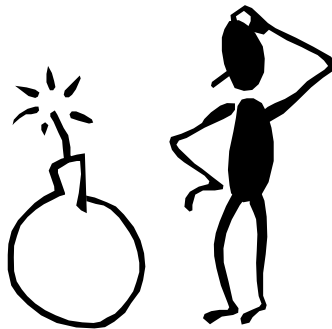




NTNU - Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Institutt for fysikk

Laboratorieøvelser



FY001 - Brukerkurs i Fysikk

Berit Bungum
Per Morten Kind
Thor Bernt Melø
Hanne Mehli

Innledning

Øvelsene i fysikklaboratoriet er ment å gi:

- Erfaring i å gjøre eksperimenter i fysikk, særlig med tanke på å bygge og bruke enkle elektriske kretser
- Kjennskap til bruk av instrumenter, slike som amperemeter, voltmeter, multimeter og oscilloskop
- Økt innsikt i den teoretiske fysikken. Forståelsen av fysikk har kommet fra eksperimentene.
- Trening i å gjøre systematiske målinger (lage tabeller), bearbeide disse og trekke konklusjoner av målingene

Rapportskriving

Til hver øvelse skal det skrives en rapport, som leveres en uke etter at den er utført.

Rapportene skal føres på en standardisert måte, som vil si at den består av følgende deler i rekkefølge:

1. Innledning

Innledningen har en *overskrift* og et lite avsnitt om oppgavens (eksperimentets) *hensikt og metode* (framgangsmåte). I enkelte tilfeller gis et *sammendrag* av forsøket (det trengs ikke i disse rapportene)

2. Teori

En tar gjerne med det teoretiske grunnlaget som er nødvendig for at leseren skal forstå eksperimentet. I disse rapportene er det tilstrekkelig å skrive ned de formlene som er brukt, gjerne med forklaring av symbolene.

3. Eksperimentell utførelse og resultater

- Lag gjerne skisser av *forsøksoppstillinger og elektriske koblinger*, som følges av en kort *forklaring* av framgangsmåte (hva som er gjort). Ta med hvilke instrumenter og apparater som er brukt.
- *Resultatene* av målingene framstilles i tabeller og diagrammer (grafer). Tabellene skal ha en overskrift og angitt benevnning på de størrelsene tabellen inneholder. Diagrammene skal ha overskrift, enheter og benevnning på aksene.
- Når det gjøres *utregninger*, henvises det til formler angitt under teorien.

4. Vurdering og konklusjon

Resultatene skal diskuteres og vurderes. En sammenlikner da gjerne målte med teoretisk forventede resultater. Enten bekreftes forventningene (ut fra teorien), eller så avkreftes de. Ett lite avvik mellom målte og teoretiske verdier må godtas, siden alle målinger er beheftet med usikkerhet. Usikkerheten skyldes enten tilfeldige eller systematiske feil. Selve målemetoden kan også være beheftet med feil. I dette kurset skal ikke usikkerhetsgrensene til målte verdier beregnes, men gi gjerne en skjønnsmessig vurdering av måleusikkerheten.

LABORATORIEØVELSE 1

Mekanikk med datalogger

I denne øvelsen skal du bruke dataloggeren Pasco SW500 til å gjøre målinger i mekanikk. Dataloggeren styres fra PC, og kobles til en sensor som måler avstand.

Oppgaven skal gi deg erfaring med målinger i mekanikk, øvelse i å tolke grafer og øvelse i å anvende begreper og lover fra mekanikken i reelle situasjoner.

Praktiske tips ved bruk av dataloggeren SW500:

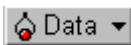
☞ Loggeren styres fra dataprogrammet **Datastudio**. Innstilling av loggeren gjøres fra vinduet **Setup**. For å komme i gang velger du ”Nytt eksperiment”.

☞ Aktuelle sensorer velges fra listen i setup-vinduet. Vi skal bare bruke bevegelsessensor (Motion) i denne oppgaven. Du dobbeltklikker på sensoren i listen og kobler den til loggeren slik bildet på skjermen viser..

☞ Du må still målefrekvens (antall målinger som skal samles inn per minutt). Dette gjør du ved å dobbeltklikke på sensoren (på skjermbildet). Finn målefrekvens i boksen som kommer frem og skriv inn 80.

☞ For å få frem graf må du dobbeltklikke på graf-symbolet i **displayvinduet**.

☞ Du vil se at alle måleserier du lager lagres som symboler i **datavinduet**. Disse kan slettes om nødvendig. Du kan dra et symbol for en måleserie ned i en graf og slippe den, dersom du ønsker målingene vist i en graf.

☞ Over displayvinduet har du en data-knapp . Med denne kan du bestemme hvilke data du ønsker i grafvinduet.

☞ Ofte kan det være en fordel å ”rydde” litt i graf-vinduet. Trykk  eller dobbeltklikk i grafen. Dersom du ønsker en tynn grafstrek uten markeringspunkter, krysses av for tynn strek samtidig som du fjerner kryssene for ”Show data points” og ”Show legend symbols”.

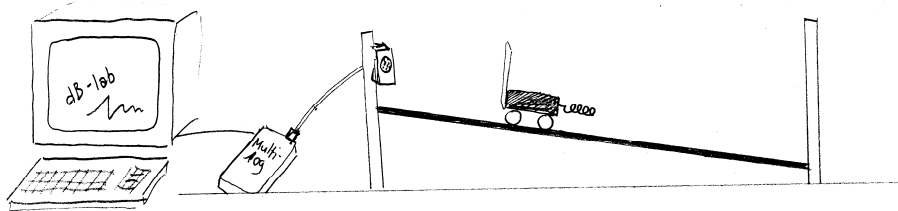
☞ Du kan lese av koordinatene til et punkt på grafen ved ”Smart tool” . Du kan få verdien av et *intervall* ved dra i hjørnet på firkanten som kommer frem når du bruker ”smart tool”.

☞ For å fokusere på en del av grafen: Bruk ”Zoom-knappene” (Eks ) eller beveg musepilen over aksene til du ser symbolet  (bildet flyttes ved )

☞ Lagre og ta utskrift av alle grafer som er relevante for oppgaven underveis. Slett dem når du er ferdig!

Oppgave 1. Tolkning av grafer for bevegelse

Oppsettet består av en bane, en vogn med påmontert skruefjær, en avstandssensor og en logger koblet til PC:



La banen helle svakt slik at vognen triller på banen. Start vognen ca 30 cm fra sensoren. Ta opp en graf som viser avstanden som funksjon av tiden.

Zoom inn på et område fra vognen begynner å trille til den kommer i ro. Trekk symbolet for *hastighetsmålingen* ned i grafvinduet (Pass på ikke å slippe den på aksene). Denne grafen viser den deriverte av avstandsgrafene du hadde i utgangspunktet.

For at tidsaksene i grafene skal matche hverandre trykk

- Gi en tolkning av hastighetsgrafene. Hva slags bevegelse representerer de ulike områdene av grafen? Forklar hvorfor stigningen til grafen er forskjellig i ulike områder.
- Trekk symbolet for akselerasjonen ned i grafvinduet.
Gi en tolkning av denne grafen slik som i punkt a)

Du kan bruke de samme grafene i oppgave 2 og 3.

Oppgave 2. Måling av friksjonskoeffisient

- Mål akselerasjonen til vognen for bevegelse nedover planet, før første støt.
- Beregn friksjonskoeffisienten μ for vognen på banen.

Oppgave 3. Arbeid og energi i støtprosessen.

- Beregn friksjonsarbeidet i løpet av ett av støtene fra oppgave 2.
- Finn endringen i kinetisk energi for vognen i løpet av støtet. Sammenhold med friksjonsarbeidet fra oppgave a). Vurder om støtet kan sies å være elastisk.

Gjennomføring og kommentarer til oppgavene:

Oppgave 2:

a) Måling av akselerasjon:

Marker området av akselerasjonsgrafen hvor vogna triller fritt på banen (før første støtet).

Velg middelerdi (mean) under knappen  

b) Beregning av friksjonskoeffisient:

Friksjonskraften på vogna fra underlaget er gitt ved

$$R = \mu \cdot N$$

hvor μ er friksjonskraften og N er normalkraften fra underlaget. Når vi antar at bare tyngden G og friksjonskraft R virker på vogna, gir Newtons 2. lov akselerasjonen til et legeme på skråplan med helningsvinkel φ :

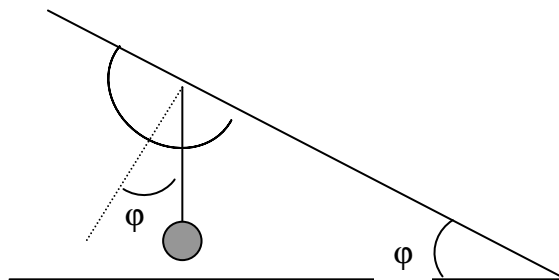
$$a = g \sin \varphi - \mu g \cos \varphi$$

Løst med hensyn på μ , gir dette

$$\mu = \frac{g \sin \varphi - a}{g \cos \varphi}$$

Vi kan altså beregne friksjonskoeffisienten når vi kjenner helningsvinkelen til planet og akselerasjonen legemet får på planet. For tyngdens akselerasjon kan du bruke verdien $g = 9.81 \text{ m/s}^2$.

Helningsvinkelen φ finner du ved å måle vinkelen mellom planet og lodmlinjen med en gradskive hvor det er festet et lodd i en tynn tråd:



Oppgave 3:

a) Friksjonsarbeid:

Mekanisk arbeid utført av friksjonskraften R når vogna beveger seg en strekning s er gitt ved

$$W_R = R \cdot s,$$

Videre er friksjonskraften gitt ved $R = \mu \cdot N$.

Newtons 2. lov dekomponert i retning normalt på planet gir at $N = m \cdot g \cdot \cos \varphi$.

Strekningen s er den strekningen vogna går i løpet av støtet med skruefjæra. Denne strekningen finner du slik:

Fra hastighetsgrafen finner du tidspunktene t_1 , t_2 og t_3 hvor t_1 er tidspunktet hvor vogna treffer fjæra, t_2 er tidspunktet hvor fjæra er maksimalt sammenpresset og vogna snur og t_3 er tidspunktet hvor vogna slipper fjæra på vei opp. Noter ned tidspunktene (bruk gjerne tabellen nedenfor). Finn igjen de samme tidspunktene på grafen for avstand. Noter avstandene s_1 , s_2 og s_3 som hører til t_1 , t_2 og t_3 . Den totale avstanden vogna har beveget seg i løpet av støtet er summen av $s_{\text{ned}} = s_2 - s_1$ (vogna på vei ned) og $s_{\text{opp}} = s_3 - s_2$ (vogna på vei opp). Disse to intervallene bør ideelt sett være like store.

t_1 :	s_1 :	$s_{\text{ned}} = s_2 - s_1 =$
t_2 :	s_2 :	$s_{\text{opp}} = s_3 - s_2 =$
t_3 :	s_3 :	$s = s_{\text{ned}} + s_{\text{opp}} =$

Bruk likningene ovenfor, målingen av strekning for støtet og friksjonskoeffisienten funnet i oppgave 2b) til å beregne en verdi for friksjonsarbeidet i løpet av støtet.

b) Kinetisk energi:

$$E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} m v^2$$

Kinetisk energi for vogna er gitt ved
hvor m er vognas masse og v er hastigheten.

Les av hastigheten før og etter støtet fra hastighetsgrafen. Mål vognas masse med en elektronisk vekt. Finn fra dette endringen i kinetisk energi i løpet av støtprosessen.

I et elastisk støt er den kinetiske energien bevart. Er støtet uelastisk, går noe kinetisk energi over til varme. I tillegg må vi ta hensyn til at friksjonskraften gjør arbeid, slik at for et elastisk støt med friksjon mot underlaget blir energiregskapet slik:

Kinetisk energi før støtet = Kinetisk energi etter støtet + friksjonsarbeid

$$E_{K, \text{ før}} = E_{K, \text{ etter}} + W_R$$

LABORATORIEØVELSE 3

MOTSTAND, KONDENSATOR OG SPOLE

Motstander, kondensatorer og spoler er de grunnleggende elementene i elektriske kretser. Med disse elementene kan vi lage kretser med forskjellig funksjoner. Vi kan også oppleve at det oppstår uønskete motstander, kapasitanser og induktanser i en krets slik at kretsen oppfører seg annerledes enn det vi tenkte.

I denne oppgaven skal vi gjøre oss kjent med hvordan motstander, kondensatorer og spoler oppfører seg i elektriske likestrøms- og vekselstrømskretser.

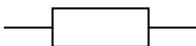
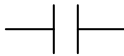
INNLEDNING

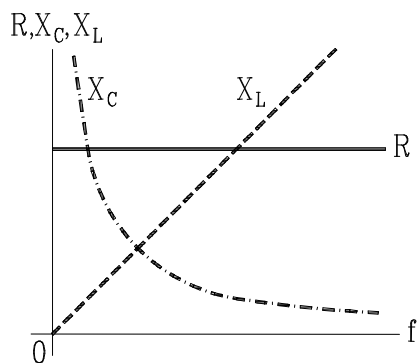
I en elektrisk krets vil det være spenningsfall over motstander, kondensatorer og spoler. Hvis vi i tillegg benytter vekselstrøm, vil vi også finne at strøm og spenning over en kondensator og/eller en spole ikke har maksimum samtidig. Vi sier at disse komponentene endrer fasen til det påtrykte signalet og denne egenskapen blir svært viktig i vekselstrømskretser.

I likestrømskretsen er størrelsen på en motstand angitt ved dens resistans, med enhet ohm, Ω . Tilsvarende angir kapasitansen C, med enhet farad, F, til en kondensator hvor mye ladning (og dermed energi) som kan lagres i kondensatoren. Spolens induktans, med enhet henry, H, angir hvor stor spenning som settes opp over spolen når strømmen gjennom spolen endrer seg.

Relasjonene mellom resistans, kapasitans, induktans og tilhørende spenning over de tilsvarende komponenter er gitt i Tabell 1.

Tabell 1.

KOMPONENT	MOTSTAND	KONDENSATOR	SPOLE
Egenskap	Resistans R	Kapasitans C	Induktans L
Enhet	Ω (ohm)	F (farad)	H (henry)
Relasjon strøm – spenning	$U = RI$	$U_C = \frac{1}{C} \int_0^t Idt$	$U = L (dI/dt)$
Vekselstrømsresistans	R	$X_C = 1/(\omega C)$ (kapasitiv reaktans)	$X_L = \omega L$ (induktiv reaktans)
Symbol			



Figur 1

I en vekselstrømskrets oppfører elementene seg annerledes enn i en likestrømskrets. Som vi ser av tabellen definerer vi "noe" vi kan kalle komponentenes "vekselstrømsresistans". For spoler og kondensatorer kaller vi disse reaktanser; for en kondensator kapazitiv reaktans, X_C og for en spole induktiv reaktans, X_L . Begge disse har enhet Ω .

Figur 1 viser hvordan vekselstrømsresistans for henholdsvis motstand, kondensator og spole varierer med frekvensen f til den påtrykte spenningen i en vekselstrømskrets. Legg merke til at resistansen til en motstand er den samme for alle frekvenser. Relasjonen mellom frekvens f og

sirkelfrekvens ω er $\omega = 2\pi f$.

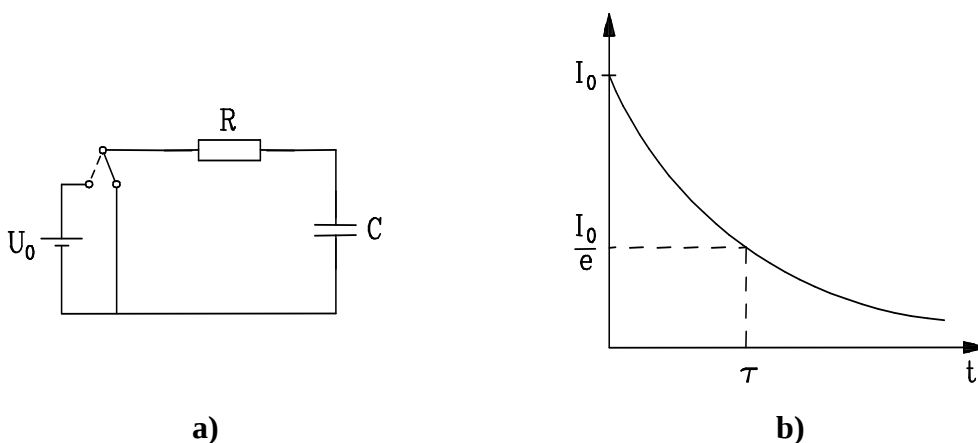
Legg også merke til at for likestrøm, dvs. $f = 0$ er X_C uendelig stor og X_L er lik null, mens når f blir meget stor, vil X_C bli null og X_L bli uendelig stor.

LIKESTRØMSKRETTER

A. (Bestemmelse av) Resistans for motstander

Ohms lov, $U = RI$, gir sammenhengen mellom spenningsfallet over og strømmen gjennom en motstand. For å bestemme resistansen R til motstanden kan disse to størrelsene måles ved bruk av voltmeter og amperemeter. Slike instrument vil alltid innvirke på forholdene i kretsen på grunn av at de har en indre resistans. Spesielt når vi skal måle resistanser som har samme størrelsesorden som instrumentets resistans, kan vi få store feil. I denne oppgaven skal vi bruke enkle voltmeter og amperemeter for å belyse hvordan et måleinstrument kan påvirke måleresultatet.

B. (Bestemmelse av) Kapasitans for en kondensator



Figur 2

En kondensator med kapasitans C lades opp med en likestrømskilde til en spenning U_0 . Spenningskilden koples deretter fra og vi lader ut kondensatoren igjen gjennom en motstand med resistans R . Strømmen gjennom motstanden, utladningsstrømmen I , vil avta eksponensielt med tiden t , som vist i Figur 2, og være gitt ved:

$$I = I_0 e^{-\frac{t}{RC}} = \frac{U_0}{R} e^{-\frac{t}{RC}} \quad (1)$$

Kretsen kalles en RC-krets. Av Lign. (1) ser vi at størrelsen RC bestemmer hvor fort utladningen av kondensatoren skjer. Stor RC gir lang utladningstid. Når utladningen har foregått i en tid $\tau = RC$, er strømmen redusert til en verdi

$$I_1 = I_0 e^{-1} = I_0/e = 0,368 I_0.$$

Størrelsen $\tau = RC$ kalles RC-kretsens tidskonstant.

Eksperimentelt kan τ finnes ved å måle tiden det tar for strømmen å avta fra $I = I_0$ til $I = I_0/e$.

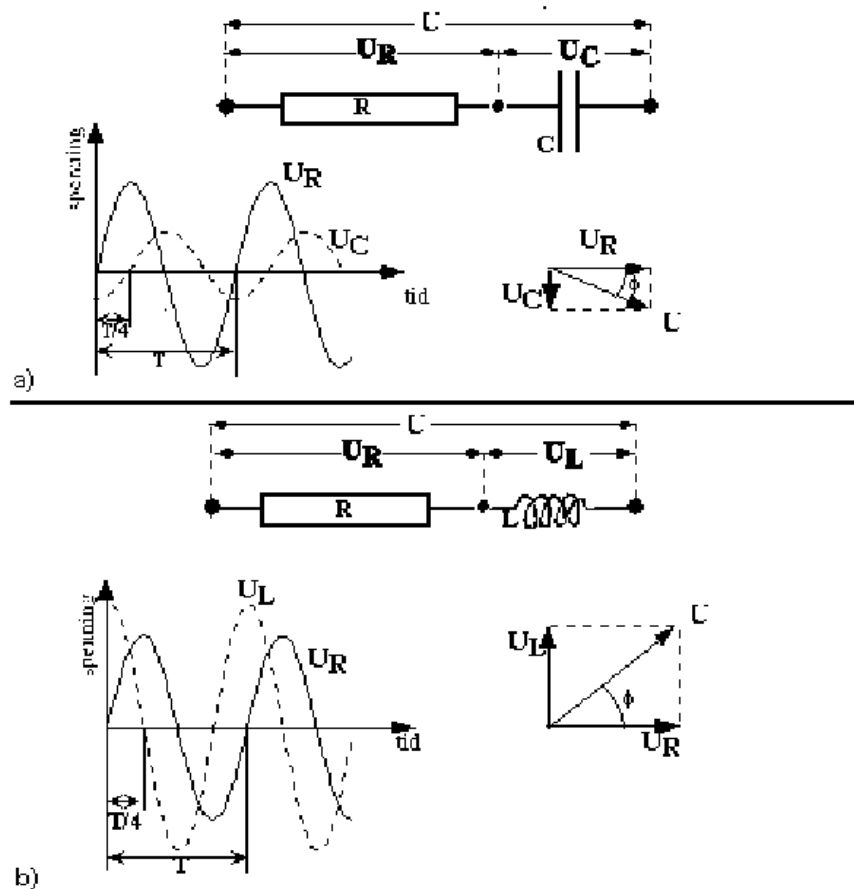
NB! I_0 kan defineres hvor som helst på utladningskurven, men målingen av tidskonstanten t blir mer nøyaktig når I_0 er stor.

Når motstanden R i kretsen er kjent kan kondensatorens kapasitans C bestemmes ved:

$$C = \tau / R \quad (2)$$

RC-RL KRETSER PÅTRYKT VEKSELSPENNING

Når vi kopler vekselspenning inn på RC / RL-kretser kompliseres forholdene i kretsene. Dette skyldes at spenningen over kondensator (spole) vil være proporsjonal med den integrerte (deriverte) av strømmen mens spenningen over motstanden vil fremdeles være direkte proporsjonal med strømmen. Dette fører til at spenningen over motstanden vil være henholdsvis en kvart svingeperiode (90°) foran (etter) spenningen over kondensator (spole). I tillegg vil størrelsen til spenningsfallene over kondensator og spole avhenge av frekvensen til det påtrykte signalet.



Figur 4

Forholdene i RC og RL- kretser er illustrerte i figur 4a og 4b . For oversiktens skyld har vi ikke tegnet opp den påtrykte spenningen U i spenning-tid diagrammene til venstre på figurene. Forholdet mellom alle spenningene vises lettest i viserdiagrammene (eng. phasor diagram) til høyre på figurene. Vi ser at den påtrykte spenningen er gitt ved vektorsummen av delspenningene. Viserdiagrammet viser også hvordan vi bestemmer fasevinkelen ϕ mellom påtrykt spenning U og strømmen I i kretsen (strømmen er proporsjonal med U_R).

For begge kretsene gir vektorsummeringen at:

$$U^2 = U_{L/C}^2 + U_R^2 \quad (4)$$

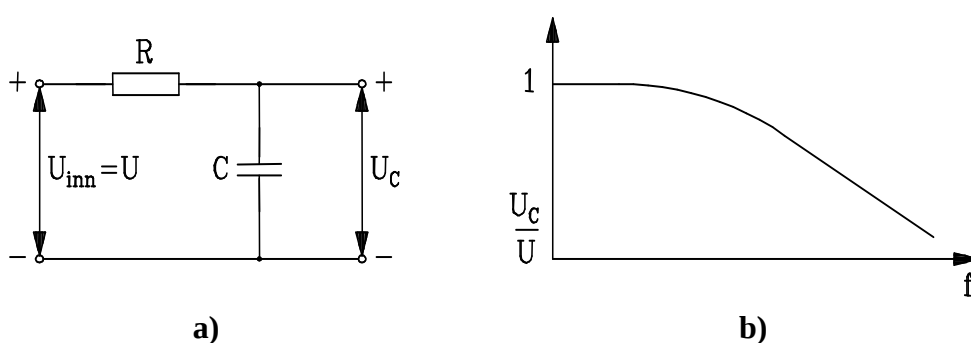
hvor U er påtrykt spenning, $U_{L/C}$ er spenning over hhv. spole /kondensator og U_R er spenning over motstanden i kretsen. (Vi har sett bort fra resistansen i spolen)

Sammenhengen mellom U og strømmen i kretsen kan uttrykkes i det vi kan kalle Ohm's lov for vekselspenning:

$$U = I \cdot Z = I \sqrt{R^2 + X_{L,C}^2} \quad (5)$$

hvor Z kalles **impedansen** for kretsen, mens $X_{L,C}$ er henholdsvis **induktiv og kapazitiv reaktans** for spole og kondensator.

A. RC-kretsen.



Figur 5

I figur 5 a er en RC-krets koplet til en kilde som gir ut en vekselspenning U med frekvens f . Sammenhengen mellom U og strømmen I er gitt ved ligning 5. I følge tabell 1 (og læreboka) er den kapasitive reaktans $X_C = 1/\omega C$ hvor $\omega = 2\pi f$. Setter vi dette inn i ligning 5 får vi:

$$U = I \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{2\pi f C} \right)^2} \quad (6)$$

Spenningen U_C over kondensatoren vil være gitt som:

$$U_C = I \cdot X_C = \frac{1}{2\pi f C} \cdot \frac{U}{\sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{2\pi f C} \right)^2}} = \frac{U}{\sqrt{1 + (2\pi f R C)^2}} \quad (7)$$

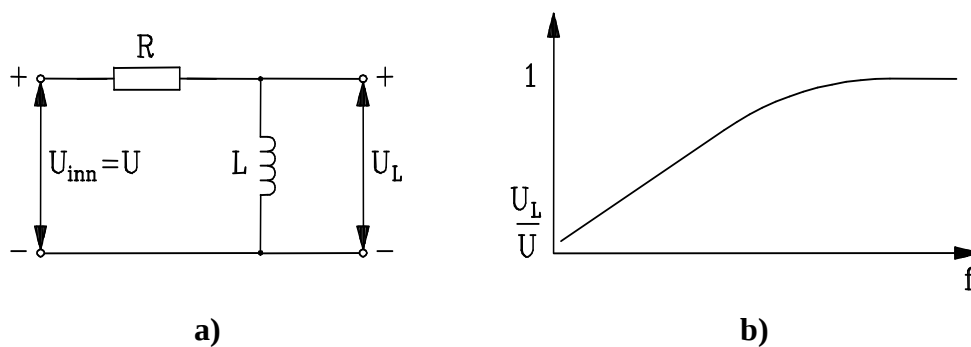
Av definisjonen på kapasitive reaktans $X_C = \frac{1}{2\pi f C}$ ser vi at når frekvensen går mot null, vil X_C øke sterkt for til slutt å bli uendelig stor ved likestrøm ($f = 0$). Dette fører til at alt spenningsfallet blir liggende over kondensatoren, dvs. at $U_C/U \rightarrow 1$. På samme vis ser vi når frekvensen blir høy, vil reaktansen minke for til slutt å gå mot null for $f \rightarrow \infty$. Da vil all

spenning ligge over motstanden og $U_C/U \rightarrow 0$. Forholdet U_C/U som funksjon av frekvensen er vist på figur 5b, hvor det er brukt dobbeltlogaritmisk skala (se side 5 og 6 i Innledningen).

For å bestemme X_C , måler vi spenningene U_C og U_R over henholdsvis kondensator og motstand. Ohms lov brukt på motstanden gir oss strømmen I i kretsen ($I = U_R/R$). Ved innsetting i ligning 7 finner vi:

$$X_C = R \cdot \frac{U_C}{U_R} \quad (8)$$

UTFØRELSE - OPPGAVE



Figur 6

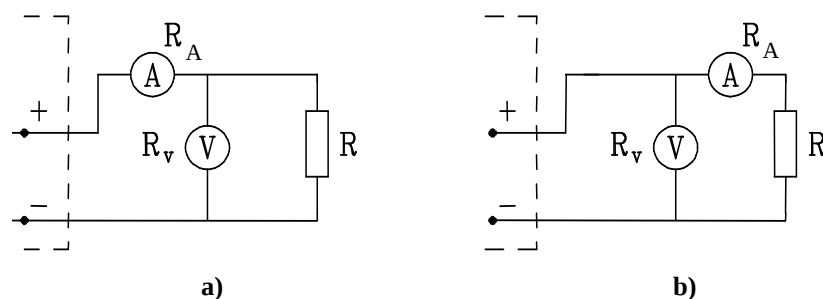
A. LIKESTRØMSKRETSE

BESTEMMELSE AV RESISTANS VED MÅLING AV STRØM OG SPENNING.

Bestemmelse av resistans ut fra strøm- og spenningsmåling kan gjøres på to måter som vist i Figur 7.

I figuren er R den ukjente resistans, R_A er amperemeterets egenresistans og R_v er voltmeterets egenresistans.

Vi skal nå undersøke hvordan måleinstrumentenes egenresistans i kopling a og b, vil influere på måleresultatene.



Figur 7

Kopling a

Ved denne koplingen (Figur 7a) viser voltmeteret korrekt spenning, mens amperemeteret viser summen av strømmen I_R gjennom R og strømmen I_v gjennom voltmeteret. Strømmen I_R er lik $I - I_v$ slik at spenningen U over R er:

$$U = R(I - I_v) = I_v R_v \quad (12)$$

som gir:

$$R = \frac{U}{I - I_v} = \frac{U}{I - \frac{U}{R_v}} \quad (13)$$

Hvis vi ikke korrigerer for strømmen gjennom voltmeteret, får vi:

$$R = \frac{U}{I} \quad (14)$$

Kopling b

Ved denne koplingen (Figur 7b) viser amperemeteret den riktige strømmen gjennom R, mens voltmeteret viser summen av spenningsfallene over R og amperemeteret. Spenningen U over voltmeteret er:

$$U = I(R_A + R) \quad (15)$$

Løst med hensyn på R får vi:

$$R = \frac{U - R_A I}{I} = \frac{U}{I} - R_A \quad (16)$$

Uten korreksjon har vi som før resistansen R gitt ved Lign. (14):

Begge metodene gir riktig resultat når vi korrigerer for instrumentenes egenresistans etter Lign. (13) for kopling a og etter Lign. (16) for kopling b.

Finn resistansen til to motstander (R_1 og R_3) ved strøm- og spenningsmålinger etter kopling a) og kopling b). (Reguler spenningen til et av instrumentene viser fullt skalautslag). Oppgi både ukorrigert og korrigert verdi.

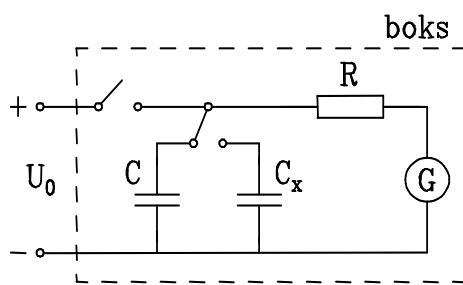
Beregn den prosentvise feil når vi bruker ukorrigerte verdier. Kommenter feilprosenten, hvorfor er den slik?

For R_A brukes den målte verdi fra pkt. 2. R_v er oppgitt i veiledningsheftet. Ved målingene brukes dreiespoleinstrumenter.

2. RESISTANSMÅLING MED DIGITALMULTIMETER

Mål den indre resistans R_A i mA-meteret og 3 ukjente resistanser (R_1 , R_2 , R_3) med digitalmultimeteret.

3. Utladning av kondensator



Figur 8

Vi bruker den koplingen som er vist i Figur 8 og ladespenning $U_0 \sim 30V$. Strømmen i kretsen måles med et elektronisk galvanometer. Utslaget s på dette er proporsjonalt strømmen i kretsen I , dvs. $s = k \cdot I$.

Galvanometeret er bygget inn i samme boks som R og C . Med en vender kan vi skifte mellom en kondensator med kjent kapasitans C og en ukjent kondensator C_x . Ved å trykke ned knappen "OPPLADNING" lades kondensatoren praktisk talt momentant. Når knappen

slippes vil kondensatoren utlades gjennom motstanden R .

Tidskonstanten τ kan vi måle direkte som utladningstiden fra utslag s_0 på galvanometeret til s_0/e ($0,368 s_0$).

- Mål hvordan galvanometerutslaget s endrer seg med tiden t når kondensatoren C utlades gjennom motstanden R . Les av utslaget på galvanometeret for $t = 0$, deretter hvert halve minutt de to første minuttene, senere hvert minutt i tilsammen 5-6 min.
- Tegn opp utladningskurven for strømmen I både på vanlig mm-papir og på enkelt-logaritmisk kurvepapir hvor utladningstiden t er i lineær målestokk. Marker tidskonstanten τ på kurvene og sammenlign den eksperimentelle verdi for τ med beregning på grunnlag av oppgitt verdi for R og C .
- Mål tidskonstanten $\tau_x = RC_x$ når kondensator C_x utlades gjennom motstanden R . Gjenta målingene 10 ganger. Bestem middelveiden $\bar{\tau}_x$ og finn usikkerheten i bestemmelsen av $\bar{\tau}_x$ (standardavvik). Bruk $\bar{\tau}_x$ og oppgitt R til å finne hvor stor C_x er.

B. Vekselstrømskretser

1. RC-krets

Vi bruker koplingen i Figur 5a hvor motstand og kondensator er koplet sammen i en boks. Som inngangsspenning U bruker vi en vekselstrømskilde (signalgenerator) hvor vi kan variere frekvens og spenning. Fra signalgeneratoren sendes sinusformet vekselspenning inn på kretsen og spenningen reguleres til et passe nivå. Vi bruker multimetret til å måle spenningen over kretsen og enkeltkomponentene. (Multimetret er ikke jordet slik at vi kan kople oss inn i kretsen uten hensyn til jord på signalgeneratoren). Når vi har koplet til kretsen justerer vi påtrykt spenning U til 1V – denne spenningen vil være konstant i det aktuelle frekvensområdet (andre verdier kan naturligvis brukes, men det blir så mye enklere å beregne

- a) **Mål U_R og U_C for frekvensene :
50, 100, 200, 500, 1000, 2000, 5000 og 10000 Hz.**
(Tidsmessig lønner det seg å måle: 100, 1000, 10000 Hz, deretter 200....-dette reduserer dreiningen av frekvenshjulet betraktelig)
- b) **Tegn kurven for U_C/U på dobbeltlogaritmisk papir.**
- c) **Tegn spenningene U_C og U_R i viserdiagram for $f = 500$ Hz.**
Finn påtrykt spenning U av diagrammet og sammenlign med målt verdi.
Bestem også fasevinkelen ϕ mellom U og U_R .
- d) **Beregn X_C for 50 og 10.000 Hz ut fra Lign. (8). Sammenlign med teoretisk verdi $X_C = 1/\omega C$.**

forholdet U_C/U senere i oppgaven.).

Apparaturliste og bruksanvisning følger på de neste sidene.

Apparaturliste til oppgave 3 (se også bildene under):

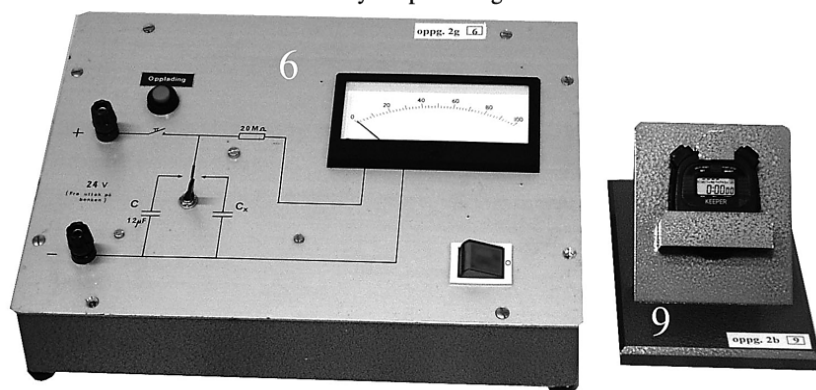
1. Voltmeter, SIFAM,
indre resistans 0 – 5V område $R_V = 5000\Omega$
” ” 0 – 20V område $R_V = 20000\Omega$
2. Amperemeter, SIFAM, 0 - 10mA (indre resistans måles)
3. Digitalmultimeter, Tektronix TX-3. (bruksanvisning vedlagt). Indre resistans $10M\Omega$
4. Likespenningskilde, Mascot 719
5. Brett med 3 (ukjente) motstander
6. Boks med RC-krets til måling av utladning, kobles til nettet. Måleinstrument innebygd.
7. Boks med RC, RL – kretser
8. Pasco funksjonsgenerator (bruksanvisning vedlagt)
9. Stoppeklokke

Laboratorieledninger for oppkopling

Bilder av apparaturen



utstyr til pkt. 3a og 3



utstyr til pkt. 4



Bruksanvisning for multimeter, Tektronix TX-3.

Multimetret kan måle spenning, strøm, frekvens, resistans og temperatur, men vi skal her bare benytte det til resistans – og spenningsmålinger.

RESISTANSMÅLINGER

Måleledninger fra resistansen koples til COM og V. Bryter settes til $\square$ -symbolet og resistansverdien vises automatisk i vindu med eventuelle prefiks – K(ilo), M(ega)

SPENNINGSMÅLINGER

Tilkopling som for resistansmålinger. Bryter settes på V-symbol. Still inn på AC (vekselspenning) eller DC (likespenning) målinger ved å presse knapp 1 eller 2 i øvre rekke.

Spenningsverdi vises automatisk i vindu.

For AC-målinger vises også signalets frekvens over spenningsverdien. Signalets styrke vises også analogt som lengden av streken under spenningsverdien.

Bruksanvisning for funksjonsgenerator, PASCO PI-9587B

Signalet tas ut over GND (jord) og L_o $\square$ (lavohmig utgang). Amplitude –knappen regulerer styrken på signalet. "Wavefront" stilles inn på øverste (sinus) symbolet (generatoren kan gi signaler formet som trekant og firkant)

Frekvensen varieres kontinuerlig med **Adjust** og i trin med **Range**. Den innstilte frekvensverdi vises i vinduet. Ved å variere hastigheten på dreiningen av Adjust-knappen kan vi også variere hvor hurtig frekvensverdien endrer seg, or å effektivisere målingene (det går svært sent med Adjust) anbefales å stille inn først på f.eks. 50Hz og deretter bruke "Range" til å gjøre måleserien 50 – 500 - 5000Hz, deretter tilsvarende med de resterende verdiene.

LABORATORIEØVELSE 4

Måling av lydfart

Hensikt

I denne øvelsen skal vi måle lydfart med stående bølger i et rør og ved bruk av datalogger.

Teori:

Lydbølger er longitudinale bølger som bare kan bres utover i et medium. Hastigheten til lydbølgene er bestemt av mediet, og kan variere svært mye. I vann er hastigheten ca 1500 m/s, mens den i metaller som aluminium og jern er over 5000 m/s. I gasser, slik som luft, varierer hastigheten med tetthet og trykk, og derfor også temperatur.

Sammenhengen mellom hastighet, frekvens og bølgelengde er gitt ved

$$v = f \lambda$$

Ved måling av lydhastighet skal vi bruke stående bølger. Stående bølger, eller stående svingninger, oppstår på en avgrenset streng eller en luftsøyle ved helt bestemte frekvenser. Hvis vi f. eks slår vi på en gitarstreng, vil det komme en bestemt tone på grunn av de stående svingninger som er spesifikk for denne strengen.

Det karakteristiske ved stående svingninger er at bølgene, slik vi ser dem, ikke flytter seg. Vi har isteden faste *knutepunkter* som er i ro mellom svingene *buker*. Årsaken til at bølgene er "stillestående" skyldes imidlertid interferens mellom enkeltbølgene som reflekteres frem og tilbake på strengen (eller luftsøyla).

Avstanden mellom to knuter på en stående bølge er lik halve bølgelengden for enkeltbølgene. Vi kan derfor bruke stående bølger til å beregne lydhastigheten.

$$v = f \lambda = f 2\Delta x,$$

der Δx er avstanden mellom to knutepunkter.

Oppgave 1: Stående bølger i lydrør 1

I denne øvelsen skal du måle lydhastigheten med et lydrør delvis fylt med vann (Se figuren nedenfor).

Når vi slår på en stemmegaffel og holder den over rørråpningen, sendes det lydbølger ned i røret. Disse reflekteres fra vannoverflaten (knutepunkt) og videre ned igjen i rørråpningen (buk). Lydbølgene som går opp og ned i røret kan da interferere og lage resonans (stående bølger). Dette forutsetter at lengden på luftsøylen matcher bølgelengden. Vi vil høre resonanseffekten ved at lyden fra stemmegaffelen forsterkes i røret.

Utførsel.

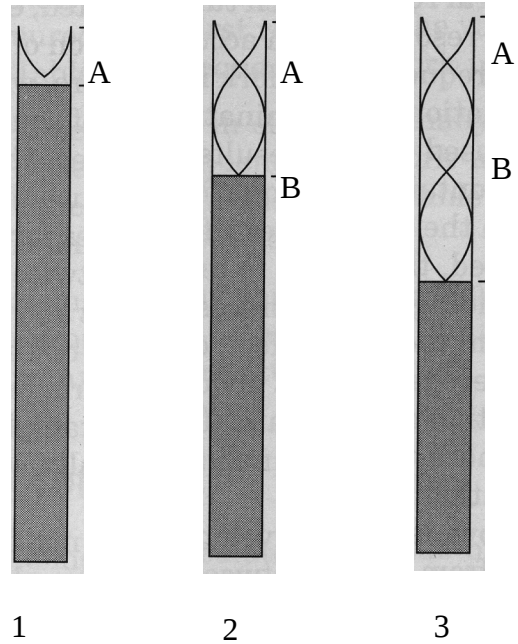
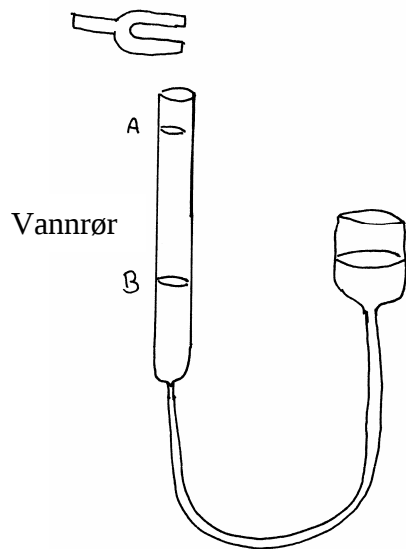
Fyll røret helt med vann, slå på stemmegaffelen og senk vannstanden til du hører første posisjonen med stående bølger. Merk av vannivået med A. Senk trakten videre til du igjen får stående bølger, og merk nivået B. Mål avstanden AB (Δx i formelen over), som tilsvarer en

halv bølgelengde $\frac{1}{2} \lambda$. Det kan være en fordel å finne flere knutepunkter og måle f. eks λ eller $\frac{3}{2} \lambda$.

Når du har funnet bølgelengden regner du ut lydhastigheten.

Den teoretiske lydhastigheten til luft $v = (331,5 + 0,607 T)$ m/s, der T er temperatur målt i $^{\circ}\text{C}$.

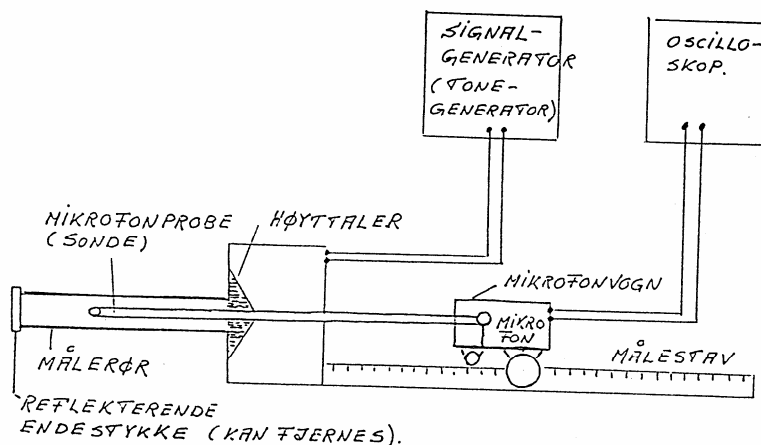
Forsøk å anslå usikkerhet i målingen.



Oppgave 2: Stående bølger i lydrør 2

Denne delen av øvelsen ligner den forrige, men knutepunktene bestemmes nå med en mikrofonsonde. (se fig. nedenfor).

En høyttaler, koplet til en tonegenerator, er plassert på enden av et lydrør (målerør). Bak høyttaleren er det en mikrofonvogn med et langt metallrør med en mikrofonsonde i enden. Metallrøret med mikrofonsonde peker inn i lydrøret. Når mikrofonrøret flyttes langs en målestav, flyttes også mikrofonsonden inne i røret. På denne måten kan vi registrere lydtrykket inne i målerøret på forskjellige posisjoner. Lydtrykket kan leses av på et oscilloskop.

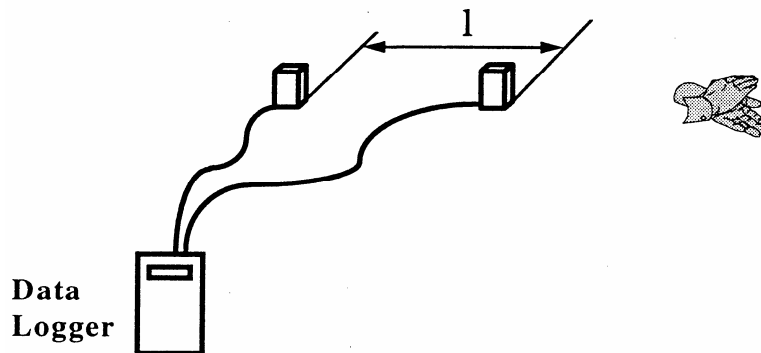


Utførsel

- Slå på høyttaleren og velg frekvens 1000 Hz
- Flytt mikrofonvognen forsiktig frem og tilbake og observer hvordan lydtrykket varierer inne i røret.
- Bestem avstanden mellom to knutepunkter
- Regn ut lydhastigheten i luft
- Anslå usikkerheten i lydhastigheten.

Øvelse 3 Måling av lydfart med datalogging

Vi kan måle lydhastighet med en datalogger ved å bruke to lydsensorer (mikrofoner). Dataloggeren brukes da til å registrere tiden det tar fra lyden passerer den første sensoren til den neste.



Utførsel

- Koble opp de to lydsensorene og plasser dem minst 2 m fra hverandre, pekende i samme retning (se fig). Mål nøyaktig avstand mellom sensorene.
- Velg raskeste målefrekvens (dobbeltklikk på sensoren i "setup" vinduet)
- Sett måletiden til 2 sekunder (Gjøres i "Options")
- Start målingene, lag deretter umiddelbart en skarp smell (hammer mot metall) utenfor den første sensoren.
- Analyser dataene ved å zoome inn på området der lyden treffer sensorene.
- Les av tidspunktene der lyden treffer mikrofonene ved å bruke "smart tool".
- Regn ut lydhastigheten i luft.
- Anslå usikkerheten i lydhastigheten.
- Gjenta samme prosedyre for tre og/eller metall.