

2.9 FYSIKK

Vedtatt av Lærerhøgskolens råd 21. juni 1979 med endringer sist vedtatt av Fakultet for fysikk, informatikk og matematikk 12. mars 1997.

Fysikk kommer fra det greske ordet "fysis" som betyr natur. Fysikk var derfor fra begynnelsen av studier i generell naturlære. Etter hvert har faget blitt mer spesialisert, men det omfatter likevel svært mange felter, fra mikrokosmos til makrokosmos.

Fysikken har en rekke sentrale klassiske emner som behandles i studiet, som f.eks. mekanikk, elektrisitetlære, optikk, akustikk, varmelære osv. Fysikkens fronter har imidlertid blitt flyttet raskt fremover i løpet av vårt eget århundre, særlig gjennom utviklingen av kvanteteorien. Den preger med sine mange anvendelser store deler av den moderne fysikken, og dermed en rekke andre vitenskaper. Kvanteteoriens beskrivelse av atomet er et av vitenskapshistoriens høydepunkter.

Fysikken er i dag orientert i mange retninger: I elementærpartikkel-fysikken studerer vi atomkjernens indre strukturer, og i astrofysikken tilegner vi oss ny kunnskap om det universet vi lever i. I biofysikken orienterer vi oss mot biologien, og i miljøfysikken mot samfunnets miljøproblemer. Fysikken har dessuten en rekke subdisipliner som orienterer seg mot materiens hemmeligheter, mot tekniske tillempninger i anvendte fag osv.

Fysikeren er opptatt av å etablere de fundamentale naturlover. De utformes på teoretisk og ofte matematisk avansert basis. Fysikeren utvikler modeller for de systemene eller fenomenene han/hun studerer, og tester deretter forutsigelser fra modellene i kritiske eksperimenter. Slike eksperimenter kan forkaste modellen, og tvinge frem nye tanker og modeller som igjen blir testet. Denne såkalte naturvitenskapelige metode er et samspill mellom teori og eksperiment, og er et viktig trekk i fysikkvirksomheten. Metoden har i fysikken blitt utviklet og rendyrket mer enn i noen annen vitenskap. Behovet for presise og nøyaktige målinger setter også i høy grad sitt preg på moderne fysikk, og måleteknikken er innen visse fysikkgrener drevet ekstremt langt.

Samspillet mellom teori og eksperiment er et gjennomgående trekk også i Institutt for fysikks oppbygging av studiene. Instituttet ønsker at studentene skal få både en god teoretisk bakgrunn og en evne til å løse praktiske fysikkoppgaver. Det poengteres derfor at både regneøvinger, laboratorieoppgaver og kjennskap til målemetoder, utstyr osv. er en vesentlig del av studiet. Gjennom demonstrasjonseksperimenter under forelesninger, gjennom såkalte "labforelesninger", og gjennom selvstendige praktiske oppgaver osv., håper Institutt

for fysikk at studentene skal tilegne seg den naturvitenskapelige metode og bli klar over styrken i den. Instituttet vil utdanne fysikere som med gode kunnskaper og med kritisk sans kan yte sin innsats i samfunnet.

Fysikk i Trondheim

Fysikkutdanningen ved NTNU består av:

- cand.mag.-, cand.scient.- og dr.scient.-studiene
- siv.ing.- og dr.ing.-studiene

Disse studiene er organisert under Fakultet for fysikk, informatikk og matematikk. Denne studieplanen gjelder cand.mag.-, cand.scient.- og dr.scient.-studiene, og informerer bl.a. om emnetilbud og studieretninger knyttet til disse studiene. Det er imidlertid også både mulig og aktuelt å inkludere fag/emner fra siv.ing.- eller dr.ing.-studiene i en cand.mag.-, cand.scient.- eller dr.scient.-grad, slik at tilbudet av fag/emner ved NTNU totalt sett blir større enn det som framgår av emneoversiktene i denne studieplanen.

Yrkesmuligheter

Cand.mag.- og cand.scient.-studiene utdanner til mange forskjellige yrker. Tradisjonelt har knapt halvparten av våre fysikere med cand.scient.-grad gått til jobber i undervisningssektoren, mens de øvrige hovedsakelig har funnet arbeid innen forskning, industri og forvaltning. Fysikere med cand.scient.-grad får normalt lettere innpass på arbeidsmarkedet enn fysikere med cand.mag.-grad.

Studiegrunnlag

Studiet bygger på generell studiekompetanse fra videregående skole inklusive kunnskaper som tilsvarende høyeste nivå i matematikk (3 MX) og nest høyestenivå i fysikk (2FY).

2.9.1 EMNEOVERSIKT

Ved siden av brukerkurset F 001 som er beregnet på "ikke-fysikere", gir tabellen nedenfor en oversikt over emner på 100-nivå (grunnleggende emner), inklusive de emnene som inngår i emnegruppen, emner på 200-nivå (videregående emner) som bygger på emnegruppen, samt oversikt over avanserte emner på 300- og 400-nivå særlig innrettet mot cand.scient.- og dr.scient.-studiene. Oversikt over emner fra siv.ing.- og dr.ing.-studiene finnes i studieplanene for siv.ing.- og dr.ing.-studiene.

Ved overgangen til nytt studentdatasystem (FS) tar NTNU i bruk nye emnekoder. Disse skal tidligst brukes ved registrering/eksamensmelding høsten 1997. Endringene for de nedenforstående emnene vil i praksis bli at de gis prefikset MNF, slik at første emnet nedenfor blir hetende MNF FY 001 Brukerkurs i fysikk. Se kapittel 1.10 for ytterligere informasjon.

Kode	Tittel	Vt.	Semester
<i>Grunnleggende emner</i>			
F 001*	Brukerkurs i fysikk	4	vår
F 100	Generell fysikk I	3	høst
F 101	Generell fysikk II	3	vår
F 102	Mekanikk	4	høst
F 103	Elektrisitetslære og magnetisme	5	høst+vår
F 104	Kvantefysikk og statistisk fysikk	5	høst+vår
F 170	Fysikk fagdidaktikk	3	høst
<i>Videregående emner</i>			
F 202	Systemdynamikk	3	vår
F 205	Elektronikk I	4	høst
F 220*	Fluidmekanikk	3	vår
F 221	Energi- og miljøfysikk	4	høst
F 232	Biofysikk I	4	høst
F 240	Klassisk mekanikk og elektrodynamikk	4	høst
F 244	Kvantemekanikk I	4	høst
F 251	Astrofysikk I	4	vår
<i>Avanserte emner</i>			
F 306*	Målesensorer/transdusere	4	vår
F 307*	Elektronikk II	4	vår
F 308*	Signalanalyse	4	høst
F 309*	Fiberoptiske komponenter og målesystemer	3	høst
F 334*	Biofysikk II	4	vår
F 345*	Kvantemekanikk II	3	vår
F 352*	Astrofysikk II	3	høst
F 353*	Mangepartikkelteori I	3	vår
F 360	Partikkel- og kjernefysikk I	4	vår
F 361*	Partikkel- og kjernefysikk II	3	høst
F 454*	Mangepartikkelteori II	3	høst
F 465*	Kvantefeltteori	7	høst+vår
F 466*	Kvanteflavour- og kvantekromodynamikk	4	vår
FXn*	Aktuelle fysiske emner	Inntil 4	

Emner merket med stjerne (*) undervises bare dersom det er påmeldt et tilstrekkelig antall studenter, og dersom instituttet har tilstrekkelig undervisningskapasitet.

2.9.2 CAND.MAG.-STUDIET

Studentene står i prinsippet fritt med hensyn til hvordan de vil legge opp studiet, både når det gjelder fagsammensetning, rekkefølge og omfang av emner innen hvert av fagene. I praksis vil de likevel være bundet av at de fleste fysikkemner bygger på mer grunnleggende emner i fysikk. Dessuten krever de fleste emnene ulike forkunnskaper i matematikk, som er et helt nødvendig støt-tefag i fysikkstudiet. Anbefalte og evt. obligatoriske forkunnskaper er spesifisert i emnebeskrivelsene.

For studenter som tar sikte på en grad med hovedvekt i fysikk vil vi av hensyn til progresjonen i studiet anbefale et programmert opplegg for de to første studieårene. Hovedvekten kan med fordel legges på matematikk det første året og fysikk i det andre, slik at det blir plass til emnegrupper i begge fagene (se kapittel 2.9.4).

Etter de to første årene står studentene friere både med hensyn til valg av videregående fysikkemner og støtteemner i andre fag. Når det gjelder fysikkemner kan alle slike inngå i en cand.mag.-grad, både de som finnes i emneoversikten i kapittel 2.9.1 og emner fra siv.ing.-studiet. Valgfriheten innenfor en cand.mag.-grad er derfor stor.

En student som tar sikte på å studere fram til en cand.scient.- og evt. en dr.scient.-grad bør planlegge innholdet i cand.mag.-studiet nokså nøye. Grunnen er at cand.scient.-studiet har forskjellige studieretninger som hver for seg krever spesielle forkunnskaper. Forkunnskapene, som man må skaffe seg i løpet av cand.mag.-studiet, omfatter bl.a. en godkjent emnegruppe i fysikk og den såkalte studieretningsblokken (S-blokken) på 10 vekttall innenfor videregående emner i fysikk. Valget av emner i S-blokken og av eventuelle støtteemner bør foretas i samråd med undervisningsleder eller aktuelle veiledere ved instituttet, og på et så tidlig tidspunkt at man kan begynne å ta emnene straks man er ferdig med emnegruppen i fysikk. De faglige forkunnskapene for hver studieretning i hovedfagsstudiet går fram av kapittel 2.9.8.

2.9.3 EMNEGRUPPE

Emnene F 100, F 101, F 102, F 103 og F 104 utgjør samlet en godkjent emnegruppe (20-gruppe) i fysikk. I spesielle tilfeller, bl.a. i forbindelse med innpassing av eksternt utdanning, kan en søke om å få annen utdanning godkjent som tilsvarende en emnegruppe.

2.9.4 ANBEFALT OPPLÉGG FOR DE TO FØRSTE STUDEÅRENE

Studenter som tar sikte på fysikkstudier ut over emnegruppen anbefales følgende opplegg i starten av studiet (emner merket med 2 undervises over to semestre):

1 H	F 100	MA100	MA 108 (2)	10 vt.	
2 V	F 101	MA 109	MA 108 (2)	10 vt.	
3 H	F 102	F 103 (2)	F 104 (2)	MA213/IT111/F170	11/12 vt.
4 V	S 101	F 103 (2)	F 104 (2)		11 vt.
5 H	-----				
6 V	Andre fag og videregående emner i fysikk				
7 H	-----				
8 V	-----				
9 H	Hovedfagsoppgave og 10 vt. avanserte emner				
10 V	-----				

Det er en fordel å ta F 100 og F 101 det første året, fordi noen av temaene som behandles i disse emnene er en innledning til resten av emnegruppen. En nødløsning for studenter som ikke kan ta F 100 den første høsten, vil være å starte med F 101 i vårsemesteret og ta F 100 i påfølgende høstsemester sammen med resten av emnegruppen.

Det anbefalte opplegget legger vekt på mye matematikk det første året (14 vektall mot 6 vektall i fysikk), og på hoveddelen av emnegruppen i fysikk i det andre året. Dette er gunstig for å oppnå de nødvendige forkunnskapene i matematikk før hvert enkelt av fysikkemnene. Merk ellers at de 22 vektallene i matematikk og statistikk i det anbefalte opplegget tilfredsstiller kravene til en godkjent emnegruppe i matematikk (MA 100, MA 108, MA 109, MA 213 og S 101). MA 213 er anbefalt for de fleste studieretningene i fysikk. For studenter som ikke ønsker å ta MA 213 vil det f.eks. være plass til IT 111, F 170 eller andre emner.

Studenter som ønsker å kombinere en emnegruppe i fysikk med videregående studier i matematikk, og som foretrekker et sterkere innslag av matematikk i 2. studieår, kan oppnå dette ved å skyve F 104 ut i et senere studieår (se studieplanen for matematikk).

2.9.5 ANBEFALTE EMNER FOR UNDERVISNING I SKOLEN

Fysikk studieretningsfag, videregående skole:

En godkjent emnegruppe i fysikk er et minimum. I tillegg anbefales F 170, og minst ett av emnene F 221, F 232, F 244, F 251 eller F 360.

Naturfag, ungdomstrinnet og videregående skole:

Et minimum er emnene F 100 og F 101 sammen med minst ett av emnene F 102, F 103 eller F 104. Institutt for fysikk anbefaler imidlertid at en tar hele emnegruppen i fysikk og supplerer med emnet F 170. I tillegg kommer de nødvendige grunnemnene i biologi og kjemi.

2.9.6 VIDEREUTDANNING FOR INGENIØRER.

For studenter som har gjennomført 3-årig ingeniørutdanning på et fysikkrelatert område er det utarbeidet egne forslag til videreutdanning fram mot en cand.scient.-grad i eksperimentalfysikk eller TOS-målefysikk (se pkt. B, C og E i beskrivelsen av studieretninger nedenfor, og beskrivelsen av Teknologisk orienterte studier i kapittel 2.15)

Det er også mulig å søke om opptak til hovedfagsstudiet og innpassing etter 2-årig ingeniørutdanning. Nærmere opplysninger om disse mulighetene kan fås ved henvendelse til Institutt for fysikk eller til Fakultet for fysikk, informatikk og matematikk. Informasjon om innpassing finnes i kapittel 1.9.

2.9.7 CAND.SCIENT.-STUDIET

Den generelle beskrivelsen av cand.scient.-studiet (hovedfagsstudiet) er beskrevet i kapittel 1.3 med underkapitler, og forutsettes kjent.

I hovedfagspensum skal valg av emner og spesialpensum godkjennes av Institutt for fysikk. Det kan også forlanges deltakelse i spesielle kurs, kollokvier eller forelesninger. Også emner på 200-nivå kan være aktuelle som en del av hovedfagspensum. Det samme gjelder emner under siv.ing.- og dr.ing.-studiene.

Faglige forutsetninger for cand.scient.-studiet

Hovedfagsstudiet i fysikk bygger på en emnegruppe (20 vektall) og en studieretningsblokk (10 vektall) innenfor fagområdet. Valget av emner i S-blokken bør foretas i samråd med aktuell(e) veileder(e) raskest mulig etter at emnegruppen er avsluttet. Det samme gjelder støtteemner i andre fag og emnene

som skal inngå i hovedfagspensum.

Det bør legges vekt på at emnene i S-blokken er tilpasset fagområdet for hovedfagsoppgaven, og at de oppfyller kravene til forkunnskaper for de enkelte studieretningene. Forkunnskapskravene for de enkelte studieretningene er delvis beskrevet i kapittel 2.9.8. Et anbefalt opplegg for starten av studiet er beskrevet i kapittel 2.9.4.

Inntil 3 av de 10 vektallene i S-blokken kan tas i støtteemner som f.eks. informatikk dersom instituttet finner det ønskelig pga. hovedfagsoppgavens tverrfaglige karakter. Dette gjelder støtteemner utenom de emnene i matematikk og informatikk som naturlig inngår i grunnlaget for enhver hovedfagsoppgave i fysikk.

Opptak

De generelle reglene for opptak til cand.scient.-studiet er beskrevet i kapittel 1.5.3 og forutsettes kjent. Godkjent emnegruppe og S-blokk inngår alltid i forkunnskapskravene. I tillegg kan det for enkelte studieretninger inngå krav om spesielle støtteemner (se kapittel 2.9.8).

NB!

Studenter som har ekstern utdanning må søke fakultetet om å få innpasset denne i god tid før søknadsfristen (se kapittel 1.9).

Hovedfagseksamen

De generelle vilkårene for oppmelding til avsluttende hovedfagseksamen er beskrevet i kapittel 1.8 og forutsettes kjent. For studenter som har ekstern utdanning forutsettes i tillegg innholdet i kapittel 1.9 kjent.

Før den avsluttende eksamen kan avvikles skal studenten ha levert inn en skriftlig framstilling av hovedfagsarbeidet. Den skriftlige framstillingen skal være utformet på en måte som klart viser at fagstoffet er behandlet etter vitenskapelige metoder.

Eksamen i spesialpensum, eller i minst ett av emnene dersom spesialpensum ikke foreligger, skal avlegges etter at hovedfagsoppgaven er innlevert. Eksamen skal være muntlig og avholdes i forbindelse med sensur av hovedfagsoppgaven. I tilknytning til denne eksamen skal også innholdet i hovedfagsoppgaven diskuteres med kandidaten.

Før karakteren blir fastsatt skal hovedfagsoppgaven diskuteres med kandidaten. Det gis separate karakterer for hovedoppgaven og den muntlige eksamen i spesialpensumet.

2.9.8 **STUDIERETNINGER OG FORBEREDELSE TIL HOVEDFAGSSTUDIET**

Institutt for fysikk kan i den grad det er kapasitet til det tilby hovedfagsoppgaver på følgende områder:

- biofysikk
- energi- og miljøfysikk
- partikkelfysikk
- mangepartikkelteori
- astrofysikk
- undervisningsrettet fysikk.

Dessuten tas det hvert år opp et begrenset antall studenter til følgende studier :

- teknologisk orientert studium i målefysikk
- teknologisk orientert studium i miljøfysikk

Se pkt. E nedenfor, samt egen beskrivelse i kapittel 2.15.

Hovedfagsoppgaver kan også utføres under veiledning av forskere knyttet til andre institusjoner som instituttet samarbeider med. Tverrfaglige hovedfagsoppgaver f.eks. på områdene fysikk-biologi, fysikk-matematikk og fysikk-kjemi er også mulige.

Et hovedfagsstudium i fysikk krever gode kunnskaper i matematikk, statistikk, og ofte også i informatikk. Generelt, og som et absolutt minimum, anbefales emnene MA 100, MA 108, MA 109, S 101 og IT 111. Flere aktuelle emner anbefales under punktene A-F nedenfor, hvor det skisseres opplegg for de mest sentrale studieveiene fram til hovedfagsstudier på de enkelte studieretningene.

Institutt for fysikk kan også veilede oppgaver basert på andre opplegg enn de som er nevnt ovenfor. Den enkelte student bør derfor tidlig i grunnskolestudiet ta kontakt med instituttet for å få råd om hvordan studiet bør bygges opp. Oppgave, veileder og forkunnskaper (S-blokk) skal i hvert enkelt tilfelle godkjennes av Institutt for fysikk.

A. Astrofysikk og kvantemekanisk mangepartikkelteori

Generelt for disse studieretningene anbefales emnene MA 213, F 240, F 244, F 360 og emnet Statistisk mekanikk under siv.ing.-studiet. Emnene F 345 og F 361 kan også være aktuelle.

En oppgave i astrofysikk kan omfatte spørsmål knyttet til kompakte

stjerners fysikk, dvs. til hvite dverger eller nøytronstjerners indre struktur, eller emisjonsmekanismen for pulsarer. Svarte hull, gravitasjonsproblemer og kosmologiske problemer er også aktuelle problemstillinger. Oppgaven forutsetter spesielt kunnskaper tilsvarende emnene F 251 og F 352.

En oppgave i kvantemekanisk mangepartikkelteori kan omfatte spørsmål knyttet til "kvante-væsker" og "kvante-krystaller", f.eks. elektrongass og fast og flytende hydrogen og helium. Oppgaver knyttet til spørsmål omkring "kjernematerie" og "nøytronmaterie" kan også være aktuelle. Oppgavene forutsetter spesielt kunnskaper tilsvarende emnene F 353 og F 454.

B. Biofysikk

Generelt for studieretningen anbefales emnene F 202, F 205, F 232, F 306, samt kunnskaper i informatikk.

Virksomheten innenfor fagområdet biofysikk er rettet mot fundamentale prosesser på molekyl- og organismenivå. Nødvendige forkunnskaper beror derfor på oppgavens detaljerte innhold. Aktuelle hovedfagsoppgaver kan grovt inndeles i områdene fotobiofysikk, biofysiske systemanalyser og transportprosesser.

Fotobiofysikk omfatter lysinduserte reaksjoner i biologiske eller fysiske/kjemiske systemer. Oppgaver kan være sentrert om spektroskopiske undersøkelser av biofysisk viktige molekylers forekomst, egenskaper og reaksjoner, herunder unimolekulære reaksjoner (fluorescens, fosforescens, etc.) og bimolekulære reaksjoner (energi- transport, etc.). Det kan tilbys alt fra oppgaver i målefysikk til oppgaver i cellebiofysiske studier. Undersøkelser med utstyr for måling av elektron- og kjernemagnetisk resonans både på cellenivå og molekylært nivå er også aktuelle.

Biofysiske systemanalyser omfatter undersøkelser av reguleringssystemer på organismenivå, f.eks. balansesystemer, oscillative biologiske prosesser (spesielt døgnrytmiske) og vanntransport i celler/organismer. Oppgavene på dette området kan spenne fra måletekniske oppgaver til simulerings- og modellstudier.

Transportprosesser omfatter oppgaver knyttet til lystransport gjennom spredende og absorberende medier og til diffusjonskontrollerte bimolekulære reaksjoner i oppløsninger.

C. Energi- og miljøfysikk

Anbefalte emner i S-blokken er F 202 og F 221. Hovedfagsstudiet krever dessuten kunnskaper i EDB tilsvarende IT 111 som et minimum. I tillegg anbefales IT 112. I matematikk anbefales videre emnet MA 213. Se også studieplanen for Teknologisk orientert studium i miljøfysikk i kapittel 2.15. Aktuelle

hovedfagsoppgaver kan grovt inndeles i områdene bølger, sol- og vindenergi og fysiske prosesser i atmosfæren.

Bølger omfatter bruk av fluidmekanisk teori for å studere akustiske og seismiske signaler. Det kreves spesielt kunnskaper i fluidmekanikk tilsvarende F 220 som et minimum, samt gode kunnskaper i matematikk og dataprogrammering.

Sol- og vindenergi og fysiske prosesser i atmosfæren omfatter studier av solstråling, vind og de fysiske forhold i atmosfæren som bestemmer tilgjengelig energi, systemer for å utnytte sol- og vindenergi, samt prosesser og fenomener som påvirker jordas varmebalanse - f.eks. aerosoler, etc.

I eksperimentelle oppgaver står innsamling og behandling av måledata ved datastyrte systemer sentralt. Derfor bør emnene F 205 og F 306 være med. Emnet F 308 anbefales også.

Teoretiske oppgaver kan f.eks. omfatte utvikling og undersøkelse av matematiske modeller for noen av de nevnte fenomenene. Dette krever gode kunnskaper i matematikk, og emnet F 220 er anbefalt.

D. Partikkelfysikk

Et hovedfagsstudium i teoretisk elementærpartikkelfysikk bør bygge på kunnskaper tilsvarende emnene F 240, F 244, F 345, F 360, F 361, F 465 og MA 213. Andre emner som kan være aktuelle er MA 214, IT 112 og emnet Statistisk mekanikk i siv.ing.-studiet.

I partikkelfysikk er det aktuelt med oppgaver innen kvanteelektrodynamikk, elektrosvake vekselvirkninger og kvantekromodynamikk - teorier som forsøker å beskrive egenskaper til, og vekselvirkninger mellom, de mest elementære byggesteinene en hittil kjenner i naturen (elektroner, fotoner, kvarker, gluoner, etc.).

E. Teknologisk orientert studium i målefysikk

Aktuelle hovedfagsoppgaver under denne studieretningen vil normalt være knyttet til instituttets eksperimentelle forskningsvirksomhet innenfor biofysikk og energi- og miljøfysikk. Det legges særlig vekt på bruk av avansert målefysikk og datateknikk jfr. pkt. B og C ovenfor. Se ellers egen beskrivelse av dette studiet under Teknologisk orienterte studier, kapittel 2.15.

F. Undervisningsrettet fysikk

Denne studieretningen er aktuell for kandidater som tar sikte på undervisningsarbeid eller kunnskapsformidling i skolen, bedrifter eller organisasjoner.

En hovedfagsoppgave i undervisningsrettet fysikk bygger bl.a. på praktisk-pedagogisk utdanning, som må være gjennomført før arbeidet med

oppgaven påbegynnes. Dette forlenger ikke den samlede normerte studietiden på 10 semestre for cand.mag.- og cand.scient.-studiet.

Hovedfagsoppgaven vil omfatte spørsmål av fagdidaktisk og pedagogisk karakter, f.eks. for å utvikle lærestoff til bruk i fysikkundervisningen i videregående skole eller andre undervisningssituasjoner. Aktuelle områder kan være datastøttet læring eller samarbeidslæring.

2.9.9

DR.SCIENT.-STUDIET

Dr.gradsstudium på grunnlag av cand.scient.-graden

Dr.gradsstudiet bygger på cand.scient.- graden i fysikk eller annen utdanning som Forskningsutvalget godkjenner som likeverdig med denne. Studiets varighet er normert til 3 år, og det omfatter tre deler :

- En opplæringsdel sammensatt av pensumemner tilsvarende 18 vektall.
- En avhandling tilsvarende 2 års arbeid.
- En prøveforelesning tilsvarende 2 vektall.

Flere opplysninger om dr.scient.-studiet samt reglementet for dr.scient.-graden finnes i Forskningsutvalgets brosjyre som kan fås ved Fakultet for fysikk, informatikk og matematikk.

Opplegget for både forskningsprosjektet og opplæringsdelen i dr.scient.-studiet utarbeides av studenten i samarbeid med veileder, og skal i hvert tilfelle behandles av instituttet og godkjennes av fakultetet.

Opptak til dr.scient.-studiet

Studenter som ønsker å ta dr.scient.-graden i fysikk må søke fakultetet om opptak til dr.gradsstudiet før studiet kan påbegynnes. Søknaden fremmes via Institutt for fysikk. I forbindelse med søknaden skal studenten i samarbeid med hovedveilederen ved Institutt for fysikk legge fram en samlet plan for studiet, både med hensyn til innhold og progresjon i studiet.

Institutt for fysikk kan avhengig av kapasitet tilby oppgaver innenfor de forskningsområdene som er nevnt under avsnittet om studieretninger for cand.scient.-studiet. Forskningsprosjektet kan også utføres under veiledning av forskere knyttet til andre institusjoner som instituttet samarbeider med.

Eksamen

Det gis en karakter for hvert av emnene som inngår i dr.gradsstudiets opplæringsdel. Karakteren må være 2.5 eller bedre. Eksamen i spesialpensum er normalt muntlig og karakteren er bestått/ikke bestått. Det gis en samlet ka-

rakter for avhandlingen og forsvaret av den under disputasen. Karakteren gis som bestått/ikke bestått. Bestått tilsvarer i disse tilfellene karakteren 2.5 eller bedre.

2.9.10 EMNEBESKRIVELSER

Innholdet i kapittel 1.5.2 om fagpåmelding og opptak til emner, og kapittel 1.8 om eksamen og eksamensmelding forutsettes kjent. Henvisninger til informasjon om faglig overlapp mellom gamle og nye emner finnes i kapittel 1.9.3.

Eksamen i et emne arrangeres ordinært ved slutten av kursets siste undervisningssemester. Et fåtall emner undervises over to semestre. Instituttet kan i heltspesielle tilfeller avvike fra den oppgitte eksamensformen.

Emnene fra og med F 202 bygger på forkunnskaper tilsvarende 20-gruppen i fysikk. Anbefalte forkunnskaper er ellers angitt under hver emnebeskrivelse.

Ved overgangen til nytt studentdatasystem (FS) tar NTNU i bruk nye emnekoder. Disse skal tidligst brukes ved registrering/eksamensmelding høsten 1997. Endringene for de nedenforstående emnene vil i praksis bli at de gis prefikset MNF, slik at første emnet nedenfor blir hetende MNF FY 001 Brukerkurs i fysikk. Se kapittel 1.10 for ytterligere informasjon.

F 001 Brukerkurs i fysikk, 4 vekttall

Varighet: 1 semester (vår).

Forelesning: 4 timer pr. uke.

Øving: 1 time pr. uke.

Laboratorium: Ca. 6 oppgaver.

Eksamen: 6 timer skriftlig.

Emnet gir en generell orientering i fysikk og fysikkens forskjellige delområder, og det er beregnet på biologer, kjemikere og andre som ikke har spesiell fysikkbakgrunn. Det legges vekt på å gi en fysisk bakgrunn for forståelse av f.eks. biologiske, kjemiske og andre fenomener. Det blir videre gitt en innføring i virkemåte og bruk av generell fysisk apparatur.

Emnet kan ikke inngå som del av emnegruppen i fysikk. Emnet overlapper faglig med andre fysikkenmner, og vil i eventuell kombinasjon med slike utløse vekttallsreduksjoner.

F 100 Generell fysikk I, 3 vekttall

Varighet:	1 semester (høst).
Forelesning:	3 timer pr. uke.
Regneøving:	2 timer pr. uke.
Eksamenskrav:	75% av regneøvingene må være innlevert og godkjent.
Eksamen:	6 timer skriftlig.

Emnet gir en generell innføring i mekanikk, varmelære og optikk, med hovedvekt på Newtons lover, bevarelseslovene for energi og impuls, kinetisk gasteori, varmelærens 1. og 2. hovedsetning samt elementær geometrisk optikk.

Studenter som ønsker å ta en kombinasjon av fysikk og matematikk anbefales å ta F 100 samtidig med MA 100 og MA 108 i 1. semester.

F 101 Generell fysikk II, 3 vekttall

Varighet:	1 semester (vår).
Forelesning:	3 timer pr. uke.
Regneøving:	2 timer pr. uke.
Eksamenskrav:	75% av regneøvingene må være innlevert og godkjent.
Eksamen:	6 timer skriftlig.

Emnet tar for seg bølger, interferens og diffraksjon, som anvendes bl.a. på lyd-bølger, bølgeoptikk og materiebølger og leder fram til en elementær innføring i kvantefysikk. Emnet behandler også utvalgte tema fra partikkelfysikk og astrofysikk.

For studenter som ønsker å ta en kombinasjon av fysikk og matematikk anbefales emnet tatt i 2. semester, samtidig med MA 108 og MA 109, og før resten av emnegruppen (F 102, F 103 og F 104).

F 102 Mekanikk, 4 vekttall

Varighet:	1 semester (høst).
Forelesning:	4 timer pr. uke.
Regneøving:	2 timer pr. uke.
Laboratorium:	Ca. 30 timer (inkl. rapporter og lab. forel.).
Eksamenskrav:	Laboratorieøvingene må være utført og godkjent, og 75% av regneøvingene må være innlevert og godkjent.
Eksamen:	6 timer skriftlig.

Emnet gir en videre innføring i mekanikk, med anvendelser av Newtons lover og bevarelseslovene for energi, impuls og dreieimpuls på bl.a. elementær partikkeldynamikk og stive legemers bevegelse. Emnet omhandler også bevegelse i ikke-intertiale koordinatsystem og grunnelementene i Einsteins spesielle rel-

ativitetsteori. Videre behandles frie og tvungne svingninger, gravitasjon, samt elementær statikk, fasthetslære og hydrodynamikk.

Emnet bygger på deler av F 100 og F 101. En vil derfor anbefale at disse emnene tas på forhånd. Det forutsettes dessuten kunnskaper om differensial- og integralregning, vektoralgebra og elementære differensialligninger. Dette vil stort sett være dekket av emnene MA 100 og MA 108, men det er også en fordel om man har tatt MA 109.

F 103 Elektrisitet og magnetisme, 5 vekttall

Varighet:	2 semestre (høst og vår).
Forelesning:	3 timer pr. uke (høst), 2 timer pr. uke (vår).
Regneøving:	1 time pr. uke.
Laboratorium:	Ca. 90 timer (inkl. rapporter og lab.forel.)
Eksamenskrav:	Laboratorieøvingene må være utført og godkjent, og 75% av regneøvingene må være innlevert og godkjent.
Eksamen:	6 timer skriftlig.

Emnet gir en innføring i elektrostatikk, magnetostatikk og likestrøm. Videre behandles induksjon, vekselstrøm, partikkelbevegelse i elektriske og magnetiske felt, Maxwells ligninger og elektromagnetiske bølger. Dessuten gir emnet en innføring i virkemåten av halvlederdioder og transistorer.

Det forutsettes kunnskaper om differensial- og integralregning, vektoralgebra, elementære differensialligninger, komplekse tall og funksjoner av flere variable. Dette vil stort sett være dekket av emnene MA 100, MA 108 og MA 109.

F 104 Kvantefysikk og statistisk fysikk, 5 vekttall

Varighet:	2 semestre (høst og vår).
Forelesning:	3 timer pr. uke.
Regneøving:	1 time pr. uke.
Laboratorium:	Ca. 30 timer (inkl. rapporter og lab.forel.)
Eksamenskrav:	Laboratorieøvingene må være utført og godkjent, og 75% av regneøvelsene må være innlevert og godkjent.
Eksamen:	6 timer skriftlig.

Emnet gir en elementær innføring i kvantefysikk. Temaer som behandles er kvantefysikkens eksperimentelle grunnlag, Schrödinger-ligningen med enkle anvendelser på atomer, molekyler og spektra. Det gis også en innføring i statistisk fysikk.

Emnet bygger på deler av F 100 og F 101. En vil derfor anbefale at disse emnene tas før F 104. Det bygger også på deler av F 102 og F 103. Normalt vil

en derfor ikke anbefale at F 104 tas før disse emnene. Det forutsettes dessuten forkunnskaper i matematikk tilsvarende som for F 103. Det vil i tillegg være en fordel med MA 213, som kan tas parallelt med F 104 i høstsemesteret.

F 170 Fysikk fagdidaktikk, 3 vekttall

Varighet: 1 semester (høst).

Forelesning: 3 timer pr. uke.

Prosjektarbeid: Ca. 16 timer.

Eksamenskrav: Prosjektarbeid må være utført og godkjent.

Eksamen: 6 timer skriftlig.

Emnet omfatter :

- lover og teorier i fysikk, idealisering og modellering, den hypotetisk deduktive-eksperimentelle metode
- fysikk som historisk prosess, trekk fra fysikkens historie
- enheter og dimensjoner, fundamentale og utledete enheter
- fysikkens relasjon til øvrig naturvitenskap, medisin og teknologi
- fysikkens forhold til samfunnet forøvrig, energiproblematikk, naturmiljø, verdisyndepunkter

Emnet bygger på kunnskaper som tilsvarende deler av F 100 og F 101. Det vil også være en fordel om en har tatt eller er i gang med de øvrige emnene i 20-gruppen i fysikk før en tar F 170. Hvis emnet skal inngå i grunnlaget for opptak til PPU, del II, må "praksisuken" være godkjent.

F 202 Systemdynamikk, 3 vekttall

Varighet: 1 semester (vår).

Forelesning: 3 timer pr. uke.

Regneøving: 1 time pr. uke.

Laboratorium: 3 oppgaver.

Eksamenskrav: Laboratorieøvingene må være utført og godkjent.

Eksamen: 6 timer skriftlig, eller muntlig.

Kurset gir en generell innføring i systemteori, med vekt på anvendelser. En gjennomgår eksempler på beskrivelse av dynamikken i fysiske, teknologiske, biologiske og globale systemer med vekt på de begrensninger teorien har for de enkelte tilfeller. Laboratorieoppgavene viser eksempler på datastyrt reguleringssystemer. Undervisningen bygger på matematikkunnskaper tilsvarende MA 100 og MA 108.

F 205 Elektronikk I, 4 vekttall

Varighet: 1 semester (høst).
Forelesning: 4 timer pr. uke.
Laboratorium: 4 timer pr. uke.
Eksamenskrav: Laboratorieøvingene må være utført og godkjent.
Eksamen: Muntlig-eksperimentell eksamen på laboratoriet.

Emnet gir en generell innføring i moderne elektronikk med stor vekt på praktisk laboratoriearbeid. Enkle passive kretser, dioden, transistoren mv. blir gjennomgått. Hovedvekten legges på integrerte kretser, spesielt kopling av operasjonsforstærkere og enkle digitale kretser.

F 220 Fluidmekanikk, 3 vekttall

Varighet: 1 semester (vår).
Forelesning: 3 timer pr. uke.*
Øving: 1 time pr. uke.
Eksamen: Muntlig.

Emnet gir en innføring i fluidmekanikk, med hovedvekt på strømnings- og bølgefenomener. *Dersom antall studenter på emnet blir lavere enn 3, kan forelesningene bli erstattet med seminarer eller tilbudt som ledet selvstudium.

F 221 Energi- og miljøfysikk, 4 vekttall

Varighet: 1 semester (høst).
Forelesning: 4 timer pr. uke.
Regneøving: 1 time pr. uke.
Laboratorium: Ca. 5 oppgaver.
Eksamenskrav: Laboratorieøvingene må være utført og godkjent.
Eksamen: 6 timer skriftlig, eller muntlig.

Emnet tar for seg samfunnets behov for energiresurser og teorien for optimal utnyttelse av ressursene. Lokale og globale miljøvirkninger som bruken av energiresurser medfører blir diskutert. Foruten generell teori og de vanlige energisystemene, behandler emnet spesielt kjerneenergi og kretsløpsressursene som f.eks. sol, vind og bølgeenergi.

F 232 Biofysikk I, 4 vekttall

Varighet:	1 semester (høst).
Forelesning:	4 timer pr. uke.
Øving:	1 time pr. uke.
Laboratorium:	Ca. 5 oppgaver.
Eksamenskrav:	Laboratorieøvingene må være utført og godkjent.
Eksamen:	6 timer skriftlig, eller muntlig.

Emnet gir en generell innføring i sentrale livsprosesser med utgangspunkt i fysiske prinsipper. Blant annet tas følgende tema opp: transportprosesser, cellers energetiske forhold, arvemekanismen og proteinsyntese, membranprosesser og sanseorganers virkemåte. Noen biofysiske målemetoder blir også diskutert.

F 240 Klassisk mekanikk og elektrodynamikk, 4 vekttall

Varighet:	1 semester (høst).
Forelesning:	4 timer pr. uke.
Øving:	2 timer pr. uke.
Eksamen:	6 timer skriftlig, eller muntlig.

Emnet omfatter sentrale deler av klassisk mekanikk og elektrodynamikk, bl.a. Hamilton-Lagrange-formalisme, spesiell relativitetsteori, og anvendelse av Maxwells ligninger på bølgeforplantning og stråling fra elektriske ladninger.

F 244 Kvantemekanikk I, 4 vekttall

Varighet:	1 semester (høst).
Forelesning:	4 timer pr. uke.
Øving:	2 timer pr. uke.
Eksamen:	6 timer skriftlig, eller muntlig.

I dette emnet gjennomgås først noen sentrale begreper og teoremer i kvantemekanikken, basert på et sett av grunnpostulater. Med dette begrepsapparatet angripes et utvalg av eksakt løsbare systemer, bl.a. den harmoniske oscillator og hydrogenatomet. Kurset omfatter også en mer generell formulering av kvantemekanikk vha. Dirac-notasjon, med anvendelser bl.a. på dreieimpuls og spinn $1/2$.

F 251 Astrofysikk I, 4 vekttall

Varighet: 1 semester (vår).
Forelesning: 4 timer pr. uke.
Øving: 1 time pr. uke.
Eksamen: Skriftlig, 6 timer, eller muntlig.

Emnet gir en generell innføring i astrofysikk, med diskusjon av f.eks. solsystemet, stjerners utvikling, Melkeveien og universet generelt.

F 306 Målesensorer/transdusere, 4 vekttall

Varighet: 1 semester (vår).
Forelesning: 4 timer pr. uke.
Laboratorium: Ca. 6 oppgaver.
Eksamenskrav: Laboratorieøvingene må være utført og godkjent.
Eksamen: 6 timer skriftlig, eller muntlig.

Emnet tar opp måleteknikk og bruk av forskjellige målesensorer/transdusere. Måling av posisjon, trykk, temperatur, fuktighet, stråling, gass- og ionekonsentrasjon gjennomgås spesielt. Generelle problemer ved måling, karakteristikk av sensorrespons, støy etc. blir også diskutert. Det blir gjennomført demonstrasjoner av instrumenter og måleprinsipper, og det blir gitt regneeksempler. Laboratorieoppgavene er forholdsvis selvstendige oppgaver av konstruksjons og måleteknisk natur.

F 307 Elektronikk II, 4 vekttall

Varighet: 1 semester (vår).
Forelesning: 4 timer pr. uke.
Laboratorium: 5 oppgaver.
Eksamenskrav: Laboratorieøvingene må være utført og godkjent.
Eksamen: 6 timer skriftlig, eller muntlig.

Emnet behandler kretser med analog og digital funksjon, generering og overføring av signaler, konvertering, støy, PLL-kretser, tilkopling til datamaskin, bruk av datamaskin til styring og logging. Regneeksempler blir gitt.

Emnet bygger på kunnskaper tilsvarende F 205 Elektronikk og F 306 Målesensorer/transdusere.

F 308 Signalanalyse, 4 vekttall

Varighet:	1 semester (høst).
Forelesning:	4 timer pr. uke.
Øving:	1 time pr. uke.
Laboratorium:	Ca. 3 oppgaver.
Eksamenskrav:	Laboratorieøvingene må være utført og godkjent.
Eksamen:	6 timer skriftlig, eller muntlig.

Emnet omfatter sannsynlighetsfordelinger, Fourieranalyse, korrelasjon, spektraltetthet, random signaler og prosesser, eksitasjon og respons for lineære systemer, digital spektralanalyse, FFT og pseudo-random prosesser.

Emnet forutsetter kjennskap til elementær sannsynlighetsregning og Fourierrekker. Det vil derfor være en fordel om en har tatt emnene S 101 og MA 213 på forhånd.

F 309 Fiberoptiske komponenter og målesystemer, 3 vekttall

Varighet:	1 semester (høst).
Forelesning:	3 timer pr. uke.
Regneøving:	1 time pr. uke.
Eksamen:	6 timer skriftlig, eller muntlig.

Emnet gir en innføring i fiberoptisk teknologi med vekt på sensorer og målesystemer. Det omfatter følgende hovedemner:

- grunnleggende optikk/elektrooptikk
- optiske fibre og kabler
- halvlederlasere og lysemitterende dioder
- fotodioder
- fiberoptiske kontakter, koblere og multipleksere
- optiske forsterkere
- intensitetsmodulerende sensorer
- bølglengdemodulerende sensorer
- fasemodulerende sensorer
- polarisasjonsmodulerende sensorer
- distribuerte sensorer
- anvendelser/eksempler.

F 334 Biofysikk II, 4 vekttall

Varighet:	1 semester (vår).
Forelesning:	3 timer pr. uke.
Laboratorium:	Ca. 5 oppgaver.
Eksamenskrav:	Laboratorieøvingene samt et selvstendig litteraturstudium over et tema som er valgt i samråd med faglæreren må være utført og godkjent.
Eksamen:	Muntlig.

Kurset konsentrerer seg om temaet biologiske membraners biofysikk. En gjennomgår spektroskopiske undersøkelsesmetoder (blant annet fluorescens), transportprosesser over membraner, struktur og stabilitet til membraner samt irreversibel termodynamikk.

Emnet bygger på F 232 eller tilsvarende kunnskaper. Det kan benyttes som del av dr.scient.-studiet etter de regler som gjelder for dette (se dr.scient-reglementet).

F 345 Kvantemekanikk II, 3 vekttall

Varighet:	1 semester (vår).
Forelesning:	3 timer pr. uke.
Øving:	1 time pr. uke.
Eksamen:	6 timer skriftlig, eller muntlig.

Emnet er en videreføring av F 244, og tar for seg tilnæringsmetoder for stasjonære og ikke-stasjonære tilstander, spredningsteori, samt en innføring i relativistisk kvantemekanikk. Emnet bygger på deler av F 240.

F 352 Astrofysikk II, 3 vekttall

Varighet:	1 semester (høst).
Forelesning:	3 timer pr. uke.*
Øving:	1 time pr. uke.
Eksamen:	6 timer skriftlig, eller muntlig.

Emnet er en videreføring av F 251, med diskusjon av spesielle problemer som f.eks. kompakte stjerner som hvite dverger og nøytronstjerner, kosmologi, kvasarer, pulsarer, svarte hull og gravitasjonsstråling.

*Dersom antall studenter på emnet blir lavere enn 3, kan forelesningene enten bli erstattet med seminarer eller tilbudt som ledet selvstudium.

F 353 Mangepartikkelteori I, 3 vekttall

Varighet:	1 semester (vår).
Forelesning:	3 timer pr. uke.*
Øving:	1 time pr. uke.
Eksamen:	6 timer skriftlig, eller muntlig.

Emnet omfatter mangepartikkelsystemer som ideell Fermigass, ideell Bose-gass, og Fermi- og Bose-systemer med vekselvirkninger. Emnet Statistisk mekanikk under siv.ing.-studiet bør være lest før eller samtidig med F353.

*Dersom antall studenter på emnet blir lavere enn 3, kan forelesningene enten bli erstattet med seminarer eller tilbudt som ledet selvstudium.

F 360 Partikkel- og kjernefysikk I, 4 vekttall

Varighet:	1 semester (vår).
Forelesning:	4 timer pr. uke.
Øving:	1 time pr. uke.
Eksamen:	6 timer skriftlig, eller muntlig.

Emnet gir en generell innføring i partikkel- og kjernefysikk. Det bygger på kunnskaper tilsvarende F 240, F 244 og deler av F 345, men kan også tas samtidig med det siste.

F 361 Partikkel- og kjernefysikk II, 3 vekttall

Varighet:	1 semester (høst).
Forelesning:	3 timer pr. uke.
Øving:	1 time pr. uke.
Eksamen:	6 timer skriftlig, eller muntlig.

Emnet er en videreføring av emne F 360.

F 454 Mangepartikkelteori II, 3 vekttall

Varighet:	1 semester (høst).
Forelesning:	3 timer pr. uke.*
Øving:	1 time pr. uke.
Eksamen:	Muntlig.

Emnet er en videreføring av emne F 353 og omfatter moderne mangepartikkelteori som f.eks. Landau-teori, Brueckner-teori, "Lowest-order-constrained-variation"-metoden og "Hyper-netted-chain"-metoden.

*Dersom antall studenter på emnet blir lavere enn 3, kan forelesningene enten bli erstattet med seminarer eller tilbudt som ledet selvstudium.

F 465 Kvantefeltteori, 7 vekttall

Varighet: 2 semester (høst og vår).
Forelesning: 4 timer pr. uke.*
Eksamen: Muntlig.

Emnet gir en generell innføring i klassisk og kvantemekanisk feltteori. Emnene F 240, F 244 og F 345 bør være lest før F 465. I tillegg anbefales emnene F 360 og F 361.

*Dersom antall studenter på emnet blir lavere enn 3, kan forelesningene enten bli erstattet med seminarer eller tilbudt som ledet selvstudium.

F 466 Kvanteflavour- og kvantekromodynamikk, 4 vekttall

Varighet: 1 semester (vår).
Forelesning: 4 timer pr. uke.*
Øvinger: 1 time pr. uke.
Eksamen: Muntlig.

Emnet vil bli gitt etter behov for dr. scient.-studenter og bygger på F 465 Kvantefeltteori, men kan også tas parallelt med dette emnet. De ikke-abelske justeringsteorier blir gjennomgått med hovedvekt på "standard-modellen" (Glashow-Weinberg-Salammodellen) og kvante-kromo-dynamikk.

*Dersom antall studenter på emnet blir lavere enn 3, kan forelesningene enten bli erstattet med seminarer eller tilbudt som ledet selvstudium.

FXn Aktuelle fysiske emner, inntil 4 vekttall

Varighet: 1 semester.
Forelesning: 3-4 timer pr. uke.
Øving: 1-2 timer pr. uke.
Eksamen: 6 timer skriftlig, eller muntlig.

FXn-betegnelsen brukes på aktuelle emner som foreløpig ikke er tatt inn som ordinære emner i studieplanen. I semestre hvor det gis flere slike emner, vil en bruke betegnelsene FX1, FX2, osv. Vekttall, timetall og pensum for hvert emne blir oppgitt ved semesterets begynnelse.