

FYS 2150 - mål og innhold

Dag Kristian Dysthe
Fysisk institutt, UiO
(Dated: January 15, 2018)

En første introduksjon for studentene til FYS 2150, Eksperimentell fysikk. Målene for undervisningen presenteres og diskuteres.

I. INTRODUKSJON

Hvordan oppnår vi ny kunnskap innen fysikk og naturvitenskap? Svært ofte gjøres dette ved at vi først observerer og beskriver naturen. På bakgrunn av observasjonene og beskrivelsene, kan vi siden gjøre klassifiseringsarbeid, slik at teoretikeren får noe å jobbe med. Svært ofte har observasjonene vårt gjort uten at det er noen teoretisk forståelse for det man har observert. Eksperimentet stimulerer teoretikeren. Men ofte skjer også det motsatte. Teorien sier at det er ting eller forhold som skal kunne forekomme, men det er aldri observert. Da er det teorien som stimulerer og utfordrer eksperimentatoren. Teori og eksperiment er sammen om nye oppdagelser.

Laboratorieundervisning har en lang tradisjon i naturvitenskapelige fag. Naturvitenskap dreier seg om å forstå naturen. Teori kan man studere ved å lese bøker og å gjøre regneoppgaver. Vitenskap om naturen dreier seg om korrespondanse mellom teori og fenomener som faktisk eksisterer i naturen. Der er to hovedtradisjoner for å undersøke naturen: systematisk observasjon og eksperimenter. Den første og eldste tradisjonen kan sies å ha to grener: feltarbeid, observasjon med direkte sanseintrykk, som fortsatt er viktig for biologer og geologer og "instrumentell observasjon" der sansene forsterkes eller erstattes med instrumenter som kan kvantifisere observasjonene. Kvantifisering av observasjon av naturen, la oss kalle det å måle, har gjerne vært fysikernes domene: Astronomer studerer himmellegemene, geofysikere studerer atmosfæren, havet og jordas indre, biofysikere utvikler ultralyd, MR- og røngtenavbilding m.fl. instrumenter for å observere menneskekroppen. Den andre tradisjonen som kan sies å ha startet med Galileo Gallilei og Francis Bacon som ikke bare observerte, men konstruerte situasjoner der de mente å isolere det fysiske fenomenet de var interessert i. Det er dette vi kaller å gjøre eksperimenter.

Denne tradisjonen av både observasjon og eksperimenter lærer man allerede som barn i skolefag som naturfag og senere biologi, kjemi og fysikk. I universitetsutdanning av fysikere har alle land ett eller flere laboratoriekurs (labkurs) i tillegg til praktiske laboratorieøvelser knyttet til teoretiske enkeltfag og demonstrasjoner av eksperimenter utført av foreleser under forelesningene.

II. MÅL MED KURSET

Hva ønsker man å oppnå med laboratorieundervisning? Hva er de såkalte læringsmålene? Jeg tror vi kan dele motivasjonen for laboratorieundervisning opp i to hovedbolker:

- Å lære å måle og å drive eksperimentelt arbeid.
- Å bidra til innlæringen av utvalgte emner i fysikken.

Første del av kurset, Modul 1, fokuserer mest på det første målet, i Modul 2 og 3 fokuserer mest på det siste. Vi vil se på målene med kurset i litt mer detalj.

A. Måling og eksperimenter

Hva slags kunnskaper, holdninger og ferdigheter er det vi ønsker at studentene skal tilegne seg? Der finnes helt sentrale dyder som presisjon, nøyaktighet, ryddighet, ærlighet som man må få kunnskap om hvorfor de er viktige, de innprentes som grunnleggende holdninger, og de nedfelles i praktiske ferdigheter som f.eks. det å føre en labjournal og å skrive en rapport. I korthet: *Grunnleggende holdninger og ferdigheter i laboratoriet, bruk av labjournal og presentasjon av resultater i rapporter.* Forøvrig er det en del kunnskaper og ferdigheter studentene bør få med seg:

1. Måling

- *Måling av grunnleggende fysiske størrelser som tid, lengde, masse, kraft, temperatur, strøm og spenning.* Lære og prøve ut forskjellige prinsipper for å måle disse størrelsene. Lære å vurdere hva som begrenser nøyaktigheten til målingene. Lære om historisk utvikling av grunnlaget for målenhetene våre (SI-enhetene) og hvilke fysiske prinsipper som i dag definerer enhetene og hvilke målinger som ligger til grunn for sentrale fysiske konstanter.
- *Kilder til feil i målinger og hvordan kvantifisere disse.*
- *Behandling av måledata.* Statistisk behandling, tilpassing av modeller til måledata med støy (feil).
- *Lære å bruke noen måleinstrumenter som er mye brukt i fysikk*

2. Eksperimentelle strategier

Innledende kurs i eksperimentell fysikk dreier seg ofte mye om å måle, å bruke måleinstrumenter og å behandle måledata. Det å konstruere eksperimentelle situasjoner der fysiske fenomener isoleres og omgivelsene og systemet selv kontrolleres blir i liten grad behandlet eksplisitt. Det forblir en undertekst der studenten presenteres for en innledende tekst som tar for seg teorien for fenomenet og et fiks ferdig måleoppsett (evt. med kontrollsystemer) som studenten skal anvende til å lese av måledata. Det er en annen type eksperimenter som ikke berøres i det hele tatt i slike labkurs: eksperimentering i ordets dagligdagse betydning[1]. Tid og penger legger en klar begrensning på hvor mye en student selv kan konstruere den eksperimentelle situasjonen. Vi tror at man med fordel kan ha det som eksplisitt læringsmål at studenten skal *lære om eksperimentelle strategier i videste forstand*.

Ofta undervises det vanligvis kun i “verifisering” av fysiske “lover”, det vil si at man har en teori og konstruerer et eksperiment for å kontrollere at sammenhengen mellom observerte størrelser er som forutsagt i teorien. Denne deduktive tilnærmingen er teoridrevet og gir studenten inntrykk av at vi bare trenger å bekrefte det teoretikerne allerede vet. Studenten får også inntrykk av at der ikke er flere spørsmål igjen i fysikken. Den komplementære tilnærmingen til eksperimentell vitenskapelig metode er nedenfra og opp: start med et fenomen du ikke forstår, prøv å reproducere det på forskjellige måter, isoler parametre du tror er viktig og dann hypoteser fra observasjonene. Disse kan igjen testes og den teoretiske beskrivelsen av fenomenet bygges opp. Vi kan oppsummere dette som *å lære om eksperimenter som systematisk metode for å studere “virkeligheten”, den være seg naturlig eller konstruert (teknologi)*.

Sist, men ikke minst kan det være et fornuftig læringsmål at studentene skal *lære noe om hvordan eksperimentell fysikk drives i praksis*, det vil si utenfor den vanlige studierammen. For at dette skal la seg gjøre må de få innsyn i/erfaring fra eksperimentelt arbeid ved instituttet eller ved andre laboratorier. Dette vil studentene få møte i kurset FYS3180 - Eksperimentelle metoder i fysikk.

B. Lære fysikk

Under det andre hovedmålet er det tre læringsmål vi vil nevne:

- *Å illustrere teori som gjennomgås i forelesninger og øvinger.* Dette er hovedfunksjonen til labundervisning som en del av teoretiske fag. Labkurset kan brukes på denne måten for å støtte opp under teoretiske kurs som går parallellt i tid eller ta opp igjen temaer som har vært berørt tidligere i utdanningen.
- *Å lære om spesifikke fysiske lover/fenomener som ikke dekkes i de teoretiske kursene.* Dette er et vik-

tig delmål i Modul 3 i dette kurset.

- *Å bygge intuisjon.* Ikke alle forstår verden som konkrete eksempler på abstrakte sammenhenger. Det er kanskje fysikers ønske å kunne tenke på verden slik, men man kommer ikke dit uten å lære det. En del kunnskap bygger på generalisering av erfaring. Ved å ta sansene i bruk og ikke bare den abstrakte tenkningen øker man erfaringsrommet og gir studentene mulighet til å “forstå” på et annet vis enn ved å utlede formler først. En “intuitiv forståelse” bygget på erfaringer (i eksperimenter, feltarbeid, lek...) er ikke tilstrekkelig som vitenskapelig forklaring, men kan være det kritiske utgangspunktet for å bygge teori om nye fenomener (eller i studentenes tilfelle: å “forstå” teorien som presenteres).

III. JOURNAL OG RAPPORT

Det er to typer tekster som er viktig i eksperimentelt arbeid: labjournalen som er et personlig arbeidsredskap og rapporten, avhandlingen eller artikkelen som er tekster for å kommunisere til andre hva du har funnet.

A. Labjournal

Labjournalen er et personlig redskap og kan være et rettslig dokument. En labjournal er den grunnleggende dokumentasjonen på arbeidet som utføres i laboratoriet. Gjennom journalen skal man kunne gjenta alt som har vært gjort. Det er gjennom journalen man skal kunne spore publiserte/patenterte forskningsresultater tilbake til handlinger, analyser og tanker i laboratoriet. Journalen har tre-fire hovedfunksjoner: Labjournalen sikrer at laboranten/studenten har tatt vare på all informasjon som skal til for å tolke resultatene, lete etter feil eller gjenta eksperimentene. Under diskusjoner om et eksperimentelt prosjekt ender man veldig ofte opp med å konsultere labjournalen for å svare på veilederens/kollegaens uventede spørsmål. Sporbarheten som journalen representerer er en sikkerhet mot fusk og en signert og kontrastsignert labjournal er et rettsgyldig dokument som kan brukes i patentstrider om hvem som oppdaget noe først. Vi har følgende krav til en labjournal i dette kurset:

- En leser som setter seg inn i øvingsoppgaven skal kunne forstå hva som er gjort og hvilke resultater som er fremkommet. Tekst som står i øvingsoppgaven trengs ikke å gjentas, men notater om nøyaktig hvordan forsøkene ble utført må tas med.
- Alle “avvik” fra forventede resultater, alle observasjoner og alt dere lurte på skal noteres.
- Labjournalen skal være innbundet med nummererte ark. Nummereringen av arkene må dere sannsynligvis gjøre selv. På Akademika, Ordning og Reda

og i andre butikker finner dere skrivebøker med stive permer og ark som er sydd fast. Ruteark kan være en fordel, men det er en smakssak. Journalen bør være i A4-A5-format.

- Alle ark som skrives på skal dateres
- Data logget med PC fremstilles grafisk, printes ut og limes inn i labjournalen. Det noteres i journalen hvor datafilene er lagret.
- Alle notater, kladding, mellomregning skal skrives i journalen og ikke på løsark. Lag deres eget system for å skille kladd og ufullstendige notater fra endelige resultater.

Vi vil ha følgende rutiner for bruk av labjournalen:

- Etter hver labøving skal labjournalen leses gjennom, kommenteres og kontrasteres av en veileder.

B. Rapport

Rapporten er en skriftlig form for kommunikasjon av vitenskapelige resultater som ikke forutsetter at leseren har sett noe av utstyret som har vært brukt til å frembringe resultatene. Vi har lagt ut flere dokumenter som tar for seg rapportskrivning.

IV. UNDERVISNINGSMODULENE

Kurset er delt opp i tre moduler. De første 5 ukene undervises Modul 1, de neste 5 ukene undervises Modul 2 og de siste 5 ukene undervises Modul 3.

A. Modul 1

De første labøvingene tar for seg måling av grunnleggende fysiske størrelser. De 5 øvingene forutsetter også at studentene setter seg inn i forskjellige kapitler i læreboken G. L. Squires: Practical Physics (fourth edition), (2001) Cambridge. Hver øvingstekst vil oppgi hvilke kapitler som er viktig å lese. Modul 1 legger grunnlaget av kunnskaper og ferdigheter som studentene trenger i de to neste modulene. Derfor følger øvingene hverandre sekvensielt og de må gjennomføres samme uke av alle studentene. Øvingene i Modul 1 har følgende titler:

- Tid og frekvens
- Strøm og spenning
- Lengde hastighet og aksellerasjon
- Masse og kraft
- Temperatur og varme

B. Modul 2

De 5 øvingene i Modul 2 bygger ikke på hverandre og gjennomføres parallellt, dvs. at det vil være 2-3 grupper som gjennomfører hver av øvingene med følgende tema:

- Elastisitet
- Solcellen
- Luftmotstand
- Braggdiffraksjon
- Gammastråling

C. Modul 3

Som i Modul 2 går øvingene i Modul 3 parallellt. Noen av øvingene bygger på det dere har lært i Modul 1 og 2.

- Brownske bevegelser
- Avbildning med geometrisk optikk
- Bølgeoptikk
- Polarisasjon
- Magnetisme

Appendix A: Liste over læringsmål og holdningsmål

Læringsmål: Studentene skal kunne:

- forklare og selv utføre statistisk analyse av måledata, analysere og beregne feilspredning og forstå grunnlaget for og utføre lineær tilpasning av modeller med minste kvadraters metode.
- kritisk bedømme feilkilder og kombinere forskjellige statistiske metoder for å angi nøyaktighet og presisjon på sine egne måleresultat og modelltilpasninger.
- kritisk bedømme andres data, modelltilpasninger og konklusjoner.
- forstå databladet til vanlige måleinstrument, spesielt det som omhandler instrumentets virkemåte, nøyaktighet og presisjon, samt å gjennomføre målinger med instrumentet.
- sammenligne forskjellige prinsipper for måling av samme størrelse og vurdere deres styrker og svakheter i forhold til forskjellige kriterier.
- bruke labjournalen som en dokumentasjon på utførte handlinger og målinger og som redskap til systematisk observasjon, vurderinger og diskusjon.

- forstå og forklare labjournalens legale og etiske dimensjon.
- fremstille en eksperimentell undersøkelse i form av en rapport som er lettlest, presis og etterrettelig.
- forklare alle de fysiske fenomener og målemetoder som øvelsene handler om.
- raskt sette seg inn i nye fysiske fenomener og målemetoder for å undersøke disse.
- kritisk vurdere forholdet mellom teori og eksperiment, bedømme hvor kildene til uoverenstemmelse

er og foreslå videreutvikling av teori eller eksperiment for å oppnå bedre samsvar.

Holdningsmål: Studentene skal:

- være innstilt på å arbeide nøyaktig og repeterbart for å oppnå pålitelige resultater.
- bli opptatt av ryddighet i laboratoriearbeidet og rapporteringen.
- utvikle et verdsett der etterrettelighet og sporbarhet er sentrale.

[1] Utgangspunktet for alt vi driver med er at vi lurer på hvordan naturen fungerer. I skoleverket er dyktige lærere flinke til å spille på elevenes nysgjerrighet. Forskningsrådet har lagt en god del ressurser inn i “Nysgjerrigper” der barna oppfordres til å stille spørsmål og så eksperimentere seg frem til hvordan ting henger sammen. Når man står overfor et nytt, komplekst fenomen så vet man vanligvis ikke hvilken teori som er viktig. Man vet ikke hvilke av mange fysiske størrelser som styrer oppførselen. Man må begynne

med å observere, påvirke systemet og observere responsen til påvirkningen, og slik sakte, men sikkert utvikle en strategi for hva som er verdt å styre og kontrollere og hva som er verdt å måle. Av en eller annen merkverdig grunn legger universitetsutdannelsen den nysgjerrighetsdrevne læringen til side i flere år før studentene kanskje får sjansen til å forfølge spørsmålene sine i masteroppgaven.