

Bachelorprojekt på Fysik

Peter Balling og Hans Kjeldsen

Uddannelsesudvalget på Institut for Fysik og Astronomi, Aarhus Universitet

Juni 2019

Indholdsfortegnelse:

Udførelse af bachelorprojekt på fysik	2
1. Introduktion.....	2
2. Formalia: Uddrag af studieordningen for bachelorprojektet.....	2
3. Overordnet formål.....	2
4. Valg af vejleder	3
5. Udarbejdelse af tidsplan.....	3
6. Aftaler om vejledning	3
7. Arbejdet og skrivefasen	4
Guide til rapportskrivning.....	5
1. Indledning	5
2. Sprog.....	5
3. Tekstbehandlingsprogram og typografi	5
4. Rapportens indhold	6
5. Figurer.....	8
6. Statistik og usikkerheder (for eksperimentelt arbejde)	8
7. Kvalitetskontrol.....	8
Referencer	9

Udførelse af bachelorprojekt på fysik

1. Introduktion

For at opnå en bachelorgrad kræves det blandt andet, at den studerende udfører et bachelorprojekt, som er normeret til en arbejdsbelastning svarende til 10 ECTS (1/6 årsværk) eller 15 ECTS (1/4 årsværk). I praksis bør projektet derfor have et omfang svarende til omkring 275 timers effektivt arbejde (inklusive forberedelse og rapportskrivning) for 10 ECTS og godt 400 timer for 15 ECTS. Bachelorprojektarbejdet er typisk fordelt over et halvt år og svarer således til 1/3 af den tid, man påregnes at bruge på et fuldtidsstudium.

Bachelorprojektet afsluttes med udarbejdelse af en bachelorprojektrapport. Rapporten danner grundlaget for bedømmelsen af projektet. Ved bedømmelsen medvirker ekstern censor, og der gives karakter efter 7-trinsskalaen. Projektrapporten skal afleveres senest 15/6 for projekter placeret i forårssemestret og senest 15/1 for projekter placeret i efterårssemestret.

Tilmelding til bachelorprojektet foregår præcis som til andre kurser. Lige som andre kurser har bachelorprojektet en side på BlackBoard, som du skal checke jævnligt. Der kan fx forventes at blive indkaldt emne for projektet, vejleder og til slut også titel (husk: du skal kigge i din post.au.dk-mailbox ofte). Bachelorrapporten afleveres digitalt via <https://eksamen.au.dk/>.

Nedenfor gives en række praktiske og formelle guidelines for såvel projektarbejdet som udarbejdelsen af bachelorprojektrapporten.

2. Formalia: Uddrag af studieordningen for bachelorprojektet

For bachelorprojektet gælder, at det udarbejdes som et individuelt projekt, der afsluttes med en skriftlig rapport. Den studerende skal, når projektet er afsluttet, kunne:

- Formulere en faglig problemstilling baseret på relevant litteratur
- Gennemføre en skriftlig opgave under anvendelse af fagets metoder
- Anvende fagets teori og metoder på en faglig problemstilling
- Analysere en faglig problemstilling under anvendelse af relevant litteratur
- Diskutere og perspektivere en faglig problemstilling

Bachelorprojektet skal indeholde et resumé på engelsk. Resuméet indgår i den samlede bedømmelse af den studerendes formuleringsevne i forbindelse med projektet. For yderligere information henvises til gældende studieordning [1] og kursusbeskrivelsen for bachelorprojekter [2].

3. Overordnet formål

Som det fremgår af studieordningen, er målet med bachelorprojektet, at den studerende skal gennemføre et stykke selvstændigt fagligt arbejde, som inkluderer centrale faser af forskningsarbejde inklusiv brug af analysemetoder, teori, anvendelse af faglitteratur og skriftlig formulering og perspektivering af den relevante faglige problemstilling. Det er klart, at det ikke er muligt at gennemføre et stort forskningsprojekt inden for rammerne af et bachelorprojekt, men omvendt er bachelorprojektet et fagligt projekt, hvor den studerende arbejder selvstændigt inden for et afgrænset forskningsområde.

4. Valg af vejleder

Når den studerende skal vælge bachelorprojekt, foregår det gennem henvendelse til en adjunkt, professor eller lektor på instituttet. Det er almindeligt at forhøre sig hos forskellige forskere om mulige projekter, inden det endelige valg finder sted. Det kan være en god ide at søge inspiration i Bachelorprojektkataloget (holdes ikke opdateret) som findes på IFAs hjemmeside [3]:

I forbindelse med den første samtale omkring muligheden for et bachelorprojekt, vil det være oplagt at diskutere følgende:

- Hvilke overordnede projekter kan den pågældende forsker tilbyde i relation til et 10 ECTS eller 15 ECTS bachelorprojekt? Og med hvilke forventede aktiviteter?
- Er projektet afgrænset med en veldefineret problemstilling og en overordnet ramme som såvel omfangsmæssigt som tidsmæssigt passer til den studerendes studieprogram?
- På hvilke områder har den studerende sine stærkeste kompetencer og interesser? Hvordan skal projektet opbygges i relation til mængden af
 - teoretisk arbejde, modeller, analyse af modeller
 - eksperimenter/observation og analyse af data (evt. egne målinger)
 - analyse af eksisterende litteratur, evt. et projekt som primært bygger på publicerede resultater og perspektivering gennem en diskussion af den relevante faglitteratur.

5. Udarbejdelse af tidsplan

Efter valget af projekt bør vejlederen i samarbejde med den studerende udarbejde en overordnet problemformulering og en tidsplan for hele forløbet. Det kan være fornuftigt at beskrive en række "milestones" for løbende at kunne evaluere projektet. Typiske "milestones" kunne være:

- Eksperimentelt/observationelt arbejde påbegyndes/afsluttes.
- Litteratursøgning påbegyndes/afsluttes.
- Analyse af data påbegyndes/afsluttes.
- Teoretiske modeller opstilles; beregninger foretages.
- Sammenligning af teoretiske og eksperimentelle resultater.
- Skrivearbejdet påbegyndes.
- Første version af rapporten er færdig.

Det er vigtigt at være opmærksom på, at projektrapporten udgør det eneste produkt af projektet, som censor reelt ser, og derfor skal skrivefasen prioriteres højt, og det gennemførte arbejde dokumenteres og diskuteres i rapporten. Det skal således klart fremgå, hvad der er studentens eget arbejde hhv. hvor andres arbejde refereres. Analyse og diskussion af de opnåede resultater vil typisk være den del af projektet, hvor den studerende har mindst erfaring, og hvor der kan være stor usikkerhed om, hvad opgaven er, og hvad arbejdet præcist består i.

6. Aftaler om vejledning

Det er vigtigt at aftale, hvordan vejledningen skal finde sted. Typisk vil regelmæssige vejledningsmøder (f.eks. et møde hver uge) være en god måde at holde gang i projektet og sikre, at det ikke går i stå. Aftal

også, om vejledningen primært skal finde sted gennem møder, eller om e-mails foretrækkes til opklarende spørgsmål og lignende. Vejledningen kan variere afhængigt af, hvilken fase af projektet man befinder sig i.

Det skal pointeres, at vejledning i skriveprocessen er en del af vejlederens opgave. Dette er den første større opgave for den studerende, så det er vigtigt at kunne diskutere dennes udformning med vejlederen. Forløbet af denne del af vejledningen kan variere, men vil typisk indbefatte følgende tre elementer:

- Vejlederen kommenterer den studerendes disposition, eksempelvis i form af et udkast til indholdsfortegnelse.
- Vejlederen gennemlæser et uddrag af rapporten (fx 5 sider) på et forholdsvist tidligt tidspunkt i processen så eventuelle generelle sproglige eller opbygningsmæssige fejl identificeres.
- Den studerende og vejlederen diskuterer de centrale afsnit af rapporten (analyse og diskussion). Det handler primært om at kommentere på argumentationens struktur og validitet.

Bemærk, at vejlederen naturligvis ikke retter rapporten igennem inden denne afleveres; dette umuliggør jo evalueringsprocessen.

7. Arbejdet og skrivefasen

Et typisk bachelorprojekt følger de faser, der blev skitseret under punkt 5. Det er vigtigt at arbejde målrettet og holde øje med, om "milestones" overholdes, og om arbejdet skrider frem. Man kan ikke nå alt til sidst! Notér løbende de opnåede resultater. Det kan være vanskeligt at huske detaljer, som ikke er noteret ned, hvis skrivearbejdet finder sted måneder senere. Skriv gerne mindre afsnit eller et enkelt kapitel tidligt i fasen, og husk det er bestemt ikke nødvendigt at starte skrivearbejdet med at formulere indledningen til den færdige rapport. Kapitlet om eksperimentalt arbejde kan f.eks. skrives ved afslutning af laboratoriearbejdet. Lav planer og sæt dig mål og delmål for arbejdet.

I relation til ovenstående er det vigtigt at huske, at det tager tid at skrive godt. I rapporten skal den studerende formidle det, der er arbejdet med under projektet med fokus på konklusioner, der kan uddrages og sammenholdes med faglitteraturen. Anvend illustrationer og tabeller og skriv i et klart og tydeligt sprog og hav fokus på metoder og resultater. Tydeliggør det selvstændige bidrag og referér konsekvent til litteraturen. Postulater og resultater, som ikke har en reference, må antages at være opnået gennem projektarbejdet. Undgå talesprog.

En rapport må ikke overskride 30 reelle fysiske sider fraregnet forside, resumé, indholdsfortegnelse og litteraturliste (gældende både for 10 ECTS og 15 ECTS). Det er centralt at huske på dette igennem hele skrivefasen. Der er ikke plads til en lang og omfangsrig indledning med al teori diskuteret i detalje. Projektrapporten er ikke en grundbog i emnet. Brug f.eks. henvisninger til steder, hvor teorien allerede er diskuteret, og fremhæv kun de centrale ligninger og teorier. Niveauet i opgaven skal være sådan, at en af dine medstuderende uden forhåndskendskab til emnet kan forstå den.

Yderligere vejledning til udarbejdelsen af rapporten kan findes i vedlagte "Guide til rapportskrivning"

Guide til rapportskrivning

1. Indledning

Denne guide skal hjælpe dig med skriveprocessen for en (bachelor-) rapport. Der advares dog allerede nu imod at benytte dette som en skabelon, der følges slavisk. Den konkrete opbygning af rapporten er *dit* valg, og der er ikke kun én rigtig løsning. Håbet er med denne guide at kunne hjælpe dig med at foretage dette valg på en kvalificeret måde og samtidig undgå, at du laver de ”klassiske” fejl.

2. Sprog

Din sproglige formuleringsevne indgår i bedømmelsen af opgaven. Du må skrive på dansk eller engelsk, og der er fordele og ulemper ved begge dele; snak med din vejleder om dette. Da sproget som sagt indgår i bedømmelsen, skal du kun skrive på engelsk, hvis du mener at kunne gøre det korrekt og uden at din formuleringsevne bliver kraftigt hæmmet af dette. Hvis du skriver på dansk, skal du undgå at benytte anglicismer. Vi har mange gode danske ord – brug dem i stedet. Andre klassiske fejl er at undlade at sammenskrive ord, som på dansk er ét ord men på engelsk opdelt i to ord. Opgaven skal indeholde et engelsk resumé. Det vil være naturligt også at inkludere et resumé på dansk, især hvis opgaven er skrevet på engelsk.

Niveauet i opgaven skal være sådan, at én af dine medstuderende uden forhåndskendskab til emnet kan forstå den. Det er helt i orden at antage kendskab til den teori, du har fået præsenteret i kurser, du har afsluttet. Sproget bør være videnskabeligt og præcist. Undgå slang og talesprog.

Det kan være en god idé at få en anden til at læse opgaven igennem, når den nærmer sig sin afslutning; det er let at overse egne fejl. Hvis du mener, at du har ekstraordinære problemer med at skrive (eksempelvis ordblindhed), er det vigtigt at gøre din vejleder opmærksom på dette tidligt i processen, da han eller hun så vil kunne justere projektets omfang, således at der bliver god tid til skriveprocessen. Der er også mulighed for at kontakte bl.a. universitetets rådgivnings- og støtteenhed [4].

3. Tekstbehandlingsprogram og typografi

Der er ingen krav til, hvilket tekstbehandlingsprogram, du bruger. Det letteste er helt klart at benytte et, du kender i forvejen. LaTeX (eller afarter heraf) er gode til at håndtere større rapporter med mange referencer og formler, men kender du ikke programmet, skal du beregne ekstra tid til at sætte dig ind i, hvordan det bruges. Husk at bruge stavekontrol til at fange (nogle af) dine slåfejl.

Det anbefales at bruge en enkel typografi i rapporten. Skrifttypen og størrelse skal vælges, så teksten er let læselig (eksempelvis størrelse 11 eller 12 på A4 papir). Det anbefales at skrive teksten hen over hele sider i stedet for at bruge to spalter. Skriftstørrelse, linjeafstand og marginer skal vælges således, at en side, der kun indeholder tekst, maksimalt består af 2400 tegn inklusiv mellemrum. En rapport må ikke overskride 30 sider fraregnet forside, resumé, indholdsfortegnelse og litteraturliste. Eventuelle bilag, der overskrider 30 sider, kan ikke forventes inkluderet i bedømmelsen – dog efter aftale med vejlederen.

4. Rapportens indhold

Som sagt er der stor frihed i opbygningen, så følgende liste skal udelukkende tages som vejledende.

4.1 *Forside*

Anfør titel, dit navn og årskortnummer, navn på vejleder, institut, Aarhus Universitet og dato. Indsæt evt. en god figur fra rapporten eller et passende logo.

4.2 *Indholdsfortegnelse*

Kan med fordel genereres automatisk; i LaTeX er dette oplagt – i Word er dette lettest, hvis man bruger overskriftssystemet ("Headings").

4.3 *Forord (engelsk: Preface)*

Beskriv, hvad dette er for et dokument. Her kan du også skrive, hvilke forudsætninger læseren forventes at have. Hvis du vil takke personer, som har hjulpet med processen, kan det også stå her (eller i et separat afsnit). Det kan også være en god idé at redegøre for egne forudsætninger, i det omfang det drejer sig om eksempelvis valgfrie kurser af relevans for projektet, som du enten har eller evt. ikke har fulgt.

4.4 *Indledning*

Beskriv baggrund og motivation for din opgave samt formålet med projektet. I baggrunden kan du inddrage eksisterende arbejde og litteratur, men pas på det ikke bliver for omfattende. Du vil sandsynligvis med fordel kunne udskyde en grundig diskussion til – netop – diskussionsafsnittet. Sørg for, at de videnskabelige problemstillinger, du beskriver og præsenterer, er dem, du har arbejdet med i projektet, og at de spørgsmål, du rejser, er dem, du i større eller mindre omfang vil søge svarene på i dit projekt.

4.5 *Eksperimenter og teori*

Denne del af opgaven kan struktureres på forskellig måde; overvej, hvad der passer bedst til dit projekt, og diskutér det evt. med din vejleder.

En eventuel beskrivelse af eksperimentelle opstillinger skal være så grundig, at man – i princippet – kan reproducere de eksperimenter, du har lavet, på baggrund af denne. Undlad at beskrive virkemåden for apparatur i stor detalje, hvis det ikke har været en central del af dit laboratoriearbejde at få det til at virke. Undlad at benytte "lab slang" til at beskrive apparatur og fremgangsmåder.

Dine teoriafsnit skal knytte sig direkte til projektet. Undlad at gengive en masse bagvedliggende teori, hvis det kan klares med en god reference. På den anden side, hvis en stor del af din tid er gået med at sætte dig ind i en bestemt teoretisk beskrivelse, er det rimeligt at tage denne med. Når du gennemgår teoretiske udledninger, skal du enten *selv* have gennemført skridtene fra A til B *eller* henvise til en gyldig reference, se også punkt 4.10 nedenfor.

Generelt skal du altså sørge for i rapporten at demonstrere det store arbejde, du har udført! Det kan være med opbygning af apparatur (eller bare brug af dette), udvikling af nye analysemetoder eller software eller udledning af teoretiske beskrivelser.

4.6 Resultater

Gennemgå de opnåede resultater. Vælg en logisk rækkefølge for præsentationen; dette er ikke nødvendigvis den rækkefølge, eksperimenterne eller regningerne blev udført i! Resultaterne underbygges med figurer og tabeller. Det kan lette struktureringen af dette afsnit, hvis man først laver udkast til grafer og tabeller og derefter organiserer disse i en logisk rækkefølge og bygger teksten op omkring denne rækkefølge. Overvej, hvor meget du vil diskutere resultaterne i dette afsnit, eller om du hellere vil udskyde til diskussionsafsnittet. Undgå gentagelser!

4.7 Diskussion

Sammenkædning af resultaterne til et hele. Diskutér gerne eksperimentelle resultater i forhold til de teoretiske forventninger eller omvendt, hvis det drejer sig om et teoretisk projekt. Et meget vigtigt element i diskussionen er sammenligningen med tidligere studier. Hvordan relaterer dine resultater sig til den nuværende kendte viden? Forhold dig kritisk – også til dine egne observationer og resultater – uden at du derved sætter dit lys under en skæppe. Det vil ofte være sådan, at dine studier måske ikke giver nye "svar", men det er lige så relevant at diskutere, hvilke nye "spørgsmål", projektet kan give anledning til.

4.8 Konklusion

Sammenfattende konklusion. I dette (eller et separat) afsnit kan det være relevant at diskutere hvilke fremtidige studier, der burde udføres for at svare på de uafklarede spørgsmål (jf. diskussionsafsnittet). Hvad er det næste, der bør gøres for at videreføre den videnskabelige proces?

4.9 Resumé (engelsk: Summary)

Et resumé skal kunne stå alene. Det skal beskrive baggrunden for opgaven, de anvendte metoder og hovedresultater. Husk, at et engelsk resumé er et krav, og et dansk ditto er naturligt – især hvis opgaven er skrevet på engelsk.

4.10 Referencer (litteraturhenvisninger)

Korrekt og fyldestgørende brug af referencer er en central del af den videnskabelige proces, du skal dokumentere med din bachelorrapport! Som udgangspunkt, er alt, hvad der står i rapporten uden referencer dine egne originale bidrag til videnskab. Hvis du gengiver andres tanker, observationer eller udledninger uden at referere til disse, er det videnskabeligt uredeligt, og du kan risikere at blive ramt af sanktioner afhængig af omfanget. Hvis du vurderer, at det er centralt at gengive en lidt længere teoretisk udledning, f.eks. hvis den ikke kan antages at være velkendt, er det ikke nødvendigt at skrive reference på hvert eneste skridt, hvis du i stedet indleder afsnittet med "I udledningen af formlerne (nn) til (NN) følges reference XX".

For at lette arbejdet med referencer kan du evt. benytte et referencehåndteringsprogram som Endnote eller BibTeX. Referencerne, som placeres i slutningen af rapporten, skal være komplette med angivelser af forfattere, tidsskiftstitel, bind (Engelsk: "volume"), sidetal start og evt. slut samt årstal. For bøger desuden forlag og udgivelsesby.

Tjek, at du benytter ensartet notation (og typografi) i alle referencerne! Hver reference skal kun optræde én gang i referencelisten, men du må selvfølgelig gerne referere til denne flere steder i opgaven. Referencerne præsenteres enten i nummerrækkefølge (efter den rækkefølge, de præsenteres i teksten)

eller alfabetisk efter første forfatters efternavn (hvis der i teksten refereres ved benyttelse af navn og årstal). Der skal være henvist til alle referencer – enten i hovedteksten, fodnoter eller figurtekster.

4.11 Eventuelle bilag

I disse placeres evt. ekstra materiale. Det skal ikke være nødvendigt at læse bilagene for at kunne følge hovedteksten! Bilag kan evt. benyttes til at vedlægge videnskabelig dokumentation i form af (eksempler på) konkrete målinger eller til at præsentere (dele af) anvendte numeriske koder.

5. Figurer

Figurerne er en central del af din rapport, og nogle gange kan det lette processen med at organisere denne, hvis man tænker over, hvilke figurer et afsnit skal indeholde (se afsnit 4.6 ovenfor).

Figurerne skal være lette at læse: Klare figurtekster, passende store symboler, genkendelige farver, stor nok linjetykkelse, benævnelse på alle akser med letlæselige tal og enheder! Prøv at skrive figuren ud i den størrelse, den får i rapporten og tjek, at den er velproportioneret. Benyt gerne vektorgrafik, så du undgår pixelering – eller brug passende høj opløsning. For Matlab brugere – brug evt. Matlabs "Export setup" funktion til at generere en graf med de ønskede egenskaber.

Figurer nummereres fortløbende og ledsages af en figurtekst. Bemærk, at det er OK at sakse en figur fra en reference, men i så fald skal det klart fremgå, at figuren ikke er hjemmelavet, og referencen skal stå i figurteksten. Se yderligere punkt 4.10 ovenfor.

6. Statistik og usikkerheder (for eksperimentelt arbejde)

Det forventes naturligvis, at du i rapporten dokumenterer, at du har kendskab til de metoder til statistik og usikkerhedsberegning, som du er blevet præsenteret for i løbet af din bacheloruddannelse. Sørg for at angive resultater med et passende antal betydende cifre i forhold til usikkerheden.

7. Kvalitetskontrol

Prøv at være færdig i så god tid, at du har tid til at printe den endelige pdf-fil ud i den rigtige størrelse. Benyt evt. en anden computer og printer, end du har brugt i skrivefasen. Læs udskriften igennem i ro og mag, og tjek, at det hele ser ud, som du havde forestillet dig. Reproduceres figurerne korrekt uden pixelering eller skygger?

Referencer

- [1] <http://studerende.au.dk/studier/fagportaler/fysik/>
- [2] <https://kursuskatalog.au.dk/da?year=2020-2021>
- [3] <https://studerende.au.dk/studier/fagportaler/fysik/bachelorprojekt-speciale-og-andre-projekter/bachelorprojekt/>
- [4] <http://studerende.au.dk/rse/>