

3.6 MASTERPROGRAM I FYSIKK

3.6.1 INNLEDNING

Masterstudiet i fysikk er et toårig studium som bygger på en bachelorgrad i fysikk. Sett i forhold til bachelorstudiet (se kap. 2.3) gir et masterstudium en større grad av spesialisering og fordypning innen et område av fysikken. Sentralt i studiet står et selvstendig, forskningspreget arbeid (masteroppgaven), der en lærer å arbeide på et større prosjekt som går over flere semestre.

Moderne fysikk omfatter et stort utvalg av interessante subdisipliner. Studentene har derfor stor frihet i valg av spesialisering, dvs. av tema for masteroppgaven, og hvilke emner som tas ved siden av denne. Disse valgene må foretas allerede ved starten av studiet, i samarbeid med veileder. Dette opplegget skal godkjennes av veileder og institutt.

Vanligvis velges en spesialisering knyttet til forskningsaktiviteter som foregår ved Institutt for fysikk. Aktuelle områder er astro- og partikkelfysikk og moderne feltteori, biofysikk og medisinsk fysikk, energi- og miljøfysikk, optikk og kondenserte mediers fysikk, og undervisningsrettet fysikk (fysikk fagdidaktikk). Hvert av disse feltene byr på et bredt utvalg av problemstillinger som kan være aktuelle for en masteroppgave (se nedenfor).

Det gjøres oppmerksom på at også andre fagområder/temaer kan være aktuelle for masteroppgaven. Dessuten kan andre emner enn de som er listet opp nedenfor være aktuelle som en del av et masterstudium i fysikk.

3.6.1.1 LÆRINGSMÅL FOR MASTERSTUDIET

Masterutdanningen i fysikk gir studentene kunnskaper, analytiske ferdigheter og generell kompetanse på et avansert nivå, med sikte på jobber innen forskning, industri, konsulentvirksomhet, undervisning og offentlig forvaltning, eller med sikte på videre utdanning i et doktorgradsstudium.

Mastergradsoppgaven gir spesialkompetanse innen et av forskningsområdene som er representert ved Institutt for fysikk: astro- og partikkelfysikk, biofysikk og medisinsk fysikk, energi- og miljøfysikk, optikk og kondenserte mediers fysikk, komplekse materialers fysikk og undervisningsrettet fysikk. Alternativt gir oppgaven kompetanse på et fysikkrelatert område ved teknologimiljøet utenfor Institutt for fysikk.

Kunnskaper

Kandidaten har

- Solide kunnskaper i fysikk, gode basiskunnskaper i matematikk og kunnskaper i andre valgte støtte-emner som datateknikk
- Dybdekunnskap i form av forskningserfaring innen et avgrenset spesialområde, gjennom et veiledet mastergradsprosjekt som strekker seg over flere semestre
- Avanserte kunnskaper innen et utvalg av emner, hvorav noen kan støtte opp om mastergradsprosjektet
- Kjennskap til bredden i forskningen som foregår i fysikk i dag

Ferdigheter

Kandidaten

- Har bakgrunn og erfaring for å kunne modellere, analysere og løse avanserte fysiske problemer
- Behersker et utvalg av avanserte teoretiske og/eller eksperimentelle metoder, inkludert bruk av numeriske metoder og simuleringer
- Kan kombinere innsikt fra flere fagfelt
- Kan foreta kritiske og selvstendige vurderinger av metoder og resultater
- Kan fornye og videreutvikle sin faglige kompetanse – på egen hånd, via kurs eller gjennom et doktorgradsstudium innenfor fysikk eller en fysikkrelatert disiplin
- Har som fysiker spesielt gode forutsetninger for å gå inn i nye problemområder der det er behov for en analytisk tilnærming og nyskapende bidrag
- Kan formidle fagstoff og resultater både til spesialister og til et bredere publikum

Generell kompetanse

Kandidaten

- Forstår fysikkens rolle i samfunnet og har bakgrunn for å kunne vurdere etiske problemstillinger
- Kjenner til den historiske utviklingen av fysikken, dens muligheter og begrensninger, og forstår behovet for livslang læring
- Er i stand til å skaffe seg, vurdere og bruke relevant og pålitelig ny informasjon
- Har bakgrunn for å kunne gjennomføre avanserte arbeidsoppgaver og prosjekter, både selvstendig og sammen med andre, også tverrfaglig
- Har en god faglig bakgrunn for praktisk-pedagogisk utdanning
- Har et internasjonalt perspektiv på sitt fagområde

3.6.1.2 YRKESMULIGHETER

Fysikken danner mye av grunnlaget både for vår forståelse av naturen og for utviklingen av moderne teknologi med dens mange omstillinger.

Bredden i det treårige bachelorstudiet, kombinert med fordypningen i det toårige masterstudiet i fysikk, gir kandidater med en naturvitenskapelig profil som er etterspurt i industri, forskning, konsulentvirksomhet, offentlig forvaltning og undervisning (i det siste tilfellet supplert med praktisk-pedagogisk utdanning; jf kap. 2.3.5). Med hensyn til arbeidsoppgaver finner en den største gruppen innen *Utvikling*, som er et samlebegrep for produktforskning, programvareutvikling etc. Andre store kategorier er *Prosjektarbeid/prosjektledelse*, *Kundekontakt* og *Forskning*. I den andre enden av skalaen ligger alle undervisningstypene – i grunnskole, videregående skole og ved universitet og høyskoler. Undersøkelser viser at arbeidsmarkedet er godt for fysikk-kandidater.

3.6.2 OPPBYGNING AV STUDIET

Masteroppgaven har et omfang på 60 sp, og i studiet skal det også inngå 8 emner på 7,5 sp som tilsammen gir et studium på 120 sp over fire semestre. Ett av emnene, det såkalte spesialpensumet, kan være i form av et selvstudium som normalt er på 7,5 sp. (Men kan også være et "vanlig" emne, se kap.8.2.1). Innholdet i selvstudiet har som regel faglig nær sammenheng med temaet for masteroppgaven og legges opp i samråd med veileder. Eksamen i et eventuelt selvstudium kan avholdes sammen med den avsluttende mastereksamen, hvor også masteroppgaven drøftes med studenten. (Se kap 8, UTF §23.)

Toårig mastergrad i fysikk

År	Semester				
2	4 vår	Spesialpensum	Mastergradsoppgave (60 sp)		
	3 høst				
1	2 vår		Ekspert i team	Mastergradsoppgave	
	1 høst				
Emnestørrelse:		7,5 sp	7,5 sp	7,5 sp	7,5 sp

Felles for alle masterprogrammene i naturvitenskap er videre et tverr-faglig emne på 7,5 sp, *Ekspert i team*, som inngår i andre semester. Som indikert i tabellen, legges det som regel opp til at mastergradsoppgaven påbegynnes allerede i starten av masterstudiet, på en slik måte at det i de tre første semestrene blir plass til henholdsvis tre, to og ett ordinært emne. De seks ordinære emnene velges i samråd med veileder, på en slik måte at de er tilpasset fagområdet for mastergradsoppgaven.

Valg av emner i forbindelse med et eventuelt utenlandsopphold bør også diskuteres med veileder. Et slikt opphold kan best passes inn i 2. semester.

Generelt er det en stor grad av fleksibilitet når det gjelder valg av emner, ønske om fordypning kontra bredde osv. Minst fire av emnene må imidlertid være på "3000-nivå" (se emneoversikten i kap 3.6.5 samt <http://www.ntnu.no/fysikk/studier/emner>). Avhengig av hvilken spesialisering som er valgt, legges det også visse føringer på hvilke emner som bør inngå. Disse er beskrevet nedenfor, hvor de ulike spesialiseringene gjennomgås.

Innholdet i spesialpensumet avtales med instituttet og er normalt på 7,5 sp.

3.6.3 SPESIALISERINGER

Astro- og partikkelfysikk og moderne feltteori

Et masterstudium med spesialisering innen dette området bygger på en bachelorgrad i fysikk med kunnskaper tilsvarende bl.a. emnene FY2045 *Kvantemekanikk I* (H) og TFY4230 *Statistisk fysikk* (H). Det er også en fordel om emnene TFY4240 *Elektromagnetisk teori* (H) og TFY4345 *Klassisk mekanikk* (V) er tatt under bachelorstudiet.

Astropartikkelfysikk er et stort område, og Institutt for fysikk tilbyr et bredt spektrum av oppgaver innen dette feltet. Det kan være oppgaver i stjernefysikk, nøytrinofysikk, partikkelfysikk (standardmodellen og supersymmetri), tidlig univers og kosmologi, kvantekromodynamikk ved høy temperatur og tetthet, og anvendt kvantefeltteori.

Emnene FY2450 *Astrofysikk* (V) og FY3402 *Subatomær fysikk* (V) er en naturlig del av grunnlaget for dette studieområdet og bør tas dersom de ikke alt er tatt under bachelorstudiet. Videre er emnene TFY4205 *Kvantemekanikk II* (H), FY3403 *Partikkelfysikk* (H), FY3452 *Gravitasjon og kosmologi* (V), FY3464 *Kvantefeltteori I* (V) og FY3466 *Kvantefeltteori II* (H) de mest aktuelle.

Innen anvendt kvantefeltteori er det også muligheter for oppgaver innen kondenserte mediers fysikk, med særlig vekt på transportegenskaper i eksotiske metaller og superledere, eller kombinasjoner av disse, samt oppgaver innen kritiske fenomener, både klassiske og kvantemekaniske. Aktuelle emner ved siden av dem som alt er nevnt er TFY4210 *Kvanteteori for mangepartikelsystemer* (V), FY8302 *Kvanteteorien for faste stoffer* (H) og FY8303 *Faseoverganger og kritiske fenomener*.

Biofysikk og medisinsk fysikk

Et masterstudium med spesialisering innen dette området bygger på en bachelorgrad i fysikk med kunnskaper tilsvarende bl.a. de to emnene TFY4185 *Måleteknikk* (H) og TFY4190 *Instrumentering* (V). Hvis FY2302 *Biofysikk I* (H) ikke er tatt under bachelorstudiet, er dette emnet eller tilsvarende kunnskaper obligatorisk.

Virksomheten i biofysikk er rettet mot fundamentale prosesser på molekyl-, celle- og organismenivå. Aktuelle mastergradsoppgaver kan grovt inndeles i tre fagområder: *Biofysiske systemanalyser*, *Biopolymerfysikk* og *Medisinsk fysikk og strålingsbiofysikk*. Oppgaver innen disse områdene kan spenne fra måletekniske oppgaver til simulering- og modellstudier.

Biofysiske systemanalyser omfatter: reguleringssystemer på organismenivå, f.eks. balansesystemer, oscillative biologiske prosesser og vanntransport i celler/organismer; elektromagnetiske felters biologiske virkning; foto-biofysikk som omfatter lysinduserte reaksjoner i biologiske eller fysiske/kjemiske systemer, ofte av medisinsk betydning. Aktuelle emner vil være innen biofysikk og måleteknikk: FY3006 *Målesensorer og transdusere* (H), TFY4265 *Biofysiske mikroteknikker* (H), TFY4305 *Ikkelineær dynamikk* (H) og TFY4280 *Signalanalyse* (V).

Biopolymerfysikk omfatter eksperimentell bestemmelse av ulike fysiske egenskaper til biologiske makromolekyler samt teoretisk beregning av slike egenskaper ut fra kjennskap til molekylær struktur. Aktuelle emner vil være TFY4310 *Molekylær biofysikk* (H) og TFY4265 *Biofysiske mikroteknikker* (H).

Medisinsk fysikk og strålingsbiofysikk omfatter kartlegging av medisinsk diagnostikk og terapi, basert på optiske metoder som konfokal laserskanning og multifotonmikroskopi, optisk lavkoherenstomografi og væskestrøm-cytometri. Aktuelle emner vil være TFY4225 *Kjerne- og strålingsfysikk* (H), TFY4320 *Medisinsk fysikk* (V), TFY4315 *Strålingsbiofysikk* (V), TFY4265 *Biofysiske mikroteknikker* (H) og TFY4195 *Optikk* (V).

Energi- og miljøfysikk

Et masterstudium med spesialisering innen dette området bygger på en bachelorgrad i fysikk med kunnskaper tilsvarende de to emnene TFY4185 *Måleteknikk* (H) og TFY4190 *Instrumentering* (V). Hvis TFY4300 *Energi- og miljøfysikk* (H) ikke alt er tatt under bachelorstudiet, er dette emnet obligatorisk. Det er også nødvendig med IT-kunnskaper tilsvarende f.eks. TDT4102 *Prosedyre- og objektorientert programmering* (V), som et minimum. Aktuelle emner som kan bygge opp omkring spesialiseringen er for øvrig bl.a. TFY4220 *Faste stoffers fysikk* (V), FY3006 *Målesensorer og transdusere* (H), TFY4280 *Signalanalyse* (V), FY3201 *Atmosfærefysikk og klimaendringer* (V), TTT4234 *Romteknologi I* (H), TTT4235 *Romteknologi II* (V), TFY4195 *Optikk* (V) og FY3114 *Funksjonelle materialer* (H).

Med en spesialisering innenfor området miljøfysikk gis det også en mulighet for å inkludere emner som gis ved Universitetsstudiene på Svalbard (UNIS, www.unis.no), innen området geofysikk (1 eller 2 semestre). Et slikt opplegg må eventuelt utarbeides i samråd med veileder for masterstudiet.

Aktuelle mastergradsoppgaver ved instituttet kan tas innenfor områdene *fornybar energi* (solenergi) og *atmosfærefysikk* (fysiske prosesser som strålingstransport, og spesielt ultrafiolett stråling). Oppgavene vil i hovedsak ha eksperimentell karakter.

Optikk og kondenserte mediers fysikk

Et masterstudium med spesialisering innen områdene optikk eller kondenserte mediers fysikk bygger på en bachelorgrad i fysikk, med kunnskaper tilsvarende bl.a. emnene FY2045 *Kvantemekanikk I* (H), TFY4195 *Optikk* (V) og TFY4220 *Faste stoffers fysikk* (V). For eksperimentelle oppgaver bør også emnene TFY4185 *Måleteknikk* (H) og TFY4190 *Instrumentering* (V) inngå i studiet, hvis disse ikke alt er tatt under bachelorstudiet.

I eksperimentell optikk vil oppgaver kunne tas innen holografi, laser- interferometri og optisk måleteknikk og studier av optiske egenskaper av materialer. I teoretisk kvanteoptikk kan det knyttes oppgaver til deteksjon av fotoner, koherent og "squeezed" lys, fotonkorrelasjonsekspirer, kvanteinformasjon og kvantedatamaskiner. Aktuelle emner kan være TFY4200 *Optikk VK* (V), TFE4165 *Anvendt fotonikk* (V), FY3006 *Målesensorer og transdusere* (H) og TFY4292 *Kvanteoptikk* (H).

Eksperimentelle oppgaver innen kondenserte mediers fysikk kan dreie seg om studier av fysiske egenskaper til ulike typer materialer: Polymerer, molekylære krystaller, funksjonelle oksider og superledere, metaller, magnetiske materialer, komplekse materialer mm. Videre kan det tas oppgaver innen studier av strukturelle, elektroniske, magnetiske, mekaniske og optiske egenskaper til overflater. Emnene FY3114 *Funksjonelle materialer* (H) og TFY4245 *Faststoff-fysikk VK* (V) bør inngå. Andre aktuelle emner er TFY4255 *Materialfysikk* (H), TFY4340 *Mesoskopisk fysikk* (V) og TFY4205 *Kvantemekanikk II* (H).

Innen kondenserte mediers teori kan aktuelle oppgaver omhandle teori for superledning, halvlederfysikk, nanoteknologi, mesoskopisk fysikk, granulære og porøse medier, klassisk væskefysikk og statistisk fysikk for faseoverganger og for biologiske systemer. Aktuelle emner kan være FY3114 *Funksjonelle materialer* (H), TFY4245 *Faststoff-fysikk VK* (V), TFY4205 *Kvantemekanikk II* (H), TFY4210 *Kvanteteori for mangepartikkelsystemer* (V), FY8302 *Kvanteteorien for faste stoffer* (H), TFY4235 *Numerisk fysikk* (V), TFY4275 *Klassisk transportteori* (V), TFY4340 *Mesoskopisk fysikk* (V) og TFY4305 *Ikkelineær dynamikk* (H).

Fysikk fagdidaktikk (undervisningsrettet fysikk)

En mastergrad med spesialisering på dette området er aktuell for kandidater som tar sikte på undervisningsarbeid eller kunnskapsformidling i skolen, bedrifter eller organisasjoner. I dette studiet inngår normalt emnet RFEL3092 *Fagdidaktikk forskningsmetode* (H). Mastergradsoppgaven kan omfatte spørsmål knyttet til læring og undervisning av fysikk i skolen, ved universitetet eller på andre arenaer. Det er også aktuelt å arbeide med fysikkfaget i et videre perspektiv, slik som historisk utvikling og formidling av fysikk i media og samfunn.

Fordypningsemne

Fordypningsemnet er en obligatorisk del av femte årskurs på sivilingeniørstudiet, som også realfagsstudenter har mulighet til å ta. Som fordypningsemne kan det velges enten to tema á 3,75 sp eller ett tema á 7,5 sp. For nærmere informasjon om fordypningsemnene i fysikk og biofysikk, se nettadressen <http://www.ntnu.no/fysikk/studier/emner>, eller ta kontakt med studieveileder på Institutt for fysikk.

3.6.4

KONTINUASJONSEKSAMEN I FYSIKKEMNER

Fra og med studieåret 2010/2011 følger alle emner ved Institutt for fysikk, dvs. emner med kode FY og TFY, ordningen med kontinuasjonseksamen i august. Dette betyr at ordinær eksamen arrangeres kun ved slutten av emnets undervisningssemester, og at kontinuasjonseksamen arrangeres i august for de kandidatene som har dokumentert gyldig fravær eller fått karakteren F (stryk) ved ordinær eksamen.

3.6.5 EMNEOVERSIKT

Her gis en oversikt over emner på 2000- og 3000-nivå som tilbys ved Institutt for fysikk. For detaljerte emnebeskrivelser henviser vi til nettstedet <http://www.ntnu.no/fysikk/studier/emner>.

Emnekode	Emnetittel (Semester)	Nivå
FY2045	Kvantemekanikk I (H)	
FY2302	Biofysikk I (H)	
FY2450	Astrofysikk (V)	
FY2900	Fysikk fagdidaktikk (H)	
FY3006	Målesensorer/transdusere (H)	
FY3114	Funksjonelle materialer (H)	
FY3201	Atmosfærefysikk og klimaendringer (V)	
FY3402	Subatomær fysikk (V)	
FY3403	Partikkelfysikk (H)	
FY3452	Gravitasjon og kosmologi (V)	
FY3464	Kvantefeltteori I (V)	
FY3466	Kvantefeltteori II (H)	
TFY4185	Måleteknikk (H)	2000
TFY4190	Instrumentering (V)	3000
TFY4195	Optikk (V)	3000
TFY4200	Optikk, videregående kurs (V)	3000
TFY4205	Kvantemekanikk II (H)	3000
TFY4210	Kvanteteori for mangepartikkelsystemer (V)	3000
TFY4220	Faste stoffers fysikk (V)	3000
TFY4225	Kjerne- og strålingsfysikk	3000
TFY4230	Statistisk fysikk (H)	2000
TFY4235	Numerisk fysikk (V)	3000
TFY4240	Elektromagnetisk teori (H)	2000
TFY4245	Faststoff-fysikk, videregående kurs (V)	3000
TFY4255	Materialfysikk (H)	3000
TFY4260	Cellebiologi og cellulær biofysikk (V)	3000
TFY4265	Biofysiske mikroteknikker (H)	3000
TFY4275	Klassisk transportteori (V)	3000
TFY4280	Signalanalyse (V)	3000
TFY4292	Kvanteoptikk (H)	3000
TFY4300	Energi- og miljøfysikk (H)	2000
TFY4305	Ikkelineær dynamikk (H)	3000
TFY4310	Molekylær biofysikk (H)	3000
TFY4315	Strålingsbiofysikk (V)	3000
TFY4320	Medisinsk fysikk (V)	3000
TFY4335	Bionanovitenskap (H)	2000
TFY4340	Mesoskopisk fysikk (V)	3000
TFY4345	Klassisk mekanikk (V)	3000

