 aims to give the students a basic knowledge of the physical processes with regard to solar and terrestrial radiation, condensation, cloud formation and precipitation and their interactions in the earth-atmosphere system.

In the radiation part, an overview of the global energy balance of our planet is first given. In the course, the processes connected to radiative transfer of solar radiation and terrestrial radiation in the atmosphere and the radiative effect of the surface of our planet are also discussed. It is also focused on the climate effect of the radiation processes in the atmosphere and at the surface. Here, the radiative effect of the different feedback mechanisms and the effect of radiation on natural and anthropogenic climate changes are important issues.

The cloud physics part shortly introduces and repeats the thermodynamic basics and their application in atmospheric science. The concept of atmospheric stability and air parcel behaviour is introduced to describe the atmospheric forcing leading to condensation. A short introduction in aerosol particles and their function as cloud condensation nuclei is given. The chain of hydrometeor creation is described and the relevant physical processes are introduced, including the derivation of the main equations. It starts from the initial condensation and diffusional growth at aerosol particles and continues with further growth mechanisms, including the involvement of the ice phase and collision and coalescence. At the end, relevant measurement methods and instrumentation are introduced and discussed in particular with respect to measurement uncertainties.

### **Learning Outcomes**

After finishing the course, the student should be able to:

- give an overview of the global energy balance of our planet, with special focus on the radiation and corresponding cloud effects
- explain the physical processes by radiative transfer of solar radiation and terrestrial radiation through the atmosphere (scattering, absorption, emission) and the effect of the surface on the radiation
- give a detailed description of the effect of radiation on the climate of our planet and explain the different feedback mechanisms
- explain the effect of radiation on natural and anthropogenic climate changes
- apply the basic laws of thermodynamics for the derivation of the set of equations required to describe the microphysics of condensation and droplet formation
- describe the chain of creation of hydrometeors in the atmosphere from the initial condensation on aerosol particles to falling rain and snow and explain the related physical processes
- describe the common methods and instruments for precipitation measurement and discuss the uncertainties related to those measurements

## **GEOF230 Fysisk-biologiske koplinger**

### **Mål og innhald**

Kurset gir ei innføring i korleis fysikken og kjemien i havet påverkar produksjon og fordeling av organismer på dei ulike nivåa i den marine næringskjeda, frå planteplankton til fisk og korleis fysiske og kjemiske faktorar påverker energifordelinga i næringskjeda. Det blir lagt vekt på at biologiske, fysiske og kjemiske prosessar er integrerte komponentar i verkemåten for marine økosystem, og at prosessane knytta til tids- og romskalaer er avgjerande for å forstå korleis havklimaet påverkar marine økosystem. Forståinga av dynamikken i marine økosystem baserer seg på "first principles" som inneber at det krevst ein viss matematisk kunnskap for å følgje kurset. Særleg treng ein kunnskap i matematikk for å følgje dei tema som omhandlar verknadane av diffusjon og turbulens på fordeling og energioverføring på planktonnivåa i næringskjeda.

### **Læringsutbytte**

Etter fullført emne skal studenten kunne:

- beskrive korleis havfysikken verkar med biologiske og kjemiske prosessar til å påverke planktonproduksjon og rekruttering for fisk
- gjere greie for korleis plankton verkar tilbake på havfysikken
- forklare det store mangfaldet i måtar dei ulike økosystemene i verdenshava verker og det store spekteret i tilpasningsstrategier for organismer i ulike økosystem avhengig av bakgrunnstilhøva i biologi og havfysikk
- forklare dei grunnleggjande prinsippa for overføring av energi gjennom næringskjeda og kvar/korleis havklimaet verkar inn på denne overføringa
- bruke enkle modellar for turbulens for å berekne effekten av småskala turbulens på næringsopptak for plankton
- bruke enkle modellar for flyteevne for fiskeegg og turbulens i vassøyla til å berekne vertikal fordeling av fiskeegg
- lage eit laboratorieoppsett for temperaturkontrollert salinitetsgradient for å måle flyteevna til levande plankton

## **GEOF 230 NMP-1 Physical-Biological Relations**

### **Aim and Contents**

The course gives a presentation of how the ocean physics and ocean chemistry influence production and distribution of organisms at trophic levels of marine ecosystems from phytoplankton to fish, and how the physics and chemistry influence the flow of energy through the food web. It will be emphasized that biology, physics and chemistry are integral components in the functioning of marine ecosystems and that the issue of spatial and temporal scales must be included to understand how climate fluctuations influence marine ecosystems. The understanding of the dynamics of the marine ecosystems will be based on first principles which imply that a certain mathematical basic skill is needed for the student. Particularly, the issues of diffusion and turbulence are important for describing distribution and trophic transfer at the levels of plankton.

### **Learning Outcomes**

At the end of the course the student should be able to:

- describe how the physics of the ocean interact with biological and chemical processes to influence plankton productivity and fish recruitment
- describe how plankton can feed back to the ocean physics
- argue that the various marine ecosystems function in very different ways and that the organisms in the ecosystems develop a multitude of adaptive responses depending on the physical and biological setting
- explain the general principles on trophic transfer and how ocean climate interacts
- apply simple models on turbulence to calculate the influence of small-scale turbulence on plankton contact rates.
- apply simple models on buoyancy and mixing to calculate vertical distribution of fish eggs.
- make a laboratory setup on salinity gradient columns to measure the buoyancy in live plankton.

## **GEOF 231 Operasjonell oseanografi**

### **Mål og innhald**

Emnet gir ei brei innføring i havovervåking og varsling, med vekt på modell- og observasjonssystem som er i praktisk bruk i dag. Emnet tar for seg lagring, tilgjengelegheit og distribusjon av data, og spesiell vekt vert lagt på vurdering av usikkerheit i målt og modellert informasjon. Undervisinga består av forelesingar, der studentane m.a. blir rettleia i bruk av in situ- og satellittobservasjonar og modelldata (t.d. tilgjengeleg på internett) og obligatoriske besøk til institusjonar og bedrifter som bidrar til utvikling og/eller driv operasjonelle oseanografitenester. Arbeidet med semesteroppgåva er ein vesentleg del av kurset og kan variere frå analyse av miljødata (in situ-, satellitt- og/eller modellbaserte) til uttesting av måleinstrument.

### **Læringsutbytte**

Etter fullført emne skal studenten kunne:

- forklare kva operasjonell oseanografi går ut på
- beskrive metodar og måleinstrument som vert brukt i operasjonell oseanografi
- skissere teknikkar for bestemming av usikkerheita i måldata og modellerte data
- hente ut og presentere relevante data lagra i nettbaserte databasar
- bruke tileigna kunnskap og skrive ei semesteroppgåve som tar for seg dataanalyse, uttesting av måleinstrument, eller eit anna relevant tema

## **GEOF 231 Operational oceanography**

### **Aim and Contents**

The topic gives a broad introduction in marine monitoring and forecasting with focus on model- and observation systems that are in practical use today. The topic discusses archiving, access, and distribution of data and particular focus is put on evaluation of precision in measured and modelled information. The teaching contains lectures, where the students are supervised in use of in-situ and satellite based observations and modelled data (e.g. available on web) and mandatory visits to institutions and companies which contribute to development and/or are involved in operational oceanography in Bergen. Working with the term paper is a considerable part of the course and can vary from analysing environmental data (in-situ, satellite and/or modelled based) to instrument testing.

### **Learning Outcomes**

After completed course the student should be able to:

- explain what operational oceanography is about
- describe methods and instruments used in operational oceanography
- outline methods used to assess the precision in measured data and modelled data
- retrieve and present relevant data stored in web based databases
- use acquired knowledge and write a term paper which is based upon data analyse, instrument testing or other relevant topics.

## **GEOF 236 Kjemisk oseanografi**

### **Mål og innhald**

Kurset gir ei innføring i kjemisk oseanografi og relevante metodar innan analyse og modellering. Karbonsyklusen der både den naturlege og menneskepåverka delen av systemet blir gjennomgått. Sentrale tema er havet sin generelle sirkulasjon (den termohaline sirkulasjon) og produksjon, remineralisering og eksport av biologisk materiale. Radiometriske og stabilisotopiske fordelingar blir brukt til fastsetting av alder, blandingsfartar og adveksjon av kjemiske stoff. Gassutveksling mellom luft og hav, den biologiske karbonpumpa og nærings salt-syklusane (m.a. nitrogen, fosfor og silikat) er også sentrale tema.

### **Læringsutbytte**

Etter fullført emne skal studenten kunne:

- rekne ut opptak av karbon både naturleg og antropogent i eit atmosfære-havsystem ved hjelp av analytiske data og modell
- systematisere kjemisk-oseanografiske data for å identifisere kva prosessar som ligg bak fordeling av kjemiske stoff i havet
- bruke støkiometri for å rekne ut korleis den biologiske pumpa påverkar fordeling av kjemiske stoff i havet
- forstå kva prosessar som er viktige for gassutveksling mellom luft og hav
- samanfatte eksperimentelle data i ein kort laboratorierapport
- samanfatte tolking av modellresultat i ein kort rapport

## **GEOF 236 Chemical Oceanography**

### **Aim and Contents**

This course gives a basic introduction to chemical oceanography and useful methods applied within analytical work and modelling to interpret the distribution of substances and identifying processes causing their distribution. Focus is placed both on the natural and anthropogenic system of the general carbon cycle and other important processes causing changes in biogeochemical cycles and earth systems. Some central topics are the general circulation of the ocean (the thermohaline circulation), biological production, remineralisation and export of organic material. Radiometric and stable isotope distribution used for aging purposes of water masses and to identify source waters, calculation of mixing rates and advection of chemical component etc. Air – Sea gas exchange, the biological pump, nutrient cycles (nitrogen, phosphorous and silica cycle) will also be central topics.

### **Learning Outcomes**

After completing this subject the student should be able to:

- calculate the uptake of carbon both in a natural and anthropogenic air and sea system based upon analytical and model data
- work on and systemize chemical oceanographic data in order to identify underlying processes that determine the general distribution of chemical substances

- determine how the biological pump influence the distribution of chemical substances in the ocean based on stoichiometry
- identify processes that are important for air-sea exchange
- measure and interpret experimental data and summarize results in a short laboratory report
- interpret results based on modelling in a short report

## **GEOF301- Introduksjonskurs til mastergrad**

### **Mål og innhald**

Kurset gir ei innføring i metodikk som er relevant for gjennomføring av teoretiske og feltbaserte studier, f. eks. litteratursøk, bruk av bibliotek, bruk av dataverktøy (Matlab, Latex, Fortran), vitenskapsteori og etikk, statistikk og tips til skriving av masteroppgåve. Emnet skal førebu studentane på overgangen frå lågaregradsstudier til eiga deltaking i forskingsverksemd på mastergradsstudiet. Kurset skal gjere studentane kjende med fasilitetar og felles metodikk for oseanografar og meteorologar, letta gjennomføringa av masteroppgåva ved å gi ei innføring i korleis ei vitenskapleg undersøking innan desse felta planleggjast og gjennomførast, og gje studentane ei innføring i sentrale grunnlagsproblem samt forskings- og vitenskapsetiske spørsmål innan geofysikk, inkludert forholdet mellom vitenskap og samfunn.

### **Læringsutbytte**

Etter fullført emne skal studenten kunne:

- utforme ein tidsplan for masterstudiet og skissere ein førebels struktur for masteroppgåva
- skrive ein vitenskapleg rapport om eit konkret tema
- bruke en Latex editor til å skrive og kompilere enkle dokument inkludert tekst, figurer, tabeller og en referanseliste for litteratur ved hjelp av TeX-oppsettnings språket.
- identifisere grunnlagsproblem samt etiske og samfunnsmessige aspekt og problemstillinger ved sitt eige forskingsarbeid
- være i stand til å skrive og lese enkle programmer i Fortran og Matlab

## **GEOF301- An Introduction to Master's Studies**

### **Aim and Contents**

This course introduces commonly used tools and concepts for carrying out a Master's study, including literature search, using library resources and programming tools (Fortran, Matlab, LaTeX, referencing software), ethics and scientific theory, and tips on how to structure and write a thesis. The course will prepare the students for the transition from lower degree studies to participation in research on the master level. Students are given an introduction to how to plan and carry out their scientific studies on meteorology and oceanography and skills which will help them to complete their Master's thesis. An introduction to foundational problems as well as ethics in the context of geophysics, including the relation between science and society is given.

The course is open for students planning to write their Master's thesis in meteorology or oceanography at the University of Bergen.

### **Learning Outcomes**

Upon completing GEOF301 you should be able to:

- prepare a time plan for the Master's study and outline the structure of the dissertation
- prepare a concise scientific report on a given topic
- use a Latex editor to write and compile simple documents comprising text, figures, tables and literature references by using the Tex-typesetting language
- identify foundational problems as well as ethical and social aspects and problems regarding their own research work
- read and write simple Fortran and Matlab programs

## **GEOF310 Turbulens i atmosfærens og havets grenselag**

### **Mål og innhald**

Kurset gir ei innføring i turbulens og energifluksar i atmosfæren sitt grensesjikt og havet sitt blandingslag. Målet er å gje studentane eit grunnlag for vidare studiar innan dette feltet, og å gi studentane tilstrekkeleg bakgrunn for å vurdere turbulente prosessar si tyding for andre problemstillingar innan meteorologi, oseanografi eller klima. Emnet dekker homogen turbulenteori med spektrale metodar, definering og måling av turbulente fluksar, og verknaden av sjikting i grenselaga i atmosfæren og i havet. Budsjettlikningane for turbulent kinetisk energi og temperaturvariasjonar vil verte utleia og dei ulike ledda vert diskutert. Det vil bli fokusert på sentrale eigenskapar ved ulike prosessar i blandingslaget i havet og i grenselaget til atmosfæren. Profilane til ulike sporstoff samt hastigheitar og dei turbulente fluksane i atmosfæren og i havet vert skildra og diskutert for ulike pådrag. Det vil også bli gitt ein oversikt over vanlege metodar for bruk av ulike instrument og målingar.

### **Læringsutbytte**

Etter fullført emne skal studenten kunne:

- skildre og samanlikne dei sentrale eigenskapane til grenselaga i atmosfæren og i havet
- identifisere og skissere profilane til sporstoff og turbulente fluksar i grenselaget i atmosfæren og i havet under ulike forhold
- skildre og diskutere dei ulike uttrykka for turbulent kinetisk energi i budsjettlikningane
- skissere eit ideelt energispekter og diskutere dei forskjellige områda i spekteret
- forklare problemet med turbulent lukking og skildre dei ulike metodane for å løyse dette
- velja strategiar for instrumentering og prøvetaking for måling av turbulente straumar i atmosfæren og havet
- utrekne og tolke nøkkelparametarar slik som fluksar og turbulent kinetisk energi frå eit datasett ved bruk av direkte og indirekte metodar

## **GEOF310 Turbulence in the Atmospheric and Ocean Boundary Layer**

### **Aim and Contents**

An introduction into turbulence and turbulent energy fluxes in the atmospheric boundary layer and the ocean mixed layer is given in this course. This introduction is intended to provide a basis for further advanced studies in this field. It also aims to give students a sufficient background for assessing the relative importance and relevance of turbulence in other issues related to meteorology, oceanography or climate. The course covers homogenous turbulence theory including spectral descriptions, definition and measurement of turbulent fluxes and the influence of stratification in the boundary layer in the atmosphere and in the ocean. The budget equations for the turbulent kinetic energy and the temperature variance are derived and the different terms are discussed. Salient features of various processes in the oceanic mixed layer and the atmospheric boundary layer are introduced. The profiles of tracers and velocity and their turbulent fluxes in the atmosphere and in the ocean are described and discussed in different forcing conditions. An overview over the common instruments and measurement methods is given.

### **Learning Outcomes**

Upon completing GEOF310 the student should be able to:

- describe and compare the salient features of the turbulent boundary layer in the atmosphere and ocean
- identify and sketch the profiles of tracers and turbulent fluxes in the boundary layer in the atmosphere and ocean under different forcing conditions
- explain and discuss the different terms of the budget equations for turbulence
- sketch an idealized energy spectrum and discuss the different subranges
- explain the turbulence closure problem and sketch different methods for its solution
- choose instrumentation and sampling scheme to measure turbulence fluxes in the atmosphere and ocean
- calculate and interpret turbulent key parameters as fluxes and turbulent kinetic energy, using direct and indirect methods, from a corresponding data set

## **GEOF321 Introduksjon til metodar i vêrvarsling**

### **Mål og innhald**

I kurset blir det gitt ei innføring I vêrvarsling basert på numeriske modellar. Ulike delar av systemet brukt ved numerisk vêrvarsling blir forklart med sterk vekt på tolkinga av modellane. Svakheiter grunna grov oppløysing i rom og tid, ulike parameteriseringar, tilhøva i grenselaget og starttilhøva blir undersøkt og relatert til ulike vêrsituasjonar og klima. Det blir gitt ei innføring i å analysere og spore varslingsfeil, prediktabilitet og ensembleprognosar. Koplinga mellom atmosfærisk dynamikk og vêrsystem er brukt i samband med tolkinga av resultata frå numeriske

varslingsmodellar. Det blir lagt stor vekt på ekstremevær og lokale effektar i eit komplekst terreng . Kurset tek også for seg delar av historia til moderne vêrvarsling og Bergensskulen i meteorologi.

### **Læringsutbytte**

Etter fullført emne skal studenten kunne:

- utarbeide vêrvarsel
- vurdere usikkerheiter i varselet på ulike skalaer i tid og rom for alle vanlege vêrparametrar
- kople prosessar i låge og høge nivå i troposfæren til forenkla modellar i dynamisk meteorologi
- varsle tilfeller med ekstrem vind, nedbør og temperatur
- granske data, på grunnlag av dei fysiske lovene for dynamisk meteorologi for varsling av lokalt ekstremvær
- vurdere systematiske og tilfeldige feil i numeriske vêrvarslingssystem, då særleg i områder med komplekst terreng og ueinsarta overflate

## **GEOF321 Introduction to Methods in Weather Forecasting**

### **Aim and Contents**

GEOF321 gives an introduction to weather forecasting based on numerical models. The elements of the numerical systems are explained and there is strong emphasis on the interpretation of the models. Weaknesses associated with coarse spatial and temporal resolution, parameterization, surface boundary conditions and initial conditions are explored and related to weather events and climate. An introduction is given to analysis and tracing of forecasting errors, predictability and ensemble forecasting. The link between atmospheric dynamics and weather systems is revisited and used in connection with the interpretation of output of numerical prediction models. Extreme weather and local effects in complex terrain is given particular attention. Elements of history of modern weather forecasting and the Bergen School of Meteorology are included in the course.

### **Learning Outcomes**

Upon completing GEOF321 the student should be able to:

- prepare weather forecasts
- assess uncertainties of weather forecasts for all main elements of the weather at several levels in time and space
- link processes at low- to high tropospheric levels to conceptual models of dynamic meteorology
- forecast extreme winds, precipitation and temperatures

- explore data, guided by laws of dynamic meteorology for forecasting local weather extremes
- assess systematic and non-systematic errors of numerical weather prediction systems, particularly in the vicinity of complex terrain and surface heterogeneities

## **GEOF322 Feltkurs i meteorologi**

### **Mål og innhald**

Målet for kurset er å gi studentane grunnleggande kunnskap om moderne meteorologiske instrument og måleteknikkar og gjennom praktiske øvingar å gjere dei i stand til å utføre eksperiment og feltarbeid, inkludert kalibrering av instrument.

Kurset består av ulike delprosjekt. Studentane lærer om kvalitetskontroll og kalibrering av ulike meteorologiske instrument og dessutan prosedyrar for gjennomføring av felteksperiment. Dei deltek også i gjennomføringa av ein feltkampanje der målingar av ulike meteorologiske parametar i det atmosfæriske grenselaget blir utført. I kurset har studentane ansvaret for å rapportere kva som skjer i dei ulike delprosjekta og å drøfte resultatata frå prosjekta.

### **Læringsutbytte**

Etter fullført emne skal studenten kunne:

- gjennomføre og vurdere kalibreringar utført i laboratoriet eller ved samanlikningar i felt
- definere, planlegge og utføre eksperiment og feltarbeid i meteorologi
- rapportere kva som skjer i ein feltkampanje og analysere og rapportere resultatata frå kampanjen

## **GEOF322 Field course in meteorology**

### **Aim and contents**

The aim of the course is to provide the students with a general understanding in basic modern meteorological instrumentation and train them by practical exercises in all skills required for carrying out experiments and field work, including calibration.

The course is divided into different tasks. The students will learn about quality control and calibration of different meteorological instruments, and besides procedures for carrying out field experiments. They will also participate in a field campaign, measuring different meteorological quantities parameters in the boundary layer. During the course, the students are responsible for reports, documenting the activity in different tasks and with analyzes of the results from the tasks.

### **Learning Outcomes**

After finishing the course, the student should be able to:

- perform and evaluate instrument calibration in the laboratory or in the field by intercomparison campaigns
- define, plan and carry out experiments and field work in meteorology
- appropriately document the activities in a field campaign and to analyze and report the results

## **GEOF326 Atmosfæren sin dynamikk**

### **Mål og innhald**

Likningane som styrer rørsla og tilstanden i atmosfæra vil bli gjennomgått og skalert for bruk på synoptiske verfenomen på midlare bredder. Desse dannar utgangspunktet for kvasigeostrofisk teori som vert utleia og brukt til å studera bølger og synoptiske strukturar knytt til lavtrykk, høgtrykk og jettar. Når det gjeld bølgjer vert det i all hovudsak fokusert på stabilitet og forplantning av Rossbybølger og barokline bølger. Det vert også gitt ei kort innføring i effekten av storskala topografi og det atmosfæriske energibudsjettet på midlare bredder.

### **Læringsutbytte**

Ved fullført emne GEOF326 skal studenten kunne:

- Definere og karakterisere synoptiske fenomen ut frå observasjonar av atmosfærerørsla
- Bruke matematiske metodar til analysere observasjonar av synoptiske fenomen
- Formulere problem i eit kvasigeostrofisk rammeverk og løyse dei ved hjelp av analytiske, eller enkle numeriske, metodar.

## **GEOF326 Atmospheric dynamics**

### **Aim and Contents**

The governing equations will be examined and scaled for synoptic motions in the mid-latitudes. The result constitutes the basis for quasi-geostrophic theory. This theory will be derived and applied to study waves and synoptic structures such as low-pressures, high pressures and jets. Concerning waves, the emphasis in this course will be put on stability and propagation of Rossby waves and baroclinic waves. This course also offers a short introduction to the effect of large-scale topography and the atmospheric energy budget on middle latitudes.

### **Learning outcomes**

After completing GEOF326 the student will be able to:

- Define and characterize synoptic phenomena from observed atmospheric motions
  - Use mathematical methods to analyse observations of synoptic phenomena
- Formulate problems in a quasi-geostrophic framework and solve them by means of analytical, or simple numerical, methods.

## **GEOF327 Atmosfæren sin generelle sirkulasjon**

### **Mål og innhald**

Kurset vil gje studentane ein teoretisk bakgrunn for å forstå atmosfæren sin storskala sirkulasjon og energisyklus. Kurset inneheld ei beskriving av atmosfæren sin generelle sirkulasjon i form av angulært momentum budsjett, sonalt midla sirkulasjon og storskala energitransformasjonar. Teori for storskala atmosfæriske bølger på midlare breiddegrader og i tropane vil verte gjennomgått. Det vil også teoriar for utvalte storskalafenomen som monsun, ENSO og Hadley sirkulasjon.

### **Læringsutbytte**

Ved fullført emne GEOF327 skal studenten kunne:

- forklare fenomen og forstå matematiske forklaringsmodellar for atmosfæren sin storstilte sirkulasjon
- beskrive dei fysiske mekanismane bak den storstilte atmosfæriske sirkulasjonen
- anvende dette rammeverket i analyse av observert storskalasirkulasjon
- anvende dette rammeverket i analyse av numeriske simuleringar med vær og klimamodellar

## **GEOF327 The General Circulation of the Atmosphere**

### **Aim and Contents**

The course gives the theoretical foundation for large scale flow and energy cycle of the atmosphere. The description of the general circulation of the atmosphere includes the angular momentum budget, zonal mean circulation and large-scale energy transformations. Theories on atmospheric waves in the tropics and extratropics will be covered and theories on selected large scale phenomena such as monsoons, ENSO and the Hadley cell are reviewed.

### **Learning Outcomes**

After completing GEOF327 the student should be able to:

- explain the main large scale circulation phenomena in the atmosphere and understand their mathematical formulation
- explain the fundamental physical mechanisms behind the large scale circulation
- use the mathematical framework in analysis of numerical simulations with weather and climate models

## **GEOF328 Mesoskalodynamikk**

### **Mål og innhald**

I GEOF328 vil du lære om ei rekkje verfenomen som har mindre skala enn dei synoptiske systema, men større enn mikroskalaen. Generelt har desse fenomen ein lengdeskala på rundt 100 meter til eit par hundre kilometer og tidsskala på opp til ein dag. Her finn ein også aksellerasjonar i horisontal og vertikal vind som resulterer i

store Rossbytal og tilhøve som gjer at ein ikkje kan bruke den hydrostatiske tilnærminga og kvasigeostrofisk teori. Kursmateriellet inneheld stoff om frontar, land-sjøbris, gravitasjonsbølgjer, hydraulisk teori, sirkulasjon knytta til orografi og konvektive versystem. I dette kurset vil det verte lagt hovudvekt på konseptuelle modellar og matematiske utleiingar for å beskrive observerte versystem.

### **Læringsutbytte**

Ved fullført emne GEOF328 skal studenten kunne:

- Definere og karakterisere mesoskalafenomen
- Formulere problem i eit fysisk og matematisk rammeverk
- Utvikle idear til å løyse problem analytisk og i nokon grad numerisk
- Skrive enkle program for å løyse numeriske problem og å visualisere løysinga

## **GEOF328 Mesoscale Dynamics**

### **Aim and Contents**

In GEOF328, you will learn about a wide variety of weather phenomena smaller than synoptic systems but larger than micro-scale. These phenomena have space scales generally ranging from around a few 100 meters to several hundred kilometers, time scales of a day or less, and large horizontal and vertical wind accelerations, for which the Rossby number is large and hydrostatic approximation does not apply. It is the world in which quasi-geostrophic theory cannot be applied. The material covered in GEOF328 includes fronts, land-sea breezes, gravity waves, hydraulic theory, downslope windstorms, orographic flow distortion, thunderstorms and squall lines. The course will build on conceptual models and theoretical derivations to describe observed phenomena.

### **Learning Outcomes**

On completing this course you should be able to:

- Define and characterize a mesoscale phenomena
- Formulate the problem in a physical and mathematical framework
- Develop ideas for analytical and (to some extent) numerical solutions to the problem
- Write a toy computer code to solve your numerical problem and view the results

## **GEOF329 Lokalmeteorologi**

### **Mål og innhald**

I kurset blir det gitt ei innføring i småskala prosessar i det atmosfæriske grenselaget, då med fokus på lokal skala. Føremålet er også at studentane skal få tilstrekkeleg bakgrunn til å vurdere kor viktig det atmosfæriske grenselaget er for meir storskala synoptiske prosessar og for klimasystemet.

I kurset blir det sett på kortbølgja og langbølgja stråling ved overflata, då særleg med fokus på variasjonar i rom og tid på lokal skala. Dei verknadane som ulikt underlag

og vegetasjon har på transporten av energi og rørslemengde til grenselaget blir diskutert. Ulike metodar for å bestemme fluksane av varme, fukt og rørslemengde blir presentert og dei vil bli brukt av studentane for å analysere data som blir samla inn gjennom eit to vekers feltarbeid i kurset. Vekselverknadane mellom luftstraum i grenselaget (t.d. termisk styrt fjell- og dalvind, land- og sjøbris) vil bli presentert og diskutert. Effektane av stabilitet og fjellhøgde på straumen blir også beskrivne.

### **Læringsutbytte**

Etter fullført emne skal studenten kunne:

- beskrive og diskutere variasjonar av stråling i rom og tid på lokal skala og kva effekt dette har på energibalansen
- forklare og diskutere korleis eigenskapar ved overflate og vegetasjon verkar inn på energibalansen ved overflata og på utvekslinga mellom overflata og atmosfæren
- beskrive og bruke ulike metodar til å berekne fluksar av varme, fukt og rørslemengde i grenselaget
- utføre eit eksperiment vedrørande utveksling mellom overflata og lufta over og bestemme og tolke måleresultata ved kvantifisering av fluksane av følbare og latent varme og av rørslemengde
- skissere og diskutere samspelet mellom luftstraumen i grenselaget og variasjonar i overflata, slik som t.d. vekslende topografi og i grenseområdet mellom land og hav

## **GEOF329 Local meteorology**

### **Aim and Contents**

GEOF329 gives an introduction into small scale processes relevant for the atmospheric boundary layer with focus on the local scale. It also aims to give students a sufficient background for assessing the importance of the atmospheric boundary layer for large scale synoptic phenomena and the climate system.

In the course, both short wave and long wave radiation will be discussed, with special focus on spatial and temporal variations on local scale. The effects of surface characteristics and vegetation on the energy and momentum transfer into the boundary layer are discussed. Various methods for the determination of the fluxes of heat, moisture and momentum are introduced and will be applied by the students on a data set gained from a 2 week field campaign as part of the course. The interactions between boundary layer flow and terrain (e.g. thermally induced slope winds, land sea-breeze) will be presented and discussed. The effects of stability and mountain height on the flow regime are described.

### **Learning Outcomes**

Upon completing GEOF310 you should be able to:

- describe and discuss spatial and temporal variations of the radiation field on a local scale and its impact on the surface energy balance

- explain and discuss the importance of surface properties and vegetation for the surface energy balance and the corresponding exchange processes into the atmospheric boundary layer
- describe and apply different methods for the calculation of boundary layer fluxes of heat, moisture and momentum
- perform a small experiment on air-surface exchange and determine and interpret the corresponding measurements in terms of quantifying the fluxes of sensible and latent heat and momentum
- sketch and discuss the interactions between boundary-layer flow and surface heterogeneities, as orography or the land-sea interface

## **GEOF 330 Dynamisk oseanografi**

### **Mål og innhald**

Emnet er eit vidaregåande kurs i matematisk-fysisk modellering av bølger og straum i havet. Med utgangspunkt i dei dynamiske basislikningane, vil effekten av jordrotasjon og botntopografi på straum og tyngdebølger, samt planetare bølger, bli studert - både overflatebølger og indre bølger. Dessutan vil barotrop- og baroklin ustabilitet bli handsama ved mellom anna å nytta dei kvasi-geostrofiske likningane. Vinddriven straum med utgangspunkt i Ekman-teori, oppstrauming ved å nytta tolags redusert tyngdemodell og storskala havsirkusjon som Sverdrup-teori vil og inngå i kurset. I laboratoriekurset vil effekten av jordrotasjon og botntopografi bli demonstrert.

### **Læringsutbytte**

Etter fullført emne skal studenten kunne:

- beskrive og drøfte dei grunnleggjande prinsippa for storskala straum og bølger i havet
- skalere og forenkle basislikningane for å løysa grunnleggjande problem i dynamikk
- anvenda dei styrande likningane for å studere spesifikke fenomen
- nytta Ekman-teori til å rekna på ymse dømer av vindpådrag som oppstrauming og storskala havsirkulasjon
- utleie og nytta frekvensrelasjonane for tyngdebølger og planetariske bølger
- meistra bølgeteorien for overflatebølger og indre bølger

## **GEOF 330 Dynamical oceanography**

### **Aim and Contents**

The subject is a follow-up course in mathematical-physical modeling of waves and currents in the ocean. Based on the basic dynamical equations the effect of earth rotation and bottom topography on current and gravity waves as well as planetary waves are studied. In addition, barotropic- and baroclinic instability is considered and the quasi-geostrophic equations are applied. Wind induced currents based on Ekman

theory; upwelling using reduced gravity models and large scale ocean circulation as Sverdrup theory are also included. The laboratory experiments demonstrate the dynamical effects of earth rotation and bottom topography.

### **Learning Outcomes**

After completing the course students should be able to:

- describe and discuss the basic principles of large scale currents and waves of the ocean
- scale and simplify the governing equations for solving basic dynamical problems
- apply the governing equations for study of given phenomena
- use Ekman theory to calculate various scenarios of wind forcing as upwelling and large scale ocean circulation
- derive and use dispersion relations for gravity and planetary waves
- apply the wave theory on surface and internal waves

## **GEOF 331 Tidevann**

### **Mål og innhald**

Emnet gir ei oversikt og djupare forståing av forskjellige aspekt av tidevassteori. Kurset omfattar utleiing av tidevasskrefter og -potensiale, harmonisk utleiing av tidevasspotensiale, likevektsteori, harmonisk analyse og tidevatnet som kraft. Som ein del av emnet vil studentane lese og presentere nokre vitenskaplege artiklar som omhandlar utvalde moment av tidevassrelatert forskning.

### **Læringsutbytte**

Etter fullført emne skal studenten kunne:

- beskrive og drøfte dei underliggjande prinsippa for tidevasskraft, tidevassteori og harmonisk analyse
- bestemme og berekne havoverflateheving ved å bruke likevektsteorien
- tolke, diskutere og presentere eit utvald tema innan tidevassrelatert forskning

## **GEOF 331 Tides**

### **Aim and Contents**

The module is aiming at providing an overview and deeper understanding of various aspects related to tidal theory. It covers development of the tidal force and potential in the equation of motion, harmonic development of the tidal potential, the principles of the equilibrium tidal theory, harmonic analysis and the geophysical manifestation of tidal phenomena. As an integral part of the course, students will self dependently study and present individual research papers about selected aspects of modern tidal related research.

### **Learning Outcomes**

At the end of the module the students should be able to:

- describe and discuss the basic principles of tidal forcing and tidal theory

- describe the underlying principles of harmonic analysis
- estimate and compute tidal elevations by applying equilibrium tidal theory
- interpret, discuss and present a given tidal related research topic

## **GEOF332 Feltkurs (undervisningstokt) i oseanografi**

### **Mål og innhald**

Toktet varer ca. ei veke, og vil i regel gå til ein fjord, med ein avstikkar til havs. Kurset gjev øving i bruk av dei vanlegaste oseanografiske instrumenta. Viktige komponentar i kurset er planleggjing før toktet, databehandling og utarbeiding av rapport etter toktet. Særleg etterarbeidet krev stor studieinnsats.

### **Læringsutbytte**

Etter dette kurset skal studenten kunne:

- planleggje eit vitenskapleg tokt til sjøs
- gjere greie for korleis ulike oseanografiske instrument virkar, deira bruksområde, avgrensingar, og kva slags data dei samlar inn
- analysere og framstille data frå nokre måleinstrument
- velje ut den mest relevante informasjon frå eit datasett
- skrive ein vitenskapleg rapport
- greie ut om arbeidsrutinar om bord i et forskingsfarty og naudsynet av eit strengt HMS regime

## **GEOF 332 Field course in Oceanography**

### **Aim and Contents**

The cruise lasts about one week and will mainly take place in a protected area like a fjord. The course provides training in how to use oceanographic instrumentation. Important elements of the course are the planning of the cruise, data analysis and reporting. Most of the effort is needed on the post-cruise activities.

### **Learning Outcomes**

After completing this course the student should be able to:

- plan a scientific cruise at sea
- describe how different scientific instruments work, their area of use, limitations, and nature of collected data
- analyse and present data from a subset of oceanic instrumentation
- extract the most relevant information from a data set
- write a scientific report
- explain the working routines onboard a research vessel and the necessity of the strong HMS regulations

## **GEOF334 Fjernmåling i mikrobølgeområdet**

## **Mål og innhald**

Kurset skal gje studentane ei oversikt over ulike fjernmålingsteknikkar i mikrobølgeområdet blir brukte i oseanografi- og sjøisstudiar.

Studentane får ei detaljert innføring i korleis målingar av elektromagnetisk stråling i mikrobølgeområdet, både passiv og aktiv, blir brukt til å bestemme tilstandar på havoverflata, som vind og bølger, strøm og strømstruktur, havnivå, overflatetemperatur og –saltinnhald, sjøisdrift og utbreiing. Bakgrunnsteori og empiriske samanhengar for vekselverknadar mellom mikrobølgestrålane og overflata blir diskutert og sett i samheng med spektralområde og instrumenttypar.

## **Læringsutbytte**

Etter fullført emne skal studenten kunne:

- diskutere ulike fjernmålingsteknikkar i mikrobølgeområdet som blir brukte i oseanografi- og sjøisstudier og vise styrkane og avgrensingane til teknikkane
- beskrive teori og empiriske samanhengar for interaksjon mellom mikrobølgestrålingen og hav- og sjøisoverflaten
- identifisere og grunngi kva for oseanografiske- og sjøisstørrelser ein måler i dei ulike spektralområda av mikrobølgeområdet
- angje på kva vis oseanografisk kunnskap er styrka takka være bruk av fjernmåling i mikrobølgeområdet.

## **GEOF334 Microwave Satellite Remote Sensing**

### **Aim and Contents**

The aim of the course is to introduce different remote sensing techniques in the microwave domain used in oceanography and sea ice research and monitoring.

A detailed introduction is given on how measurement of electromagnetic radiation in the microwave domain, both passive and active, is used to detect and quantify ocean surface and sea ice variables. Among these variables are wind and waves, surface current and current features, sea level, sea surface temperature, surface salinity, sea ice drift and extent. The theory and empirical relationship for the measurements is given, with special emphasis on the interaction of the electromagnetic radiation and the surface. In so doing the different techniques and sensor types that are common in the microwave domain are also addressed and characterized.

### **Learning Outcomes**

After finishing the course, the student should be able to:

- specify the principles and basic methods of satellite remote sensing in the microwave frequency domain for ocean and sea ice observations and characterize the strength and limitations
- describe the theory and empirical relationship for the dominant interactive processes between the electromagnetic microwaves and the ocean and sea ice surface
- explain and specify the ocean and sea ice variables that are detected by remote sensors operating in the various part of the microwave domain

- outline oceanographic knowledge that has strengthened from the use of satellite remote sensing in the microwave frequency domain

## **GEOF335 Polar oseanografi**

### **Mål og Innhold**

Sirkulasjon og dynamikk for dei polare havområda inkludert Norskehavet og Grønlandshavet blir gjennomgått. I tillegg blir felte diskutert klimatisk og samanlikna for Arktis og Antarktis. Spesielle prosessar og problemstillingar knytt til termodynamikk for kaldt sjøvatn, teori for ulike blandingsmekanismar og grenseflateprosessar, danning av havis, varmebudsjett for Arktis og Antarktis blir handsama, saman med modellar for danning av botnvatn og variasjonar i klima.

### **Læringsutbytte**

Etter fullført emne skal studenten kunne:

- beskrive dei viktigaste særtrekka ved sirkulasjonen i dei polare havområda
- diskutere dei viktigaste prosessane knytt til utveksling mellom hav, is og atmosfære samt danning av sjøis og vertikal blanding
- forklare dei polare havområda si rolle i den globale djupsirkulasjonen
- diskutere rolla dei polare havområda har for variasjonar i klima

## **GEOF335 Polar Oceanography**

### **Aim and Contents**

Circulation and dynamics of the polar oceans, including the Norwegian- and Greenland Sea will be covered. The topics will be discussed with respect to climatic variations and compared for the Arctic and Antarctic regions. Important processes related to thermodynamics of cold sea water, theories for mixing, boundary layers processes and sea ice formation and heat budgets for the Arctic and Antarctic will be covered along with models for dense water formation and climate variations.

### **Learning Outcomes**

After completed course the students should be able to:

- describe the important features of the regional ocean circulation in the polar regions
- discuss the important processes related to exchanges between ocean, ice and atmosphere, sea ice formation and vertical mixing in the ocean
- explain the role of the polar regions for the global deep circulation
- discuss the role of the polar regions for climate variability

## **GEOF 336 Vidaregåande kjemisk oseanografi**

### **Mål og innhald**

Kurset tek for seg kva fordeling av kjemiske stoff i hav og atmosfære betyr for klima og miljø i eit tidlegare tids-, notids- og framtidsperspektiv. Kurset vil omhandle

aktuelle vitenskaplege tema som t.d. havet si rolle i reguleringa av atmosfærisk CO<sub>2</sub>-innhald gjennom tidene og korleis dette vil endre seg i ei verd med høg CO<sub>2</sub>, kva havforsuring har å seie for opptak av atmosfærisk CO<sub>2</sub> og funksjonelle biologiske grupper (økosystem), kva ein kan lære av eksperiment der havet si kjemiske samansetting blir manipulert (mesokosmer), og kva endra næringstilførsel via elver vil ha å seie for kystsona. Aktuelle tema kan variere frå år til år. Studentane leverer ei semesteroppgåve basert på sjølvstudiar av eit fritt vald tema innan kjemisk oseanografi og presenter oppgåva i plenum for dei andre studentane. Bestått oppgåve og presentasjon er obligatorisk for å kunna ta eksamen i emnet.

### **Læringsutbytte**

Etter fullført emne skal studenten kunne:

- samanfatte kva klima- og miljøendringar som er venta i framtida basert på dei mest oppdaterte forskingsresultata
- arbeide vidare med denne informasjonen i eit kritisk og analytisk perspektiv
- lese og arbeide med informasjon frå den internasjonale vitenskaplege pressa i ei semesteroppgåve basert på eit vald tema
- presentere/formidle innhaldet i semesteroppgåva

## **GEOF 336 Advances Chemical Oceanography**

### **Aim and Contents**

This course builds on GEOG 236, but will focus more on the general relationship between processes determine the distribution of chemical substances between the ocean and atmosphere, and such processes importance for the climate and environment changes in a past, present and future perspective. This course includes important scientific subjects as: The ocean role in controlling the atmospheric CO<sub>2</sub> content through the time; How will the ocean uptake of CO<sub>2</sub> change in the high CO<sub>2</sub> world; The importance of ocean acidification for ocean uptake of CO<sub>2</sub> and functional groups (ecosystems) that inhabits the ocean; What can we learn from manipulative experiments of ocean chemistry on the biota (mesocosm experiments) and what consequences are related to changes in input of nutrients through river systems to the coastal zone (Eutrophication)

Topics of current interest will change from year to year. Students will need to deliver a term paper based upon a freely selected topic within climate and environmental change and present the result in plenum of the other students. Approved term paper and presentation are required to take the exam.

### **Learning Outcomes**

Expected outcome after completing this subject:

- synthesis expected climate and environmental changes suggested in the future based upon the most updated research in the international scientific press and present this information in a critical and analytical perspective
- present a selected topic within climate and environmental change based upon published literature in the international scientific press in a term paper
- present and elaborate the content of the term paper in public based upon the scientific outcome of the term paper

## **GEOF337 Fysisk oseanografi i fjordar**

### **Mål og innhald**

Kurset tek for seg trekk av sirkulasjon, fysiske prosessar og modellar for sirkulasjon i fjorder. Studentane skal få eit breitt grunnlag for praktisk og teoretisk innsikt i sirkulasjon og vatnutveksling i fjordar. Energibudsjett for estuarin sirkulasjon i fjordar, vannutvekslinga med kystvatnet, fornying av vatnet under terskeldjupet, terskelfjordane sin sykliske natur og hydrografien i dei viktigaste norske fjordane blir også handsama.

### **Læringsutbytte**

Etter å ha teke dette kurset skal du kunne:

- teikne hovudtrekka ved sirkulasjonen i ein fjord
- drøfte estuarin ein-lags- og to-lagsstrøyming
- bruke enkle fysiske modellar til å forklare utvekslinga av vannmassar i ein fjord
- samanlikne og drøfte ulike fjordtypar med omsyn til pådrag og sirkulasjonsmønster.
- lage eit enkelt saltbudsjett for fjordsystemet og drøfte vekta av kvart ledd
- skildre prosessane som gjeng føre seg nær terskelsonen og drøfte korleis dei verkar inn på den vertikale blandinga

## **GEOF337 Physical oceanography of fjords**

### **Aim and Contents**

The course deals with basic features of circulation and water masses in fjords. It aims to provide the students with practical and theoretical knowledge of circulation and exchange processes in fjords and understanding and knowledge about tidal processes in the ocean. Energy budgets for estuarine circulation in fjords, water exchange with adjacent coastal waters, renewal of water masses below sill depth, the cyclic nature of sill fjords and the hydrography of selected important fjords will also be discussed.

### **Learning Outcomes**

When you have taken this course you shall be able to

- sketch the main features of the fjord circulation
- discuss the basic properties of one-layer and two-layer estuarine flow
- use simple physical models to explain the exchange of water masses in a fjord
- compare and discuss different fjord types with respect to forcing and circulation patterns
- construct a simple buoyancy budget for the fjord system and discuss the importance of different terms
- describe the processes that take place near the sill region and discuss their importance for vertical mixing

## **GEOF343 Vindgenererte overflatebølgjer**

## **Mål og innhald**

Emnet omhandlar lineær og ikkje-lineær teori for tyngdebølgjer på djupt og grunt vatn. Ein tek for seg teoriar for dannelsesmekanismer, observasjonsmetodikken og bearbeiding av bølgjedata. Det statistiske grunnlaget for tolking av bølgjeobservasjonar blir teken opp og vidareført i form av korrelasjons- og spektralanalyse. Modellar og metodar for bølgjevarsling blir gjennomgått.

## **Læringsutbytte**

Etter å ha teke dette kurset skal du kunne:

- greie ut om korleis overflatebølgjer i djupt og grunt vatn spreier og forplantar seg
- drøfte hovudtrekka i teoriane for korleis vinden skaper bølgjer.
- meistre statistiske metodar som blir brukt til å handsame observasjonar av bølgjer.
- greie ut om ulike metodar for bølgjevarsling, numerisk og manuelt.

## **GEOF343 Wind Generated Surface Waves**

### **Aim and Contents**

The course covers wind-generated waves, linear and non-linear theory of gravity waves in shallow and deep water, theories of how waves are generated by the wind and observation methods of waves and the treatment of wave data. Statistical tools in the interpretation of wave data and models of wave forecasting will also be discussed. Compulsory exercises and seminars are parts of the course.

### **Learning Outcomes**

When you have taken this course you should be able to:

- explain how the surface waves propagate and disperse in deep and shallow waters
- discuss the main features of the theories for wind sea generation.
- apply statistical methods to handle wave observations.
- describe various wave prediction methods, numerical and manual.

## **GEOF344 Strålingsprosessar i meteorologi og klimatologi**

### **Mål og innhald**

Målet for kurset er at studentane skal få utdjupanda forståing av fysiske prosessar knytt til solstråling og terrestrisk stråling for bruk innan meteorologi og klimatologi

Emnet tek føre seg transport av både kortbølgja solstråling og langbølgja terrestrisk stråling i atmosfæren. Det blir vist kva for forenklingar som kan gjerast for å beskrive transporten av strålinga, til bruk i varslingsmodellar og i klimamodellar. Dette blir gjort både for ein skyfri og for ein skya atmosfære. Det blir også vist korleis både total kortbølgja og langbølgja stråling ved overflata kan estimerast frå andre meteorologiske parametarar. I kurset blir det også gått gjennom korleis solstrålinga ved bakken varierer (t.d. spektralfordeling, vinkelfordeling, romleg fordeling, tidsvariasjonar osv).

## **Læringsutbytte**

Etter fullført emne skal studenten kunne:

- greie ut om strålingstransporten av kortbølgja solstråling og langbølgja terrestrisk stråling både i ein skyfri og ein skya atmosfære
- skissere kva forenklingar som kan gjerast når strålingstransporten skal beskrivast i varslings – og klimamodellar.
- forklare kva kvantitativ effekt skyer har på kortbølgja og langbølgja stråling
- greie ut om korleis ein kan estimere kortbølgja og langbølgja stråling ved bakken frå andre meteorologiske parametarar
- diskutere, mellom anna, spektralfordeling, vinkelfordeling, romleg fordeling, tidsvariasjonar av solstrålinga ved bakken

## **GEOF344 Radiative Processes in Meteorology and Climatology**

### **Aim and Contents**

The aim of this course is to give the students a basic knowledge of physical processes regarding the solar radiation and the terrestrial radiation for use in meteorology and climatology.

In the course, the radiative transfer of solar radiation and terrestrial radiation in the atmosphere is discussed. It is focused on the simplifications needed in the transfer of radiation for use in weather prediction models and in climate models, both for a cloudless and a cloudy atmosphere. It is also shown how the solar radiation and the terrestrial radiation at the surface can be estimated from other meteorological parameters. In the course, variations in solar radiation at the surface (spectral -, angular -, spatial -, temporal distributions) are also discussed.

### **Learning Outcomes**

After finishing the course, the student should be able to:

- discuss the radiative transfer of shortwave solar radiation and long-wave terrestrial radiation, both at a cloudless and a cloudy atmosphere
- identify the simplifications needed when the radiative transfer has to be described in weather forecast and climate models
- explain the quantitative effect of clouds both for shortwave and long-wave radiation
- describe different methods for estimation of shortwave and long-wave radiation at the surface from alternative meteorological parameters
- discuss, among other things, the spectral -, angular -, spatial – and temporal distribution of solar radiation at the surface

## **GEOF345 Fjernmålingsteknikkar i meteorologi og oseanografi**

### **Mål og innhald**

Målet for kurset er at studentane skal få ei utdjupande forståing av korleis ulike fjernmålingsteknikkar blir brukt i meteorologi og oseanografi, då særleg med vekt på observasjonar frå satellittar.

Det blir gått gjennom korleis måling av elektromagnetisk stråling blir brukt til å bestemme overflatetemperatur og ein del meteorologiske storleikar i atmosfæren, og vind, bølger, straum og sjøis på havoverflata. Grunnleggande teori for slike kvantitative målingar blir behandla, med spesiell vekt på forståinga av samspelet mellom den elektromagnetiske strålinga og overflata og problem som oppstår ved transport av signala gjennom atmosfæren. Forutan å legge vekt på å få fram skilnaden mellom å måle overflateeigenskapar og profil i atmosfæren, blir det fokusert på ei forståing av kva for spektralområde som er nytta for å måle dei ulike meteorologiske og oseanografiske parametranne.

### **Læringsutbytte**

Etter fullført emne skal studenten kunne:

- diskutere ulike fjernmålingsteknikkar som blir brukt i meteorologi og oseanografi, og vise styrkane og avgrensingane til teknikkane
- identifisere problem som oppstår ved transport av elektromagnetisk stråling gjennom atmosfæren, og ha ei god forståing av vekselverknad mellom strålinga og overflata
- gi ei utgreiing om skilnaden mellom målingar av overflateeigenskapar og målingar av profil av ulike meteorologiske parametarar i atmosfæren
- identifisere og grunngje kva for spektralområdar som er nytta for å måle dei ulike meteorologiske og oseanografiske parametranne

## **GEOF345 Satellite Remote Sensing in Meteorology and Oceanography**

### **Aim and Contents**

The aim of this course is to give the students a broad knowledge of different remote sensing techniques in meteorology and oceanography, with special focus on satellite measurements.

An introduction is given on how measurement of electromagnetic radiation is used to quantify ocean surface and sea ice variables and different meteorological parameters in the atmosphere. Fundamental theory for such quantitative measurements is given, with special emphasis on the interaction of the electromagnetic radiation and the surface, and problems with the radiative transfer of the signals through the atmosphere. In addition to a focus on the differences between measurements of surface conditions and the atmospheric profiles, it is focused on the different spectral regions that are used to measure different meteorological and oceanographic parameters.

### **Learning Outcomes**

After finishing the course, the student should be able to:

- discuss remote sensing techniques used for meteorology and oceanography, including characterization of strengths and limitations of the techniques
- identify problems regarding the transfer of electromagnetic radiation through the atmosphere as well as having good knowledge on the interaction of the electromagnetic radiation and the surface

- explain the differences between measurements of surface properties and measurements of profiles of different meteorological parameters in the atmosphere
- identify which spectral regions that can be used to measure the different meteorological and oceanographic parameters and explain why