

Forslag til endringer for bachelor i Fysikk og astronomi og forslag om opprettelse av nye emner i kvanteteknologi

Forslag om å legge til en studieretning «Kvanteteknologi» i FA-programmet

Hvorfor velge denne studieretningen – forslag til tekst på studieretningen

**

Kort om studieretningen

Fra kvantedatamaskiner til avbildning på atomnivå og sikker kommunikasjon: Kvanteteknologi kommer til å revolusjonere hvordan vi tenker på datamaskiner, sensorer og digital kommunikasjon - og mye mer! Hos oss lærer du blant annet hvordan kvantefysikken beskriver grunnleggende prinsipper i naturen, hvordan unike egenskaper ved materialer kan utnyttes til å lage byggesteiner for kvanteteknologi, og hvordan kvantedatamaskiner kan brukes til å løse nye og komplekse problemer.

Hvorfor velge denne studieretningen

Studieretningen i kvanteteknologi retter seg mot studenter som er interessert i de grunnleggende prinsippene i naturen, kvantefysikken, og hvordan disse kan brukes til forståelse av verden rundt oss og ny teknologi.

Hva er kvanteteknologi?

Den første kvanterevolusjonen viste oss at naturens minste byggesteiner må beskrives med kvantefysikkens lover i stedet for klassisk fysikk, og gav oss komponenter som transistorer, minne, solceller og lysemitterende dioder. Nå står vi midt i den andre kvanterevolusjonen, der vi kan manipulere isolerte kvantesystemer direkte. Dette gjør det mulig å lage helt ny teknologi for sensorer, kommunikasjon og beregninger.

I dette feltet utnytter vi de mest eksotiske egenskapene ved kvantefysikken og materialer som byggesteiner for ny teknologi. Du vil dermed lære hvordan kvanteteknologi kan utnyttes til å lage kvantedatamaskiner og sensorer, samt i kryptering og kommunikasjon, og hvordan kvanteberegninger kan brukes til å løse nye problemer.

Hva lærer du?

Ved å velge denne retningen vil du få en grundig innføring i kvantefysikk i tillegg til de grunnleggende konseptene som en vanlig studieretning i fysikk vil gi. Du vil få:

- En bred oversikt over de tre hovedretningene innen kvanteteknologi: kvantesensorer, kvantekommunikasjon og kryptering, og kvanteberegninger.
- Kjennskap til teoretiske metoder rettet mot kvantealgoritmer og kvantedatamaskiner.
- Erfaring med eksperimentelle metoder i kvanteteknologi.
- En innføring i hvordan avanserte materialer kan designes for bruk i kvanteteknologien.

Du vil få erfaring med, blant annet, å implementere algoritmer på kvantedatamaskiner, bruke avansert instrumentering, og nanofabrikasjon på et renrom. Du vil også få muligheten til å velge videre fordypning i beregningsorientert fysikk og maskinlæring, teoretisk fysikk eller en mer eksperimentell retning.

Hva blir du?

Studiet er det eneste bachelorprogrammet i landet som tilbyr en innføring innen kvanteteknologi. Det gir deg et godt grunnlag for å jobbe med kvantefysikk i seg selv og for å bruke kvantefysikk som basis for kvanteteknologi. Vi anbefaler å følge opp bachelorstudiet med et relatert masterprogram, ettersom det gir deg de mest interessante arbeidsmulighetene.

Du vil kunne arbeide med kvantefysikk og kvanteteknologi fra både et teoretisk og praktisk perspektiv, og få muligheten til å fordype deg videre langs eksperimentelle, numeriske eller teoretiske retninger. Med en bachelor innen fysikk og kvanteteknologi er du kvalifisert for en rekke mastergradsprogram, og er relevant for et bredt spekter av jobber innen forskning og utvikling, eller mer analytiske stillinger innen næringsliv, IT, konsulentbransjen og finans.

**

[Oppbygging og gjennomføring – forslag til tekst på studieretningen](#)

**

Bachelorprogrammet i fysikk og astronomi er et fulltidsstudium over tre år som gir 180 studiepoeng. Programmet har følgende oppbygging:

- Obligatoriske fellesemner, 100 studiepoeng
- Obligatoriske fordypningsemner, 40–60 studiepoeng
- Utviklingssemester/frie emner, 20–40 studiepoeng

Studieløp

Semester	Kurs 1	Kurs 2	Kurs 3
6	Utviklingssemester/ fritt emne/ EXPHIL03 – Examen philosophicum	FYS3415/FYS4415 – Kvante datamaskiner og kvanteinformasjon	Utviklingssemester/ fritt emne
5	FYS2160 – Termodynamikk og statistisk fysikk	FYS3110 – Kvantemekanikk	Utviklingssemester/ fritt emne/ EXPHIL03 – Examen philosophicum
4	FYS3405/FYS4405 – Kondenserte fasers fysikk og kvantematerialer	FYS2140 – Kvantefysikk	FYS2150 – Eksperimentalfysikk
3	FYS1120 – Elektromagnetisme	FYS1400 – Introduksjon til kvanteteknologier	MAT1120 – Lineær algebra
2	STK-FYS1110 – Sannsynlighetsregning, modellering og dataanalyse for de fysiske fagene	FYS1105 – Klassisk mekanikk	MAT1110 – Kalkulus og lineær algebra

1	IN1900 – Introduksjon i programmering for naturvitenskapelige anvendelser	FYS1100 – Mekanikk og modellering	MAT1100 – Kalkulus
---	---	-----------------------------------	--------------------

Kommentar:

I denne studieretningen vil FYS2130 være et valgfritt emne. Den delen av bølgefysikk og optikk som er mest relevant for kvanteteknologi vil inkluderes i FYS1400 og FYS3405. Viktige matematiske metoder som er nødvendige for videre studier i fysikk og kvanteteknologi (her tenker vi særlig på Fouriertransform) vil dekkes i form av spesialiserte forelesninger for studenter som ikke har hatt FYS2130 i forbindelse med FYS2140.

Obligatoriske fordypningsemner

- FYS1105 – Klassisk mekanikk
- FYS1400 – Introduksjon til kvanteteknologi
- FYS2140 Kvantefysikk
- FYS2150 – Eksperimentalfysikk
- FYS3110 – Kvantemekanikk
- FYS3405/FYS4405 – Kondenserte fasers fysikk og kvantematerialer
- FYS3415/FYS4415 – Kvantedatamaskiner og kvanteinformasjon

Utviklingssemester / frie emner

I denne studieretningen er det tilrettelagt for et utviklingssemester i 5. eller 6 semester. Ønsker du å reise på utveksling til utlandet, kan du gjøre dette i 5. eller 6. semester dersom du planlegger å søke deg videre inn på et masterprogram. Hvis du reiser på utveksling må du sørge for å ta emner som tilsvarer de obligatoriske emnene i studieretningen (FYS2160 og FYS3110) i utlandet. Dette er for å unngå forsinkelser i studieløpet ditt.

For frie emner anbefaler vi at du velger emner for å bygge bredde, eller dybde, etter eget ønske. Du kan velge fordypning i en bestemt retning i fysikk, du kan bygge bredere metodemessig grunnlag gjennom emner i matematikk, informatikk eller statistikk, eller du kan bygge en bredere tverrfaglig basis ved å velge emner fra for eksempel kjemi, geofag eller biologi.

Anbefalte emner for faglig dybde:

Teoretisk/numerisk retning:

- FYS3150 – Computational Physics
- En av disse:
 - FYS-STK3155 – Anvendt dataanalyse og maskinlæring
 - IN3050 – Introduksjon til kunstig intelligens og maskinlæring

- STK2100 – Maskinlæring og statistiske metoder for prediksjon og klassifikasjon
- FYS3140 – Matematiske metoder i fysikk
- FYS3120 – Klassisk mekanikk og elektrodynamikk
- MAT3420 – Kvanteberegning

Ekperimentell retning:

- FYS3280 – Halvlederkomponenter
- TEK3010 – Optikk og lys
- FYS1210 – Elektronikk med prosjektoppgaver
- FYS3231 – Sensorer og måleteknikk

Andre relevante emner:

- IN1910 – Programmering for naturvitenskapelige anvendelser
- STK1100 – Sannsynlighetsregning og statistisk modellering
- STK1110 – Statistiske metoder og dataanalyse

Fordypning:

Du har muligheten til å fordype deg videre langs teoretisk, numerisk eller eksperimentell retning gjennom to frie emner. Dersom du ønsker et mer teoretisk og beregningsorientert fokus, så anbefaler vi å velge to av de mer teoretiske emnene (se over for “Teoretisk/Numerisk retning”). Dersom du ønsker en mer eksperimentell eller materialfokuseret retning, så kan du velge to emner med et mer eksperimentelt fokus (se over for “Eksperimentell retning”).

Anbefalinger for utvalgte masterløp

Ofte velges emner på grunnlag av hvilken retning du eventuelt ønsker på et masterprogram. Under ser du forslag til emner du kan velge for å være mer forberedt til en master i noen utvalgte retninger. Husk å se på det enkelte masterprogrammet etter hva som kreves og hva som er anbefalt.

- **Master i Fysikk – Materialer, nanofysikk og kvanteteknologi**
 - Anbefalte emner for å velge denne retningen:
 - FYS3280
- **Master i Fysikk – Teoretisk fysikk**
 - Anbefalte emner for å velge denne retningen:
 - FYS3120
 - FYS3140
- **Master i Computational Science**
 - Anbefalte emner for å velge denne retningen:
 - FYS3150
 - FYS-STK3155

- **Master i Elektronikk, informatikk og teknologi – Mikroelektronikk og sensorteknologi**
 - Anbefalte emner for å velge denne retningen:
 - FYS1210
 - FYS3231

Forslag til opprettelse av nye emner i den nye studieretningen

FYS1400 – Introduksjon til kvanteteknologier

Oppstart Høst 2024

Kort om emnet:

I dette emnet får du en innføring i hvordan kvantefysikken kan brukes i praktiske anvendelser gjennom ulike kvanteteknologier. Du vil få en oversikt over grunnleggende konsepter i kvantefysikken, og om hvordan ulike materialplattformer kan brukes til f.eks. å danne en kvantebit. Forskjellen mellom en kvantebit og klassisk teknologi vil bli beskrevet, og hvordan en kvantebit kan lages med avansert nanofabrikasjon og materialteknologi. Med disse elementene forstår vi hvordan kvantebits legger grunnlaget for kvantesensorer, kvantekryptering og kvanteinformasjonsteknologi, og brukes for å lage kvantebaserte logiske kretser og kvantedatamaskiner samt for å utføre avanserte beregninger.

FYS3405/FYS4405 – Kondenserte fasers fysikk og kvantematerialer

Oppstart Vår 2026

Kort om emnet:

Emnet gir deg en bred innføring i kondenserte fasers fysikk, og kunnskap om hvordan materialer kan bli brukt til kvanteteknologi. Du lærer om hvordan materialer er bygd opp gjennom deres krystallstruktur og hvordan dette danner grunnlag for ulike elektronstrukturer og gittervibrasjoner, der egenskapene til materialer avhenger av den mikroskopiske strukturen. Deretter brukes denne kunnskapen til å se nærmere på hvordan blant annet metaller og halvledere kan bli brukt for å lage kvanteteknologiske komponenter. Viktige konsepter i kvanteteknologi som «trapped ion» og manipulasjon av lys vil også bli diskutert.

FYS3415/FYS4415 – Kvantedatamaskiner og kvanteinformasjon

Oppstart Vår 2025

Kvanteberegninger representerer skjæringspunktet mellom informasjonsteknologi, matematikk og kvantefysikk, og benytter fenomener innen kvantemekanikk til å utføre beregninger som klassiske datamaskiner ikke kan utføre, fra krypteringsproblemer til kompliserte kvantemekaniske mangelegemeproblemer.

I dette emnet får du presentert hvordan algoritmer innen kvantecomputing kan bli brukt til å studere kvantemekaniske systemer. Du vil utforske sentrale begreper innen kvantecomputing, slik som

superposisjon, målinger, interferens og sammenfiltrering, samt å sette opp kvanteporter og konstruere kvantekretser for deretter å foreta beregninger på vanlige datamaskiner og kvantedatamaskiner.