Anvisningar för laborationer i elektronik

Labbarna i elektronik baseras på följande ideer:

- Undersökande/forskande inställning till omvärlden är en ingenjörs kännetecken.
- Man lär sig bara det som är intressant att veta för egen del.
- Man lär sig bara genom att göra det själv.
- Labbar är ett utmärkt tillfälle att lära sig.

Ovanstående har lett till att vi beslutat genomföra laborationerna så att det är som ditt/ert eget arbete med fenomenen som presenteras i kursen och inte efter något recept som kursledaren hittat på. Det finns en handledning men egna idéer är välkomna. Ett avsnitt kan typiskt se ut så här:

1. Avsnittet presenteras på föreläsning(ar).
2. Exempel löses på handledda övningstillfällen.
3. Du/ni studerar labhandledningen inför er kommande labb i avsnittet.
4. På övningstillfället kan du få feedback på dina ideer.
5. Labben genomförs och resultaten dokumenteras.

Ett bra sätt att dokumentera labkursen är att skriva allt i labmanualen eller i en "dagbok", där du och handledaren även kan skiva värdefulla kommentarer.

Laborationsregler

Förberedelser

- Börja i god tid före laborationstillfället med att studera din labhandledning. Läs igenom de teoriavsnitt som laborationen behandlar. Förberedelseuppgifter finns i handledningen och skall vara lösta innan laborationen.
- Förberedelse inför varje laboration är viktig för att få behållning av labben.
- Genomför det obligatoriska förberedelseprovet till labben på http://courses.eit.lth.se/

Laborationen

Glöm inte att ta med räknedosa eller dator till laborationen.

Handledaren är skyldig att avvisa elever som kommer för sent eller är dåligt förberedda. (Eftersom inga speciella restlaborationer ges, är det viktigt att du själv ser till att avverka ett missat laborationstillfälle snarast, tala med kurssekretariatet, kursexp@eit.lth.se.)

Efter laborationen skall arbetsbänken städas enligt instruktioner i lablokalen.

Säkerhet

Var försiktig med elektricitet, laserstrålning, kemikalier osv. Det finns brandsläckare i alla korridorer. Förbandslåda finns i labkorridoren. *Ytterkläder får av säkerhetsskäl inte förvaras vid laborationsuppställningarna*

Missade laborationstillfällen

Om du på grund av sjukdom är förhindrad att delta i en laboration skall du *innan laborationens början* sjukanmäla dig till institutionens sekretariat: Kursexp@eit.lth.se

Laborationsredovisning

Redovisningarna skall ha ett försättsblad, där institution, laborationens namn, namn på laboranterna (*typiskt två stycken*), handledarens namn och datum för utförandet och inlämningen fylls i.

Redovisningskrav

Gruppen kan få lämna in en gemensam rapport, men varje student skall äga en egen rapport. På laborationerna i den här kursen ska rapporten vara av typen kortare redogörelse som kan läsas fristående från labmanualen. Vilka labbar som ska redovisas skriftligt framgår av kurshemsidan.

Disponeringshjälp

Till dina laborationsrapporter följer här en disponeringshjälp. Hjälpen avviker något från de anvisningar som kommer att gälla i fysikkursen eftersom laborationerna i elektronik i huvudsak ska belysa verkligheten bakom teorin. I fysik gäller i högre grad det vetenskapliga angreppssättet, dvs man ska kunna upprepa experimentet och få samma resultat, tex mätning av ljudhastigheten. Därför skall utrustning och tillvägagångssätt dokumenteras mer noga i det fallet.

Om olika labmoment inte hör ihop är det lämpligt att redovisa och kommentera dessa var för sig. Delar som ska vara med är:

Försöket avser.

Berätta kort vad experimentet/laborationen gick ut på.

Försöksutrustning.

Beskriv mätutrustningen om den inte är självklar. Rita blockschema om uppställningen innehöll flera ihopkopplade apparater.

Utförande.

Berätta hur försöket gick till. Koncentrera framställningen på mätningarna. Redovisa alltid de samband som används vid beräkningarna. Samla mätvärden av samma typ i tabeller. Diagram ritas med hjälp av dator eller på mm–papper om du inte har tillgång till en dator. Varje diagram numreras och förses med självförklarande text. Sätt ut enheter på axlarna och identifiera kurvorna. I texten refererar man till diagramnumret.

Resultat.

Ange vad experimentet ledde till. Det kan vara ett beräknat värde eller ett kvalitativt resultat. Det kan också vara en insikt tex. Amplituden minskar med frekvensen eller omgivningsljuset stör roboten.

Exempel 1. Vi bestämde att ljudhastigheten i torr luft med temperaturen 0°C är 331,2(1) m/s.

Exempel 2. Den specifika vridningen finns redovisad i diagram 2. Blått ljus ger upphov till nästan dubbelt så stor vridning som rött ljus.

Tolkning eller kommentarer.

Det viktigaste sparas till sist! **Fundera över resultatet**. Stämmer resultatet med någon etablerad teori? Tolka dina mätningar, var resultatet väntat och om inte försök förklara avvikelserna. Vad visar resultatet – koppla till teorin. Försök alltid att jämföra med tabellvärde om sådana finns tillgängliga. Kan eventuella avvikelser förklaras med mätonoggrannhet? Finns det tecken som tyder på att försöket inte är så idealiserat som teorin förutsätter?

Exempel 3. De beräknade minimumpunkternas lägen stämmer perfekt med de experimentellt bestämda. Att kurvformen inte är så jämn och fin beror antagligen på reflektioner i ljudlådan.

Exempel 4. Vårt resultat på ljudhastigheten i aluminium avviker bara 5% ifrån det värde som finns i Handbook of Chemistry and Physics. Avvikelsen ligger inom våra felgränser.

Exempel 5. Vi har bestämt brytningsindex hos flera gaser med 7 siffrors noggrannhet. Samtliga resultat stämmer väl överens med tillgängliga tabellvärden. Mätmetoden är således imponerande noggrann.

Till sist: Numrera samtliga sidor i rapporten!

Inlämning

Laborationsredovisningen ska lämnas i handledarens fack, Epost eller på annat överenskommet sätt tex uppvisa dagbok, inom en vecka efter laborationstillfället. Handledaren kommer då att inom en vecka från inlämningstillfället lämna tillbaka redovisningen antingen godkänd eller icke godkänd. Är redovisningen icke godkänd ska den snarast kompletteras enligt handledarens anvisningar. Handledarna registrerar rapporten i databasen och du kan övervaka dina resultat på kursens hemsida. Rapporteringen till LADOK sker några gånger under kursens gång och kan därför under en tid avvika från resultatsidan. Endast efter kursens slut kan du säkert se alla resultat i LADOK. ***Observera att det finns ett sista datum i slutet av kursen då laborationsrapporterna skall vara godkända. Återstår det efter detta datum laborationer där redogörelsen ej är godkänd är hela laborationen underkänd och måste utföras på nytt vid nästa möjliga laborationstillfälle.***

1. EXPERIMENTELL METODIK

Storheter, mätetal och enheter

En fysikalisk storhet är en egenskap som kan mätas eller beräknas. En storhet är produkten av mätetal och enhet.

Exempel 1. Elektronens massa är $m = 9{,}109 \cdot 10^{-31}$ kg.

$$\underset{\text{Storhets-beteckning}}{m} = \underbrace{9{,}109 \cdot 10^{-31}}_{\text{Mätetal}} \underset{\text{Enhets-beteckning}}{\text{kg}}$$

I vårt måttsystem (SI) finns 7 grundenheter. Se nedanstående tabell. De enheter som följer efter ett mätetal är ofta en kombination av flera grundenheter. En fysikalisk formel ger ett samband mellan storheter men samtidigt måste enheterna alltid vara lika i vänster och höger led (annars är formeln fel). Detta innebär att den kombination av grundenheter som finns i vänsterledet även måste förekomma i högerledet.

Det är mest lämpligt att välja enheter som bygger på SI-systemets grundenheter.

Storhet	SI–enhet	Kortversion
Längd	1 meter	1 m
Massa	1 kilogram	1 kg
Tid	1 sekund	1 s
Elektrisk ström	1 ampere	1 A
Temperatur	1 kelvin	1 K
Ljusstyrka	1 candela	1 cd
Substansmängd	1 mol	1 mol

Tabell 1. *SI–systemets grundenheter. Ingen av de sju grundenheterna kan uttryckas med hjälp av någon eller några av de andra grundenheterna.*

Exempel 2. Ett av fysikens mest kända samband är formeln $E = m \cdot c^2$ där E är energin, m är massan och c är ljushastigheten i vakuum. I SI-systemet är enheten för högerledet 1 kg·m^2·s^{-2}. Enheten för vänsterledet är 1 J = 1 Nm = 1 kg · m^2 · s^{-2} precis som väntat.

Om dimensionslösa storheter

Det är alltid av värde att göra en ”enhetskontroll” när man är färdig med en beräkning. På så sätt upptäcker man lätt eventuella fel i de samband man använt. Dessutom minskar sannolikheten för feltolkning av prefix och tiopotenser.

Fysikaliskt kan man också uttrycka detta som att vänster- och högerled ska ha samma dimension. Om vänsterledet i ett uttryck har dimensionen ”längd/tid” (= hastighet) så ska också högerledet ha det. Då båda leden uttrycks i SI-enheter medför en enhetskontroll att det står ”meter per sekund” såväl till höger som till vänster om likhetstecknet.

Det finns fysikaliska storheter som är *dimensionslösa*. Dessa uppträder när vi definierar en storhet som en kvot mellan två storheter med samma dimension. Låt oss ta ett exempel. Vinkeln θ definieras som kvoten mellan cirkelbågens längd s, och radien r enligt

$$\theta = \frac{s}{r}$$

Då både s och r har dimensionen ”längd” innebär detta att enheten för vinkel är ”m/m” dvs. 1. Men alla vet ju att vi kallar enheten för radianer. Vi sätter alltså ett namn efter mätetalet trots att det egentligen inte behövs, eftersom det inte representerar någon av fysikens grunddimensioner.

Eftersom cirkelsn omkrets är $2\pi r$ blir

$$\theta = \frac{2\pi r}{r} = 2\pi$$

ett mått på hur stort ”ett varv” är. Vi säger att ett varv motsvarar 2π radianer.

Du kommer under kursens gång att stöta på fler dimensionslösa storheter. Titta t.ex. på uttrycket för ljudintensitetsnivå,

$$L = 10 \cdot \log \frac{I}{I_0}$$

Här är I och I_0 två intensiteter (med SI-enheten 1 W/m^2). Kvoten blir förstås dimensionslös och enheten lika med 1. Det senare är, som vi strax ska se, nödvändigt för att vi ska kunna logaitmera.

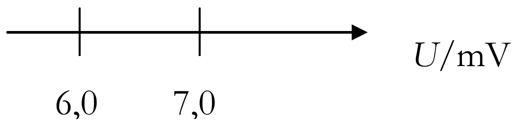
Höger- och vänsterleden är alltså dimensionslösa. Trots detta uttrycker vi nivåer i ”1 decibel”, en ”enhet” som alltså bara ska betraktas som ett namn.

Allmänt om tabeller och diagram

För diagramritning finns ett antal regler som skall iakttas:

1. För att underlätta inritning av punkterna i ett diagram och för att underlätta avläsning ur diagrammet, så skall diagramskalorna väljas så att 1 cm motsvarar 1 eller 2 eller 5 (eller tiopotenser av 1 eller 2 eller 5). Exempelvis kan 1 cm på diagramaxeln motsvara 1 V, 2 V eller 5 V. På diagramaxlar och i tabeller skiljer vi storheten och enheten med ett bråkstreck enligt följande exempel där storheten exemplifieras med spänning *U*:

Diagramaxel:



Tabellhuvud:

***U*/mV**
6,0
7,0

Detta kan inte missförstås, ty $\frac{U}{\text{mV}} = 6{,}0$ innebär att $U = 6{,}0$ mV.

2. Låt den linje eller den kurva du ritar uppfylla diagrammet på ett ”bra” sätt genom att göra avbrott på diagramaxlarna. Origo behöver inte alltid finnas med.

3. Markera mätpunkterna med ett ”plustecken” (+) eller med en ”ring” (o) och rita, i förekommande fall, in felgränserna.

4. Anslut en rät linje eller en så jämn kurva som möjligt till mätpunkterna. Använd *alltid* linjal eller kurvmall.

Vid avläsning ur diagrammet skall du använda den inritade kurvan, eller räta linjen, som är en approximation av dina mätpunkter. *Använd aldrig mätvärdena för vidare beräkningar eftersom det försämrar noggrannheten.*

Olika typer av skalor i diagram

För att testa olika hypoteser om funktionssamband är det lämpligt att vid diagramritning välja variabler på axlarna, så att det förväntade sambandet blir en rät linje. I detta avsnitt beskrivs några sådana metoder.

Räta linjen

Räta linjens ekvation är $y = k \cdot x + m$, där k och m är konstanter. Grafen (y avsatt mot x) blir en rät linje med riktningskoefficient k. För att bestämma k för en rät linje i ett diagram behövs två punkter på den räta linjen, $(x_1\,;y_1)$ och $(x_2\,;y_2)$, vilket ger

$$k = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

Därefter fås m ur den räta linjens ekvation eller som linjens skärning med y–axeln. Observera att derivatan av den räta linjens ekvation blir riktningskoefficienten k.

$$\frac{dy}{dx} = \frac{d}{dx}\left(k \cdot x + m\right) = k$$

Om $m = 0$ så har vi $y = k \cdot x$ och vi säger att y är *proportionell mot* x. Vi skriver detta som $y \sim x$.

Omskrivning av funktionssamband

Då ett samband mellan två variabler inte är linjärt kan man i vissa fall välja nya variabler på diagramaxlarna så att mätpunkterna ändå följer en rät linje. Om t.ex. $y = 3 \cdot x^2$ kan man välja att sätta av y som funktion av x^2. Man får då en rät linje vars riktningskoefficient är 3. Ofta räcker det inte att välja nya variabler utan funktionssambandet måste först skrivas om. Följande exempel avser att illustrera metoden.

Exempel 3. Två fysikaliska storheter mäts och ger en uppsättning mätetal, z och r. Man vill testa hypotesen att

$$z = a + b \cdot r^m$$

där a, b och m är konstanter och m är känd. I diagram bör man då sätta av z som funktion av r^m dvs. z på "y–axeln" och r^m på "x–axeln". Om hypotesen är riktig hamnar mätpunkterna på en rät linje i diagrammet. Vidare kan konstanterna a och b bestämmas med hjälp av diagrammet. a är skärningen med y–axeln (värdet på z då r^m är lika med noll) och b är linjens riktningskoefficient.

Exempel 4. Två fysikaliska storheter mäts och ger en uppsättning mätetal, z och r. man vill testa hypotesen att

$$z = \frac{a}{r} + b \cdot r$$

där a och b är konstanter och $r \neq 0$. Sambandet kan skrivas om som $z \cdot r = a + b \cdot r^2$. I diagram bör man då sätta av $z \cdot r$ som funktion av r^2 dvs. $z \cdot r$ på "y–axeln" och r^2 på "x–axeln". Om hypotesen är riktig ger detta en rät linje i diagrammet och konstanterna a och b fås enligt

$$b = \frac{(z \cdot r)_2 - (z \cdot r)_1}{r_2^2 - r_1^2} \text{ och } a = (z \cdot r)_2 - b \cdot r_2^2 .$$

Omskrivning av z = a·r^b

Alla samband mellan två uppsättningar mätetal som kan skrivas på formen $z = a \cdot r^b$, där a och b är konstanter, ger en rät linje i ett diagram där log z sätts av som funktion av log r. Logaritmering av sambandet ger

$$\log z = b \cdot \log r + \log a$$

Jämför med räta linjens ekvation:

$$y \quad = \quad k \quad \cdot \quad x \quad + \quad m$$

konstanten b fås som riktningskoefficienten enligt:

$$b = \frac{\log z_2 - \log z_1}{\log r_2 - \log r_1}$$

Konstanten a bestäms genom att man väljer en punkt på den räta linjen (log r_1 ; log z_1). Eftersom b är känd så fås a ur

$$\log z_1 = b \cdot \log r_1 + \log a \text{ eller } z_1 = a \cdot r_1^b$$

Det är viktigt att poängtera att z och r representerar *mätetal*. Vi kan alltså bara logaritmera något som är dimensionslöst, har enheten 1. Logaritmerade mätetal ska i en tabell ha ett tabellhuvud enligt modellen "log(storhet/enhet)", t.ex. log(U/mV). På samma sätt markeras diagramaxlar då vi avsätter logaritmerade mätetal i ett diagram. Detta kan aldrig missförstås eftersom storhet/enhet = mätetal.

Omskrivning av z = a·e^b·r

Alla samband mellan två uppsättningar mätetal som kan skrivas på formen $z = a \cdot e^{b \cdot r}$ där a och b är konstanter, ger en rät linje i ett diagram där log z sätts av som funktion av r. (Basen e kan ersättas med vilken bas som helst).

Logaritmering av sambandet ger

$$\log z = \underbrace{(b \cdot \log e)}\cdot r + \log a$$

Jämför med räta linjens ekvation:

$$y \quad = \quad k \quad \cdot \quad x \; + \quad m$$

(b · log e) fås som riktningskoefficienten enligt:

$$b \cdot \log e = \frac{\log z_2 - \log z_1}{r_2 - r_1}$$

Konstanten a bestäms genom att man väljer en punkt på den räta linjen och läser av (r_1 ; log z_1). Eftersom b är känd så erhålls a ur

$$\log z_1 = (b \cdot \log e)\cdot r_1 + \log a \quad \text{eller} \quad z_1 = a \cdot e^{b \cdot r_1}$$

Anmärkning: Enklast blir logaritmeringen ovan om man väljer basen *e*, eftersom ln e = 1.

Exempel 5. Två fysikaliska storheter mäts och ger en uppsättning mätetal z och r. Man vill testa hypotesen att

$$z = a \cdot e^{b/r}$$

där a och b är konstanter. Logaritmering ger

$$\ln z = \ln a + b \cdot \frac{1}{r}$$

I diagram bör man sätta av ln z som funktion av r^{-1}. Riktningskoefficienten b fås som

$$b = \frac{\ln z_2 - \ln z_1}{\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1}}$$

och konstanten a fås genom insättning i funktionssambandet

$$a = \frac{z_1}{e^{b/r_1}}.$$

Exempel 6. Sambandet mellan två fysikaliska storheter mäts och ger en uppsättning mätetal z och r.

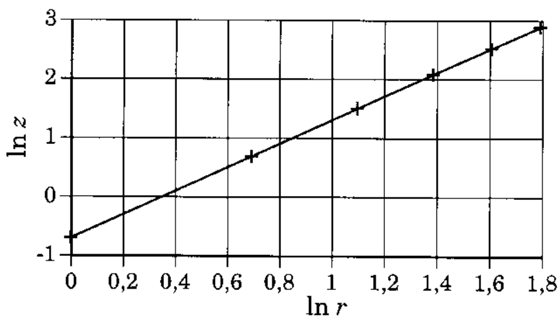
r	*z*
1,0	0,5
2,0	2,0
3,0	4,5
4,0	8,0
5,0	12,5
6,0	18,0

Bestäm sambandet mellan z och r.

Lösning: Att sambandet inte är linjärt syns direkt om z sätts av mot r. För att kunna dra slutsatser om sambandet måste vi få en rät linje i ett diagram och provar därför att logaritmera mätvärdena. Utöka tabellen med kolumner för ln r och ln z

r	*z*	**ln *r***	**ln *z***
1,0	0,5	0,000	-0,693
2,0	2,0	0,693	0,693
3,0	4,5	1,099	1,504
4,0	8,0	1,386	2,079
5,0	12,5	1,609	2,526
6,0	18,0	1,792	2,890

Avsätt ln z som funktion av ln r i ett diagram på vanligt mm–papper. Se figur 1.



Figur 1. ln z avsatt mot ln r ger en rät linje, vilket visar att sambandet är $z = a \cdot r^b$.

Punkterna ligger på en rät linje vilket innebär att sambandet är av typen $z = a \cdot r^b$ där a och b är konstanter.
Logaritmering ger $\ln z = b \cdot \ln r + \ln a$. Jämför med $y = k \cdot x + m$
Avläsning på linjen ger oss två punkter t.ex. (1,80 ; 2,90) och (0,00 ; -0,69). Riktningskoefficienten b blir då

$$b = \frac{\ln z_2 - \ln z_1}{\ln r_2 - \ln r_1} = \frac{2{,}90 - (-0{,}69)}{1{,}80 - 0} = 1{,}99 \approx 2$$

och a erhålls genom insättning
$\ln a = \ln z_2 - b \cdot \ln r_2 = 2{,}90 - 2 \cdot 1{,}80 = -0{,}70$
$\Rightarrow a = 0{,}50$
Svar: Det sökta sambandet är $z = 0{,}5 \cdot r^2$.

Om diagramritning på dator

I ovanstående exempel har vi förutsatt att diagrammen ritas för hand (på mm-papper). Om antalet mätvärden inte är alltför stort, är detta ofta enkelt och effektivt. Med hjälp av en räknare går det snabbt att plocka fram ekvationen för den räta linje som bäst ansluter till mätpunkterna. Detta blir oftast bättre än när ögat ska avgöra linjens lutning.

Vill man använda datorn för att rita diagram, gäller det att vara uppmärksam på hur datorn hanterar skalor och mätvärden. Program som Matlab fungerar bra, eftersom du med några enkla kommandon själv styr hur inprickning av mätpunkter och eventuell anpassning av räta linjer ska se ut. Problemet med Matlab är att erhålla grafiskt tilltalande diagram (som också är formellt korrekta). Att rita diagram i Excel är vanskligt. Programmet är varken anpassat för naturvetenskapliga eller matematiska behov, och mycket kan därför bli helt fel.