

## 2.3 BACHELORPROGRAM I FYSIKK (BFY)

### Fakultet for naturvitenskap og teknologi Institutt for fysikk

#### 2.3.1 INNLEDNING

##### Faget fysikk

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 framover i løpet av forrige århundre, særlig gjennom utviklingen av kvanteteorien. Denne 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 kjerne- og elementærpartikkelfysikken studerer vi bl.a. atomkjernens indre struktur. 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 anvendelser osv.

Fysikeren er opptatt av å etablere de fundamentale naturlovene. Disse utformes på teoretisk og ofte matematisk avansert basis. Fysikeren utvikler modeller for de systemene eller fenomenene hun/han studerer, og tester deretter forutsigelser fra modellene i kritiske eksperimenter. Slike eksperimenter kan forkaste modellen, og tvinge fram 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.

##### Fysikk ved NTNU

Studieprogrammene i fysikk som beskrives i denne studiehåndboka hører inn under *Bachelor- og Masterstudiene i Real FAG. Real FAGutdanningen* inkluderer også et femårig *integrert masterstudium* som gir lærerutdanning i realfag (se kap. 1.12 og 3.14).

I tillegg har en ved NTNU *Sivilingeniørutdanningen* som leder fram til graden *Master i teknologi/Sivilingeniør*. Ved Studieprogrammet for fysikk og matematikk kan en her studere fysikk under studieretningene *Teknisk fysikk* og *Biofysikk og medisinsk teknologi*. Disse studiene er beskrevet i studiehåndboka for sivilingeniørstudiet.

Master i fysikk (realfag) og Master i teknologi med studieprogram i fysikk danner videre et grunnlag for doktorgradsstudier i fysikk, både ved

NTNU og ved andre læresteder (se kap. 1.4.5 for opplysninger om ph.d.-studier).

Både *Realfagutdanningen* og *Sivilingeniørutdanningen* i fysikk gis ved Institutt for fysikk, under Fakultet for naturvitenskap og teknologi. I kapitlene 2.3.4 og 3.6.4 finner du oversikter over fysikkemner som kan være aktuelle i et fysikkstudium. For mer detaljert informasjon om emner som tilbys ved Institutt for fysikk henviser vi til nettstedet <http://www.ntnu.no/fysikk/studier/emner>.

## 2.3.2 LÆRINGSMÅL FOR BACHELORSTUDIET

Bachelorutdanningen i fysikk gir studentene kunnskaper, ferdigheter og generell kompetanse som danner en relevant bakgrunn for et masterstudium i fysikk (se egen beskrivelse av masterstudiet i kapittel 3.6.) eller fysikkrelaterte studier. Bachelorgraden gir mulighet for jobber i privat og offentlig virksomhet der det er behov for en solid grunnutdanning i fysikk.

### Kunnskaper

Bachelorkandidaten har etter fullført utdanning

- Solide basiskunnskaper i klassisk og moderne fysikk – mekanikk og bølgeteori, elektrisitet og magnetisme, varmelære og kvantemekanikk med anvendelser
- Gode basiskunnskaper i matematikk og kunnskaper i andre valgte støtiefag som f.eks. datateknikk
- Videregående fysikk-kunnskaper på teoretiske og/eller eksperimentelle områder valgt ut fra interesse og ofte også med tanke på en senere spesialisering i et mastergradsstudium
- Kjennskap til eksperimentelle teknikker, erfaring med å gjennomføre og tolke eksperimenter, og erfaring med å vurdere feilkilder og usikkerhet
- Kjennskap til forskningen i faget, der «den naturvitenskapelige metoden» med hypotesetesting gjennom eksperimenter står sentralt

### Ferdigheter

Kandidaten

- Har erfaring med å analysere og løse fysiske problemer
- Behersker et utvalg av teoretiske og eksperimentelle metoder og analyseverktøy, inkludert bruk av numeriske metoder og simuleringer
- Kan kombinere innsikt fra flere fagfelt, spesielt i fysikk og matematikk
- Kan vurdere metoder og resultater kritisk
- Kan fornye og videreutvikle sin faglige kompetanse
- Kan formidle fagstoff og resultater
- Har trening i å samarbeide med andre

### Generell kompetanse

Kandidaten

- Forstår fysikkens rolle i samfunnet og har en viss bakgrunn for å 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 arbeide i prosjekter, både selvstendig og sammen med andre
- Har faglig bakgrunn for praktisk-pedagogisk utdanning
- Har bidratt vesentlig til å forme sin egen utdanning, via den utstrakte friheten til å velge emner i bachelorstudiet

### 2.3.3 YRKESMULIGHETER

Bachelorgrad i fysikk, supplert med en 2-årig mastergrad i fysikk (se kapittel 3.6) vil kvalifisere for mange forskjellige yrker innenfor industri, forskning, konsulentvirksomhet, offentlig forvaltning og undervisning (i det siste tilfellet supplert med ettårig praktisk-pedagogisk utdanning; se 2.3.5 nedenfor). 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.

### 2.3.4 OPPBYGNINGEN AV BACHELORSTUDIET

Som vist i tabellen nedenfor, er opplegget i det første studieåret nokså fastlagt, med hovedvekt på matematikk. De fem matematikkemnene som inngår her (eller tilsvarende kunnskaper) er nødvendig for en fysiker, og dette opplegget i begynnelsen av studiet er viktig for å kunne følge progresjonen i fysikkemnene. Matematikken er nemlig det viktigste redskapsfaget i fysikk – den er en nødvendig del av det "språket" som fysikken uttrykkes i. Bruk av matematiske metoder og tankegang er en integrert del av et fysikkstudium. Omvendt fører arbeid med fysiske problemstillinger ofte til konkretisering og økt innsikt i matematiske ligninger og begreper. Videre har vi i første semester emnet TDT4105 *Informasjonsteknologi, grunnkurs*. Dette emnet inneholder bl.a. en innføring i Matlab, et databasert matematikkverktøy som vil være nyttig i senere emner.

## Bachelorgrad i fysikk

År	Semester				
3	6 vår	Valgbare emner Perspektivemne EXPH0001			
	5 høst				
2	4 vår	FY1005 <i>Termisk fysikk</i>	FY1006 <i>Innføring i kvantefysikk</i>		
	3 høst	FY1002 <i>Bølgefysikk</i>			
1	2 vår	FY1003 <i>Elektrisitet og magnetisme</i>	MA1102 <i>Grunnkurs i analyse II</i>	MA1202 <i>Lineær algebra med anvendelser</i>	MA1103 <i>Flerdimensjonal analyse</i>
	1 høst	Ex.fac: FY1001 <i>Mekanisk fysikk</i>	MA1101 <i>Grunnkurs i analyse I</i>	MA1201 <i>Lineær algebra og geometri</i>	TDT4105 <i>Informasjonsteknologi, grunnkurs</i>
Emnestørrelse:		7,5 sp	7,5 sp	7,5 sp	7,5 sp

Som indikert i tabellen, står den enkelte student ganske fritt når det gjelder valg av opplegg for de to siste studieårene, riktignok med endel forbehold som vi nå skal gå nærmere inn på.

### Fellesemner

En bachelorgrad i fysikk skal inneholde tre såkalte fellesemner: Av disse tas Ex.fac., som er fysikkemnet FY1001 *Mekanisk fysikk*, i første semester. Når det gjelder valg av perspektivemne, viser vi til kap 1.8.2. Dette emnet tas normalt i 2. eller 3. studieår, når det passer best for den enkelte. Det samme gjelder EXPH0001 *Filosofi og vitenskapsteori*.

### Hovedprofil i fysikk

De obligatoriske fysikkemnene er – ved siden av FY1001 *Mekanisk fysikk* i 1. semester – FY1003 *Elektrisitet og magnetisme* i 2. semester, FY1002 *Bølgefysikk* i 3. semester samt FY1005 *Termisk fysikk* og FY1006 *Innføring i kvantefysikk* i 4.semester. Disse grunnleggende fysikkemnene på tilsammen 37,5 sp (eller tilsvarende kunnskaper) er en obligatorisk del av *hovedprofilen* eller *fordypningen* i fysikk (se kap 1.4.1). Denne utgjøres av en emneblokk på minimum 80 sp, og må da i tillegg inneholde seks emner à 7,5 sp. Minst to av disse skal velges blant emnene

TFY4185 *Måleteknikk* (H)(2000-nivå)  
 TFY4190 *Instrumentering* (V)(3000-nivå)  
 TFY4230 *Statistisk fysikk* (H)(2000-nivå)  
 FY2045 *Kvantemekanikk I* (H)

For studenter som tar sikte på en mastergrad med anvendelse av teoretiske metoder, vil vi sterkt anbefale at de to emnene FY2045 og TFY4230 er med i hovedprofilen, som vi da kan si får en teoretisk innretning.<sup>1</sup> For studenter som tar sikte på en mastergrad med anvendelse av eksperimentelle metoder, bør tilsvarende de to eksperimentalemnene TFY4185 og TFY4190 være med i hovedprofilen i bachelorstudiet. Men her anbefaler vi i tillegg de to teoriemnene FY2045 og TFY4230.

Ved å følge disse anbefalingene vil studentene kunne legge opp masterstudier med fornuftig progresjon. De resterende emnene i hovedprofilen velges ellers fritt blant emnene ovenfor samt emnene i følgende liste:

Emnekode	Emnetittel	(Semester)	Nivå
TEP4105	<i>Fluidmekanikk</i>	(H)	1000
FY2302	<i>Biofysikk I</i>	(H)	
FY2450	<i>Astrofysikk</i>	(V)	
FY2900	<i>Fysikk fagdidaktikk</i>	(H)	
TFY4240	<i>Elektromagnetisk teori</i>	(H)	2000
TFY4300	<i>Energi- og miljøfysikk</i>	(H)	2000
FY3006	<i>Målesensorer og transdusere</i>	(H)	
FY3201	<i>Atmosfærefysikk og klimaendringer</i>	(V)	
FY3402	<i>Subatomær fysikk</i>	(V)	
TFY4195	<i>Optikk</i>	(V)	3000
TFY4205	<i>Kvantemekanikk II</i>	(H)	3000
TFY4220	<i>Faste stoffers fysikk</i>	(V)	3000
TFY4345	<i>Klassisk mekanikk</i>	(V)	3000
TFY4280	<i>Signalanalyse</i>	(V)	3000
TTT4234	<i>Romteknologi I</i>	(H)	3000

Også andre emner kan være aktuelle som del av hovedprofilen, etter godkjenning av Institutt for fysikk. (Eksempler er TMT4110 *Kjemi* (V)/TMT4115 *Kjemi* (H), MA2501 *Numeriske metoder* (V), eventuelt TDT4102 *Prosedyre- og objektorientert programmering* (V).)

### Valgfrie emner

Ut over de føringene som er nevnt ovenfor, står en i prinsippet fritt med hensyn til hvilke emner som velges for å oppnå en bachelorgrad, med tilsammen 180 sp.

1. For studenter som tar sikte på en mastergrad med teoretisk innretning, kan det også være en mulighet å ta emnet TFY4205 *Kvantemekanikk II* samtidig med FY2045 i 5. semester. Emnet TFY4205 tas ellers normalt i 7. semester, dvs. under masterstudiet.

Alt i tredje semester er det plass til tre valgbare emner. Her vil vi sterkt anbefale at en tar matematikkemnet TMA4120 *Matematikk 4K* (H), som er svært relevant for de videre fysikkstudiene. Andre aktuelle emner i tredje semester er TEP4105 *Fluidmekanikk* (H), TMA4240 *Statistikk* (H), EXPH0001 *Filosofi og vitenskapsteori* og Perspektivemnet.

Noen studenter vil ønske å inkludere en årsenhet med matematikk (60 sp) i bachelorstudiet. (Se kapittel 2.3.5 nedenfor om lærerutdanning.) Aktuelle emner, i tillegg til de seks matematikkemnene som er nevnt hittil, er da bl.a. TMA4145 *Lineære metoder* (H), TMA4195 *Matematisk modellering* (H) og MA2501 *Numeriske metoder* (V). I en slik årsenhet vil vi også anbefale at en tar med et kurs i sannsynlighetsregning og statistikk, som er svært relevant for en fysiker. Her kan en velge TMA4240 *Statistikk* (H) eller TMA4245 *Statistikk* (V). Et alternativ er de to emnene ST1101 *Sannsynlighetsregning* (V) og ST1201 *Statistiske metoder* (H).

Det anbefales videre at en skaffer seg gode kunnskaper i IKT, både av hensyn til de videre studiene og til en framtidig arbeidssituasjon. (Ovenfor har vi, i tillegg til TDT4105 (H), nevnt emnet TDT4102 (V).)

For studenter som tar sikte på en mastergrad med biofysisk innretning, kan det også være aktuelt å skaffe seg basiskunnskaper i kjemi, f.eks. via emnet TMT4110 *Kjemi* (V)/TMT4115 *Kjemi* (H). Et videregående emne i kjemi som også kan være aktuelt er TBT4102 *Biokjemi 1* (H).

Innslaget av valgfrie emner i bachelorgraden gir den enkelte student ganske stor frihet til å komponere et studium ut fra egne ønsker og interesser, noe mange ser som en stor fordel med dette studiet. Men denne friheten representerer også en utfordring når det gjelder å foreta fornuftige valg. Dette er særlig viktig for studenter som tar sikte på en mastergrad i fysikk. Vi vil anbefale at den enkelte student på et tidlig tidspunkt (f.eks. ved slutten av tredje semester) gjør seg opp en mening om hvilken retning eller spesialisering hun/han vil velge innenfor masterstudiet (se beskrivelsen av disse spesialiseringene i kap 3.6) og drøfter sine planer med ansatte ved instituttet, eventuelt rådfører seg med instituttets studieveileder. På basis av denne veiledningen kan studenten bruke valgfriheten til å sette sammen bachelorstudiet slik at det gir et best mulig utgangspunkt for det planlagte masterstudiet.

### **Eksempler**

I tabellene som følger gis eksempler på hvordan en kan legge opp bachelorstudiet, med henholdsvis en teoretisk og en eksperimentell hovedprofil.

## Teoretisk hovedprofil

År	Semester				
3	6 vår	FY3402	Aktuelle emner: FY2450, TFY4345, TFY4220, TFY4195, TDT4102, EXPH0001		
	5 høst	FY2045	TFY4230	TFY4240	Aktuelle emner: TMA4145, TMA4195, EXPH0001
2	4 vår	FY1005	FY1006	Aktuelle emner: FY2450, TFY4345, TMA4245, TDT4102, EXPH0001	
	3 høst	FY1002	TMA4120	Aktuelle emner: EXPH0001, TEP4105, TMA4240, perspektivemne <sup>a</sup>	
1	2 vår	FY1003	MA1102	MA1202	MA1103
	1 høst	FY1001	MA1101	MA1201	TDT4105
Emne- størrelse:		7,5 sp	7,5 sp	7,5 sp	7,5 sp

- a. Perspektivemnet kan tas i 3., 4., 5. eller 6. semester, når det passer best for den enkelte student, og avhengig av om det gis høst eller vår.

## Eksperimentell hovedprofil

År	Semester				
3	6 vår	TFY4190	Aktuelle emner: TFY4220, TFY4195, FY2450, FY3201, TFY4280, TDT4102, EXPH0001		
	5 høst	TFY4185 <sup>a</sup>	Aktuelle emner: FY2045, TFY4230, FY2302, FY3006, TTT4234, TFY4240, TFY4300, EXPH0001		
2	4 vår	FY1005	FY1006	Aktuelle emner: FY2450, TMT4110, TDT4102, TMA4245, EXPH0001	
	3 høst	FY1002	TMA4120	Aktuelle emner: EXPH0001, TEP4105, TMA4240, perspektivemne <sup>b</sup>	
1	2 vår	FY1003	MA1102	MA1202	MA1103
	1 høst	FY1001	MA1101	MA1201	TDT4105
Emne-størrelse:		7,5 sp	7,5 sp	7,5 sp	7,5 sp

- a. De to eksperimentalemnene TFY4185 (H) og TFY4190 (V) kan også tas i 2. årskurs.
- b. Perspektivemnet kan tas i 3., 4., 5. eller 6. semester, når det passer best for den enkelte student, og avhengig av om det gis høst eller vår.

### 2.3.5 LÆRERUTDANNING

Ved NTNU finnes det flere veier fram til en utdanning som kan legge grunnlaget for utøvelse av læreryrket. I alle tilfellene kombineres et faglig studium med en ett-årig praktisk-pedagogisk utdanning (PPU). Den faglige biten av utdanningen må i utgangspunktet inneholde to "skolefag", dvs studier av 60 sp omfang i hvert av to fag som undervises i skolen, f.eks 60 sp fysikk og 60 sp matematikk. Lærerutdanningen kan bygges opp som en bachelorgrad etterfulgt av PPU, en bachelor- og mastergrad etterfulgt av PPU eller den femårige, integrerte realfaglærerutdanningen hvor PPU er innebygget og som leder fram til en mastergrad. Den siste varianten omtales ofte som LUR (lektorutdanning i realfag), se kap. 1.12, 3.14 og 6.

#### **Anbefalte emner for undervisning i skolen**

##### *Fysikk studieretningsfag, videregående skole*

En hovedprofil i fysikk gir et godt utgangspunkt for undervisning på linjefaget i videregående skole. Med de sju emnene i matematikk og statistikk som er nevnt ovenfor, vil grunnlaget for å undervise i linjefaget matematikk nesten være oppfylt (det kreves tilsammen 60 sp).



For studenter som velger en hovedprofil f.eks. i matematikk og samtidig ønsker å oppnå grunnlag for å undervise i fysikk, vil vi anbefale en fordypning på 60 sp, med emnene FY1001, FY1002, FY1003, FY1005 og FY1006, sammen med tre av emnene FY2045/TFY4300/FY2302/FY2450/TFY4185/TFY4230.

#### *Naturfag, ungdomstrinnet og videregående skole*

Et minimum er emnene FY1001, FY1003 og FY1002, samt ett av emnene FY1005 og FY1006. Instituttet vil imidlertid anbefale at en forsøker å finne plass til så mange som mulig av emnene nevnt i foregående avsnitt. En må også ha emner i biologi og kjemi.

### 2.3.6 KONTAKTINFO OM BACHELORPROGRAMMET

For informasjon om bachelorprogrammet og studieveiledning, send en e-post til [snorre.hansen@ntnu.no](mailto:snorre.hansen@ntnu.no).

### 2.3.7 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.

### 2.3.8 PESPEKTIVEMNE

Perspektivemnet skal representere en annen studiekultur enn det studieprogrammet studenten tilhører. Oversikt over emnene som tilbys som perspektivemner finnes i studiehandbokas kap. 1.8.2. Perspektivemnet tas normalt i 2. eller 3. studieår. Blant emnene i oversikten i kap. 1.8.2 anbefaler Institutt fysikk at studentene velger blant følgende høst-emner:

MFEL3010 Medisin for real-og teknologistudenter  
 FI5205 Corporate Responsibility and Ethics  
 SPRÅK3501 Vitenskapelig kommunikasjon for ingeniører  
 TIØ4120 Operasjonsanalyse, grunnkurs  
 TIØ4258 Teknologiledelse  
 TIØ4300 Miljøkunnskap, økosystemer og bærekraft  
 TIØ4216 Forretningsjus  
 TVM4162 Industriell økologi (undervises også om våren)  
 Studentene kan søke om å få godkjent andre emner.

### 2.3.9 MASTERSTUDIER

Etter endt bachelorstudium kan en søke opptak til toårige masterstudier. En oversikt over masterstudiet i fysikk og relaterte områder finnes i studiehandbokas kap. 3. For å bli tatt opp til masterstudiet i fysikk må en ha kompetanse som gir en bachelorgrad i realfag med fordypning i fysikk.

Med en bachelorgrad i fysikk er det også mulig å søke om opptak til visse andre masterprogram ved NTNU. Et eksempel er det toårige masterstudiet i nevrovitenskap som gis av Institutt for nevromedisin ved Det medisinske fakultet. Et annet eksempel er det toårige masterstudiet i HMS som gis av Institutt for industriell økonomi og teknologiledelse ved Fakultet for samfunnsvitenskap og teknologiledelse. Kandidater som vurderer å søke opptak til masterstudiet i HMS bør ta emnet TIØ4258 *Teknologiledelse* som perspektivemne i løpet av bachelorstudiet. Andre anbefalte emner er TMT4110 *Kjemi* (V), TFY4185 *Måleteknikk* (H) og FY2045 *Kvantemekanikk I* (H). Sistnevnte emne er nødvendig for å ta TFY4225 *Kjerne- og strålingsfysikk*, som er obligatorisk i det toårige masterstudiet i HMS. (Opplysninger om de formelle sider ved masterstudiene finnes i kap. 1.5, 8.1 og 8.2)

### 2.3.10 UTVEKSLINGSORDNING

I 5. og/eller 6. semester kan man ha et utenlandsopphold, eventuelt et opphold ved Universitetscenteret på Svalbard (UNIS, [www.unis.no](http://www.unis.no)). Men vi anbefaler at utreisen fortrinnsvis skjer i løpet av masterstudiet. For nærmere opplysninger om slike muligheter, ta kontakt med instituttets studieveileder. For å få forhåndsgodkjenning må utenlandsoppholdet kunne innpasses i bachelorgraden innen en ramme på 180 sp (se kap. 1.4.5).