

Mal for labrapport i FY1001 Mekanisk fysikk

T. C. Djupvik^a, O. F. Jakobsen^a

^aInstitutt for fysikk, Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet, N-7491 Trondheim, Norway.

Sammendrag

Denne teksten tar for seg hvordan man skriver en fysikkrapport. I tillegg fungerer den som en mal for rapporten som skal skrives som en del av semesteroppgaven i emnet FY1001 – Mekanisk fysikk.

Her skriver du et sammendrag av rapporten. Sammendraget skal være veldig kort men må inneholde svaret på tre spørsmål: 1. Hva gjorde du (hva målte du)? 2. Hvordan gjorde du det (hvilken metode)? 3. Hva fant du (resultat)?

1. Innledning

Alle som deltar i vitenskapelig og teknisk arbeid, må i større eller mindre grad kunne utforme en endelig skriftlig dokumentasjon av sine undersøkelser. Vitenskapelig arbeid dokumenteres i første omgang i form av en laboratoriejournal eller kommentarer i kildekoder i numeriske programmer, men dette er primærdokumenter som vanligvis omhandler kun en del av en vitenskapelig eller teknisk undersøkelse og er utformet med sikte på en begrenset leserkrets. Den endelige dokumentasjonen av en undersøkelse er vanligvis i form av en rapport, en tidsskriftartikkel eller en bok som er utformet med sikte på en stor leserkrets. Denne er fullstendig og presenterer resultatene fra undersøkelsen i en større sammenheng enn journalen, mens journalen i større grad vil inneholde eksperimentelle detaljer. En forskjell er målgruppen, journalen er for deg og lab-medarbeidere, mens rapporten er for andre.

Det finnes ingen endelig fasit på hvordan en rapport skal være utformet, men rapporter fra laboratorieundersøkelser bør inkludere *all vesentlig* informasjon fra journalen i redigert form. I tillegg bør bakgrunnen for at undersøkelsen ble satt i gang kommenteres. Det skal redegjøres for de teoretiske modeller som anvendes i tolkningen av resultatene, og resultater fra teoretiske beregninger bør sammenliknes med de målte verdiene. Resultater fra tidligere undersøkelser bør omtales og sammenliknes med de nye resultatene. Kvalitet, omfang og betydning av de nye resultatene må vurderes i forhold til tidligere resultater. At det ikke finnes en “fasit” betyr ikke at man kan skrive hvordan man vil. Oftest finnes det en mal som man skal bruke.

Dette dokumentet skal virke som en mal for rapport-skriving i fysikk og som en generell beskrivelse av hvordan man skriver tekster med ligninger på en ryddig måte. Malen skal benyttes i semesteroppgaven i emnet FY1001 – Mekanisk fysikk. Rapporten skal ha fire seksjoner i tillegg til sammendraget: innledning, teori og metode, resultat,

diskusjon og konklusjon.¹ Informasjon angående hva hver seksjon bør inneholde er beskrevet i kursiv i de respektive seksjonene.

Det anbefales at L^AT_EX brukes i utformingen av fysikkrapporten. Dette er enerådende i matematikk- og fysikkmiljøet når det gjelder skriving av litt tunge (og svært tunge) matematiske tekster. Prinsippet er omtrent som skriving av html-kode: Det skrives et dokument i reint tekstformat med kommandoer som deretter kjøres gjennom en typesetter og dermed genererer et meget pent tekstbilde. Teksten du leser her er skrevet i L^AT_EX. Den enkleste måten å starte å bruke L^AT_EX er ved å benytte seg av det nettbaserte programmet Overleaf, laste råfilen (.tex) til dette denne malen opp, og kaste seg ut i skrivingen. Overleaf krever ingen installasjon, og man kan jobbe flere personer på samme dokument samtidig. Råfilen inneholder en del kommentarer som forklarer hvordan man skriver et L^AT_EX-dokument.

I innledningen skal du forklare hensikten med rapporten, definere omfanget, gi grunnene til at undersøkelsen ble satt i gang og hvor den ble utført. Du skal forklare hvordan undersøkelsen fortsatte fra beslektet tidligere arbeid og sette den inn i en historisk sammenheng, noe som gjerne krever et lite litteraturstudium. Dersom vi vil referere til kilder, f.eks. en lærebok [1] eller artikkel [2] kan vi gjøre det som vist her. Referanselisten kommer til slutt i rapporten. Husk at kilder og referanser alltid må komme tydelig frem når de er benyttet! Det finnes imidlertid mange ulike konvensjoner for hvordan disse skal refereres til og listes opp.

2. Teori og metode

Dette kapitlet skal beskrive den underliggende teorien som trengs for å forstå resultatene og metoden som er benyttet. Vi bruker ordet metode i betydningen grunnleggende

¹Merk at det ikke finnes en generell regel for hvordan kapittelutformingen skal være i en rapport. For eksempel kan teori og metode skrives hver for seg, og man kan ha med en seksjon “apparatut”.

målemetode og ikke i betydningen detaljert fremgangsmåte. Dette gjelder både numeriske beregninger og eksperimentelle metoder. Kapittelet bør derfor først og fremst inneholde en beskrivelse av grunnleggende prinsipper. Detaljert beskrivelse av fremgangsmåten i laboratoriet, detaljerte utledninger av matematiske uttrykk og forklaring av numerisk kildekode skal ikke være med i en rapport unntatt når det har direkte betydning for resultatene. Gjør rede for alle forutsetninger for bruk av teori og metode. Begrunn valg av metode. Gi så mange detaljer om apparaturen og de numeriske metodene at en erfaren kollega kan gjenta resultatene. Gi en prinsipiell analyse av apparaturens og metodens nøyaktighet. Beregnede tallverdier for målefeil gis i resultatdelen.

I teoridelen har man ofte behov for å skrive matematiske formler. Her kommer et eksempel på et par ligninger og hvordan vi kan referere til dem:

Svingetiden til en rektangulær pendel med uniform massefordeling kan uttrykkes som

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{r^2 + h^2}{gh}}, \quad (1)$$

der $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ er tyngdens akselerasjon og h er avstanden fra opphengningspunktet til massemiddelpunktet. Trehetsradius r er gitt ved

$$r = \sqrt{\frac{l^2 + b^2}{12}}, \quad (2)$$

der l er lengden og b er bredden til pendelen. Disse ligningene kan vi nå henvise til, for eksempel kan vi si at vi skal bruke ligning (1) til å måle tyngdeakselerasjonen g .

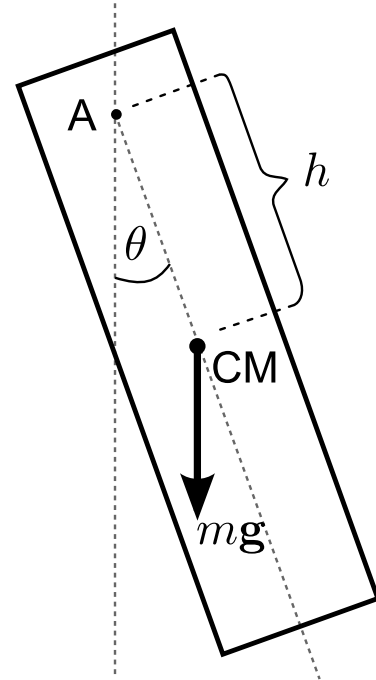
Legg merke til at vi har definert alle størrelser som inngår i ligningene. Videre kan vi merke oss at ligningene er skrevet som en del av setningen, som gjør at teksten blir enkel å lese og flyter godt. Vi har altså avsluttet ligningene ovenfor med komma eller punktum alt ettersom hva som passer for setningen som ligningene er en del av. Videre ser man at variabler (f.eks. g , b og l) står i kursiv, mens enheter og vanlig tekst *ikke* er i kursiv (f.eks. m, s).

Noen ganger trenger vi litt større oppstillinger av ligninger som går over flere linjer, og de kan se ut for eksempel som dette:

$$\begin{aligned} \left(\frac{\Delta r}{r}\right)^2 &= \left(\frac{1}{r} \frac{\partial r}{\partial l} \Delta l\right)^2 + \left(\frac{1}{r} \frac{\partial r}{\partial b} \Delta b\right)^2 \\ &= \left(\frac{l \Delta l}{l^2 + b^2}\right)^2 + \left(\frac{b \Delta b}{l^2 + b^2}\right)^2. \end{aligned} \quad (3)$$

Med det samme nevner vi at vi kan få bruk for subskript for å angi variabelnavn, for eksempel for å skille mellom l_1 og l_2 . Dersom subskriptet er et ord og ikke en indeks, må vi skrive variabelnavnet som for eksempel $l_{\text{meterstav}}$. Merk at variabelnavnet ikke er i kursiv.

Vi kan referere til figurer på samme måte som vi refererer til ligninger. Nå refererer vi til figur 1. Gode figurer skal



Figur 1: Her skriver du figurteksten. Merk at denne kommer under figuren. Naturligvis avslutter vi figurteksten med punktum, og det gjelder selv om den inneholder bare én setning eller til og med bare ett ord.

være enkle ved at de begrenses til de forhold du hovedsakelig ønsker å illustrere. De skal være klare ved at du bruker skarpe konturer, markerer symmetriakser vha. strek-punkt linjer (senterlinjer), markerer snitt ved skravering, tydelige målghenselinjer og tydelige mållinjer med pilspisser og måltall. Figurer av mekaniske instrumentoppstillinger skal vise alle relevante romlige dimensjoner. Vis tallverdier for romlige dimensjoner med mållinjer og måltall eller angi figurens målestokk. Det er viktig at oppløsningen på figuren er tilstrekkelig til at alt er lett leselig og at teksten er stor nok. Det beste er ofte å lage figurer i et vektorformat, slik som pdf. For enkle grafikker kan eventuelt png-format brukes.

3. Resultat

Dette kapitlet er sterkt knyttet til laboratoriejournalen fra eksperimentet. Hvis du har skrevet en god journal og fulgt anbefalinger om å gjøre alle tabeller og kurver ferdige under skriving av journalen, er resultatkapitlet lettskrevet. Prøv å gjøre det til et selvstendig kapittel. Presenter resultatene i logisk rekkefølge. Prøv også å legge resultatene frem slik at de resultater som leder til konklusjonen trer klart frem. Bruk tabeller og diagrammer og angi resultater fra eventuell feilanalyse av eksperimentet. Hvis diskusjonskapitlet ser ut til å bli litt magert, kan det være en tanke å kombinere resultatkapitlet og diskusjonskapitlet. Store sett

med rådata hører ikke hjemme i en rapport, med mindre det er presentert i en grafisk form.

Vi vil ofte skrive inn enkeltmålinger i resultatdelen, som at vi måler lengden til pendelen til å være $l = 1000,015 \pm 0,005$ mm, men dette kan også passe godt inn når metoden og aparaturen beskrives. Kanskje vil vi skrive opp usikkerheten separat, som her er $\Delta l = 5 \cdot 10^{-6}$ m.

I denne delen har dere ofte bruk for tabeller. Et eksempel på dette kan du se i tabell 1. Merk at denne tabellen inneholder få skillelinjer, som gjør at den blir ryddig og pen.

Tabell 1: Dette er den obligatoriske tabellteksten. Den kommer over tabellen.

h (cm)	T (s)	g (m/s ²)
20	1,5744	9,836
23	1,5421	9,847
29	1,5229	9,839
33	1,5295	9,840
40	1,5637	9,829

Noen resultater kan også presenteres i form av diagrammer. Tegn kun få kurver i hvert diagram. Forskjellige symboler kan brukes til å skille eksperimentelle punkter tatt opp under forskjellige betingelser. Vær imidlertid forsiktig med dette. Diagrammer hvor det blir tegnet mange kurver adskilt ved bruk av alt for mange forskjellige symboler blir fort uklare.

4. Diskusjon

Her er det konklusjonen av resultatene dine som skal diskuteres, og for å kunne diskutere dette må du sette dem inn i en større sammenheng. Dette gjør du ved å relatere resultatene dine til tidligere utførte undersøkelser på samme område, og ved å forutsi de konsekvenser som resultatene av din undersøkelse medfører.

5. Konklusjon

Konklusjonen er rapportens viktigste del. I konklusjonen legger du frem ditt egentlige faglige bidrag. Det er som regel formidlingen av dette bidraget som er hovedgrunnen til at du skriver rapporten. Konklusjonskapitlet bør ikke skrives før du har tenkt grundig over resultatene fra dine egne målinger og sammenlignbare målinger gjort av andre i lys av den teori du har valgt å tolke resultatene innenfor. En god konklusjon er kort og presis, og presenterer kun hovedresultatet og konklusjonen fra diskusjonen. Eventuelt fremtidig arbeid kan også nevnes her.

Vi har gitt dere et eksempel på rapportoppsett. Nå er det din tur – lykke til!

Referanser

- [1] H. Goldstein, C. P. Poole, og J. L. Safko. Classical Mechanics. Addison-Wesley, 3rd ed., June 2001.
- [2] S. Weinberg, Phys. Rev. Lett. **19** (1967), 1264-1266 doi:10.1103/PhysRevLett.19.1264