

## 2.9 FYSIKK

Vedtatt av Lærerhøgskolens råd 21. juni 1979 med endringer sist vedtatt av Fakultet for fysikk, informatikk og matematikk 11. februar 1998.

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, elektrisitetslære, 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 elementærpartikkelfysikken 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 fysikk 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 mate-

matikk. 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 tilsvarer høyeste nivå i matematikk (3 MX) og nest høyeste-nivå i fysikk (2FY).

## 2.9.1 EMNEOVERSIKT

Ved siden av brukerkurset MNF FY 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) i 1997 har NTNU tatt i bruk nye emnekoder. De nye kodene for fysikkemnene under de allmennvitenskapelige studiene består av prefikset MNF etterfulgt av tegnene FY og det gamle tre-sifrede emnenummeret. Eksempel: gammel kode F 001er endret til MNF FY 001. Se kapittel 1.10 for ytterligere informasjon.

Kode	Tittel	Vt.	Semester
<i>Grunnleggende emner</i>			
MNF FY 001*	Brukerkurs i fysikk	4	vår
MNF FY 100	Generell fysikk I	3	høst
MNF FY 101	Generell fysikk II	3	vår
MNF FY 102	Mekanikk	4	høst
MNF FY 103	Elektrisitetsslære og magnetisme	5	høst+vår
MNF FY 104	Kvantefysikk og statistisk fysikk	5	høst+vår
MNF FY 170	Fysikk fagdidaktikk (se emnebeskrivelse)		
<i>Videregående emner</i>			
MNF FY 202	Systemdynamikk	3	vår
MNF FY 205	Elektronikk I	4	høst
MNF FY 220*	Fluidmekanikk	3	vår
MNF FY 221	Energi- og miljøfysikk	4	høst

MNF FY 232	Biofysikk I	4	høst
MNF FY 240	Klassisk mekanikk og elektrodynamikk	4	høst
MNF FY 244	Kvantemekanikk I	4	høst
MNF FY 251	Astrofysikk I	4	vår

*Avanserte emner*

MNF FY 306*	Målesensorer/transdusere	4	vår
MNF FY 307*	Elektronikk II	4	vår
MNF FY 308*	Signalanalyse	4	høst
MNF FY 309*	Fiberoptiske komponenter og målesystemer	3	høst
MNF FY 320*	Matematisk geofysikk	3	høst
MNF FY 334*	Biofysikk II	4	vår
MNF FY 345*	Kvantemekanikk II	3	vår
MNF FY 352*	Astrofysikk II	3	høst
MNF FY 353*	Mangepartikkelteori I	3	vår
MNF FY 360	Partikkel- og kjernefysikk I	4	vår
MNF FY 361*	Partikkel- og kjernefysikk II	3	høst

*Avanserte emner forts.*

MNF FY 454*	Mangepartikkelteori II	3	høst
MNF FY 465*	Kvantefeltteori	7	høst+vår
MNF FY 466*	Kvanteflavour- og kvantekromodynamikk	4	vår
MNF FY Xn*	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 MNF FY 100, MNF FY 101, MNF FY 102, MNF FY 103 og MNF FY 104 utgjør samlet en godkjent emnegruppe (20-gruppe) i fysikk. I spesielle tilfeller, bl.a. i forbindelse med innpassing av ekstern utdanning, kan en søke om å få annen utdanning godkjent som tilsvarende en emnegruppe.

### 2.9.4 ANBEFALT OPPLEGG FOR DE TO FØRSTE STUDEÅRENE

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

1 H	MNF FY 100	MNF MA 100	MNF MA 108	10 vt.
2 V	MNF FY 101	MNF MA 109	MNF MA 108	10 vt.
3 H	MNF FY 102	MNF FY 103	MNF FY 104 xx)	11/12 vt.
4 V	MNF ST 101	MNF FY 103	MNF FY 104	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	└			
xx)	ett av emnene MNF MA 213/MNF IT 111/MNF FY 170			

Det er en fordel å ta MNF FY 100 og MNF FY 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 MNF FY 100 den første høsten, vil være å starte med MNF FY 101 i vårsemesteret og ta MNF FY 100 i påfølgende høstsemester sammen med resten av emnegruppen.

Det anbefalte opplegget legger vekt på mye matematikk det første året (14 vekttall mot 6 vekttall 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 vekttallene i matematikk og statistikk i det anbefalte opplegget tilfredsstiller kravene til en godkjent emnegruppe i matematikk (MNF MA 100, MNF MA 108, MNF MA 109, MNF MA 213 og MNF ST 101). MNF MA 213 er anbefalt for de fleste studieretningene i fysikk. For studenter som ikke ønsker å ta MNF MA 213 vil det f.eks. være plass til MNF IT 111, MNF FY 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 MNF FY 104 ut i et senere studieår (se studieplanen for matematikk).

Merk at informatikk også er et viktig støttefag i fysikkstudiet. Vi vil imidlertid anbefale at matematikken prioriteres de to første studieårene, i samsvar med anbefalingen ovenfor.

## 2.9.5 ANBEFALTE EMNER FOR UNDERVISNING I SKOLEN

*Fysikk studieretningsfag, videregående skole:*

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

*Naturfag, ungdomstrinnet og videregående skole:*

Et minimum er emnene MNF FY 100 og MNF FY 101 sammen med minst ett av emnene MNF FY 102, MNF FY 103 eller MNF FY 104. Institutt for fysikk anbefaler imidlertid at en tar hele emnegruppen i fysikk og supplerer med emnet MNF FY 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
- matematisk geofysikk
- 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. F 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 MNF MA 100, MNF MA 108, MNF MA 109, MNF ST 101 og MNF 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 grunnstudiet 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 MNF MA 213, MNF FY 240, MNF FY 244, MNF FY 360 og emnet Statistisk mekanikk under siv.ing.-studiet. Emnene MNF FY 345 og MNF FY 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 MNF FY 251 og MNF FY 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 MNF FY 353 og MNF FY 454.

### **B. Biofysikk**

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

Virksomheten i 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 cellednivå og molekylært nivå er også aktuelle.

*Biofysiske systemanalyser* omfatter undersøkelser av reguleringsystemer 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 simulering- og modellstudier.

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

### **C. Energi- og miljøfysikk**

Anbefalte emner i S-blokken er MNF FY 202 og MNF FY 221. Hovedfagsstudiet krever dessuten kunnskaper i EDB tilsvarende MNF IT 111 som et minimum. I tillegg anbefales MNF IT 112. I matematikk anbefales videre emnet MNF 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 MNF FY 220 som et minimum, samt gode kunnskaper i matematikk og data-programmering.

*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 datastyrt systemer sentralt. Derfor bør emnene MNF FY 205 og MNF FY 306 være med. Emnet MNF FY 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 MNF FY 220 er anbefalt.

### **D. Matematisk geofysikk**

Det tilbys oppgaver innen akustisk og elastisk bølgeteori, og i anvendelse av teorien i seismikken. Anbefalte emner i S-blokken er MNF FY 220, MNF MA 213, og MNF FY 244. Anbefalte hovedfagsemner er MNF FY 320, MNF MA 214 og MNF FY 345. Andre aktuelle emner i S-blokken og som hovedfagsemner er MNF FY 240 og følgende emner fra siv.ing.-studiet: 20505, 24024, 75042, 75048, 75312 og 75314.

### **E. Partikkelfysikk**

Et hovedfagsstudium i teoretisk elementærpartikkelfysikk bør bygge på kunnskaper tilsvarende emnene MNF FY 240, MNF FY 244, MNF FY 345, MNF FY 360, MNF FY 361, MNF FY 465 og MNF MA 213. Andre emner som kan være aktuelle er MNF MA 214, MNF 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.).

### **F. 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.

### **G. 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 karakter 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 MNF FY 202 bygger på forkunnskaper tilsvarende 20-gruppen i fysikk. Anbefalte forkunnskaper er ellers angitt under hver emnebeskrivelse.

Ved overgangen til nytt studentdatasystem (FS) i 1997 har NTNU tatt i bruk nye emnekoder. De nye kodene for fysikkemnene under de allmennvitenskapelige studiene består av prefikset MNF etterfulgt av tegnene FY og det gamle tre-sifrede emnenummeret. Eksempel: gammel kode F 001er endret til MNF FY 001. Se kapittel 1.10 for ytterligere informasjon.

### **MNF FY 001 Brukerkurs i fysikk, 4 vekttall**

Varighet:	1 semester (vår).
Forelesning:	4 timer pr. uke.
Regneøving:	1 time pr. uke.
Laboratorium:	4 oppgaver.
Eksamenskrav:	Godkjente lab.øvinger. 75% av regneøvinger inlevert og godkjent.
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 fysikkenemner, og vil i eventuell kombinasjon med slike utløse vekttallsreduksjoner.

### **MNF FY 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 gass-

teori, varmelærens 1. og 2. hovedsetning samt elementær geometrisk optikk.

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

### **MNF FY 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 MNF MA 108 og MNF MA 109, og før resten av emnegruppen (MNF FY 102, MNF FY 103 og MNF FY 104).

### **MNF FY 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 besvarelselovene 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 relativitetsteori. Videre behandles frie og tvungne svingninger, gravitasjon, samt elementær statikk, fasthetslære og hydrodynamikk.

Emnet bygger på deler av MNF FY 100 og MNF FY 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 MNF MA 100 og MNF MA 108, men det er også en fordel om man har tatt MNF MA 109.

### **MNF FY 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 halvlederdiodes 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 MNF MA 100, MNF MA 108 og MNF MA 109.

### **MNF FY 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 MNF FY 100 og MNF FY 101. En vil derfor anbefale at disse emnene tas før MNF FY 104. Det bygger også på deler av MNF FY 102 og MNF FY 103. Normalt vil en derfor ikke anbefale at MNF FY 104 tas før disse emnene. Det forutsettes dessuten forkunnskaper i matematikk tilsvarende som for MNF FY 103. Det vil i tillegg være en fordel med MNF MA 213, som kan tas parallelt med MNF FY 104 i høstsemesteret.

### **MNF FY 170 Fysikk fagdidaktikk, 3 vekttall**

Emnet har gått ut, og vil bli erstattet med et nytt fagdidaktikkemne på 2,5 vekttall. Ytterligere informasjon om dette vil bli kunngjort i løpet av sommeren 1998.

### **MNF FY 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 reguleringsystemer. Undervisningen bygger på matematikkunnskaper tilsvarende MNF MA 100 og MNF MA 108.

**MNF FY 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 operasjonsforsterkere og enkle digitale kretser.

**MNF FY 220 Fluidmekanikk, 3 vekttall**

Varighet: 1 semester (vår).  
Forelesning: 3 timer pr. uke.\*  
Regneøving: 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.

**MNF FY 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.

**MNF FY 232 Biofysikk I, 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 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.

**MNF FY 240 Klassisk mekanikk og elektrodynamikk, 4 vekttall**

Varighet:	1 semester (høst).
Forelesning:	4 timer pr. uke.
Regneøving:	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.

**MNF FY 244 Kvantemekanikk I, 4 vekttall**

Varighet:	1 semester (høst).
Forelesning:	4 timer pr. uke.
Regneøving:	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 oscillatoren og hydrogenatomet. Kurset omfatter også en mer generell formulering av kvantemekanikk vha. Dirac-notasjon, med anvendelser bl.a. på dreieimpuls og spinn  $1/2$ .

**MNF FY 251 Astrofysikk I, 4 vekttall**

Varighet:	1 semester (vår).
Forelesning:	4 timer pr. uke.
Regneøving:	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.

**MNF FY 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.

**MNF FY 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 MNF FY 205 Elektronikk og MNF FY 306 Målsensorer/transdusere.

**MNF FY 308 Signalanalyse, 4 vekttall**

Varighet: 1 semester (høst).  
Forelesning: 4 timer pr. uke.  
Regneøving: 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, spektralitet, 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 MNF ST 101 og MNF MA 213 på forhånd.

**MNF FY 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 multiplexere
- optiske forsterkere
- intensitetsmodulerende sensorer
- bølglengdemodulerende sensorer
- fasemodulerende sensorer
- polarisasjonsmodulerende sensorer
- distribuerte sensorer
- anvendelser/eksempler.

**MNF FY 320 Matematisk geofysikk, 3 vekttall**

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

Emnet gir en innføring i teorien for forplantning, refleksjon og spredning av akustiske og elastiske bølger, og i anvendelse av teorien i seismiske undersøkelser.

**MNF FY 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 irreversible termodynamikk.

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

**MNF FY 345 Kvantemekanikk II, 3 vekttall**

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

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

**MNF FY 352 Astrofysikk II, 3 vekttall**

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

Emnet er en videreføring av MNF FY 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.



**MNF FY 353 Mangepartikkelteori I, 3 vekttall**

Varighet:	1 semester (vår).
Forelesning:	3 timer pr. uke.*
Regneøving:	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.

**MNF FY 360 Partikkel- og kjernefysikk I, 4 vekttall**

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

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

**MNF FY 361 Partikkel- og kjernefysikk II, 3 vekttall**

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

Emnet er en videreføring av emne MNF FY 360.

**MNF FY 454 Mangepartikkelteori II, 3 vekttall**

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

Emnet er en videreføring av emne MNF FY 353 og omfatter moderne mangepartikkelteori som f.eks. Landau-teori, Brueckner-teori, "Lowest-order-constant-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.

**MNF FY 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 MNF FY 240, MNF FY 244 og MNF FY 345 bør være lest før MNF FY 465. I tillegg anbefales emnene MNF FY 360 og MNF FY 361.

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

**MNF FY 466 Kvanteflavour- og kvantekromodynamikk, 4 vekttall**

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

Emnet vil bli gitt etter behov for dr. scient.-studenter og bygger på MNF FY 465 Kvantefeltteori, men kan også tas parallelt med dette emnet. De ikke-abelske justerte ringsteorier blir gjennomgått med hovedvekt på "standardmodellen" (Glashow-Weinberg-Salammodellen) og kvante-kromodynamikk.

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

**MNF FY Xn\* Aktuelle fysiske emner, inntil 4 vekttall**

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

MNF FY Xn-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 MNF FY X1, MNF FY X2, osv. Vekttall, time-tall og pensum for hvert emne blir oppgitt ved semesterets begynnelse.