

# Løsningsforslag

## EKSAMEN

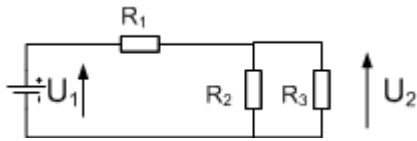
<b>Emnekode:</b> ITD12011	<b>Emnenavn:</b> Fysikk og kjemi
<b>Dato:</b> 29 April 2020	<b>Eksamenstid:</b> 9:00 til 13:00
<b>Hjelpemidler:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Alle hjelpemidler tillatt</li></ul>	<b>Faglærer:</b> Erling P. Strand
<b>Om eksamensoppgaven og poengberegning:</b>  Oppgavesettet består av tittelside, 4 sider med oppgaver og 2 sider med vedlegg, totalt 7 sider. Kontroller at oppgavesettet er komplett før du begynner å besvare oppgaven.  Alle spørsmål på oppgavene skal besvares, og alle spørsmål teller likt i bedømmingen av eksamen.	
<b>Sensurfrist:</b>  21. mai 2020  Karakterene er tilgjengelige for studenter i Studentweb <a href="http://www.hiof.no/studentweb">www.hiof.no/studentweb</a>	

**Alle utregninger må tas med i besvarelsen! Noen formler finnes i vedlegg.**



## Oppgave 1

Gitt følgende krets:



$U_1 = 5,0 \text{ V}$ ,  $R_1 = 1,0 \text{ k}\Omega$  ( $1000 \Omega$ ),  $R_2 = 680 \Omega$  og  $R_3 = 820 \Omega$

a) Hvor stor er strømmen  $I$ , som går igjennom motstanden  $R_1$ ?

Regner først ut parallell-koblingen av  $R_2$  og  $R_3$ , som kalles  $R_{23}$ :

$$R_{23} = \frac{R_2 \cdot R_3}{(R_2 + R_3)} = \frac{680 \cdot 820}{(680 + 820)} = 372 \Omega$$

$$I = \frac{U_1}{(R_1 + R_{23})} = \frac{5,0}{(1000 + 372)} = 3,6 \text{ mA}$$

b) Hvor stor er spenningen  $U_2$ ?

$$U_2 = I \cdot R_{23} = 3,6 \cdot 10^{-3} [\text{A}] \cdot 372 [\Omega] = 1,3 [\text{V}]$$

c) Hvor stor er effekten i  $R_2$ ?

$$P_{R_2} = \frac{(U_2)^2}{R_2} = \frac{1,3^2}{680} = 2,5 \cdot 10^{-3} [\text{W}] = 2,5 [\text{mW}]$$

## Oppgave 2

Du har en varmovn, med effekten  $3000 \text{ W}$ , ved spenningen  $220 \text{ V}$ . Denne varmovnen kobles til  $220 \text{ V}$  ved hjelp av en skjøteledning, som er  $500 \text{ m}$  lang. Arealet på hver av de to ledningene i skjøteledningen er  $1,5 \text{ mm}^2$ . Ledningene er laget av kobber, med  $\rho = 1,68 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$

a) Hvor stor er spenningen ved varmovnen?

Må først finne motstanden i ovnen:

Ved  $220 [\text{V}]$  gir ovnen  $3000 [\text{W}]$ . Dvs:  $P = U \cdot I = 3000 [\text{W}]$

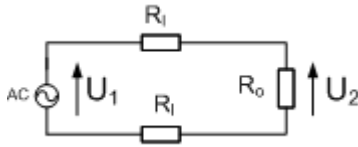
$I = P/U = 3000/220 = 13,6 [\text{A}]$

$U = R \cdot I$  gir  $R_o = U/I = 220/13,6 = 16,1 [\Omega]$

Må også finne motstanden i ledningen:

$$R_l = \frac{\rho \cdot l}{A} = \frac{1,68 \cdot 10^{-8} \cdot 500 [m \cdot \Omega \cdot m]}{1,5 \cdot (10^{-3})^2 [m^2]} = \frac{840 \cdot 10^{-8}}{1,5 \cdot 10^{-6}} [\Omega] = 5,6 [\Omega]$$

Tegner nå opp dette ekvivalentskjema:



$$U_1 = 220 [V] \quad R_o = 16,1 [\Omega] \quad \text{og} \quad R_l = 5,6 [\Omega]$$

Legg merke til at det blir to stk  $R_l$ , fordi det er to ledninger til ovnen. Hver ledning har  $R_l$ .

Spenningen over ovnen er  $U_2$ .

$$U_2 = \frac{U_1}{(R_o + 2 \cdot R_l)} \cdot R_o = \frac{220}{(16,1 + 11,2)} \cdot 16,1 [V] = 129,7 [V]$$

b) *Hvor stor effekt er det i varmeovnen nå?*

Effekten i ovnen blir nå:

$$P = U \cdot I = U^2 / R = (129,7)^2 / 16,1 = \underline{1046 [W]}$$

### Oppgave 3

Anta at du skal måle en spenning  $U$  med et multimeter. Det instrumentet har tre innganger, som er merket:

*Inngang 1 :  $\Omega V$*

*Inngang 2 : COM*

*Inngang 3 : mA/ $\mu$ A*

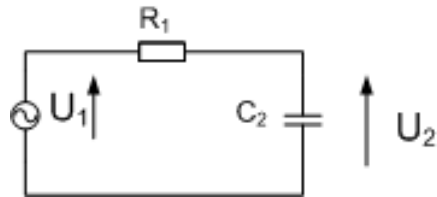


*Hvilke innganger skal du bruke?*

For å måle spenning må man bruke inngang 1 og 2. COM er fellespunktet, eller jord om man vil.  $\Omega V$  er for å måle motstand  $\Omega$  og spenning  $V$

## Oppgave 4

Ta utgangspunkt i denne krets:



$R_1 = 10\text{ k}\Omega$  og  $C_2 = 20\text{ nF}$ . Spenningen inn er  $U_1$  og spenningen ut er  $U_2$ .

- a) Hva heter denne kretsen?

Dette er et lavpass filter. Forkortet skrivemåte: LP filter

- b) Gi en kort beskrivelse av virkemåten.

Et lavpass filter slipper gjennom en vekselspenningen  $U$ , med lave frekvenser. Høye frekvenser blir dempet. Det er definert en grensefrekvens  $f_G$ .

Et spenningssignal,  $U$ , med frekvensen under grensefrekvensen, slipper stort sett udempet igjennom, mens frekvenser over grensefrekvensen blir dempet. Jo høyere frekvensen er, jo mer blir den dempet. Dempningen angis ved å ta forholdet mellom utgangsspenningen delt på inngangsspenningen:  $U_2/U_1$

Det at høye frekvenser dempes kommer av at impedansen i kondensatoren er avhengig av frekvensen.

$$Z_{C2} = \frac{1}{j2\pi f C_2}$$

Jo høyere frekvens  $f$ , jo mindre blir impedansen  $Z_{C2}$ . Da blir også  $U_2$  mindre.

- c) Utled uttrykket for  $U_2/U_1$ . Symbolene  $R_1$  og  $C_2$  skal inngå i uttrykket (**ikke** tallverdiene for  $R_1$  og  $C_2$ )

$$U_2 = \frac{U_1}{(R_1 + Z_{C2})} \cdot Z_{C2}$$

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{Z_{C2}}{(R_1 + Z_{C2})} = \frac{\frac{1}{j2\pi f C_2}}{R_1 + \frac{1}{j2\pi f C_2}} = \frac{1}{1 + j2\pi f C_2 R_1}$$

- d) Hva blir uttrykket for  $U_2/U_1$ , når grensefrekvensen  $f_G$  skal inngå i uttrykket?

Grensefrekvensen  $f_G$  er definert til å være der realdelen = imaginærdelen, i uttrykket over. Altså den frekvensen hvor:  $2\pi f_G \cdot C_2 R_1 = 1$ . Det er ved en bestemt frekvens, og den frekvensen kalles grensefrekvensen,  $f_G$ . Det gir:

$$f_G = \frac{1}{2\pi C_2 R_1}$$

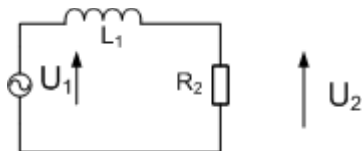
Når  $f_G$  settes inn i uttrykket for  $U_2/U_1$ , får vi:

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{1}{1 + j\left(\frac{f}{f_G}\right)}$$

- e) Regn ut grensefrekvens for kretsen?

$$f_G = \frac{1}{2\pi R_1 C_2} = \frac{1}{2\pi \cdot 10^4 \cdot 20 \cdot 10^{-9}} = 7,95 \cdot 10^2 = 795 \text{ [Hz]}$$

- f) Lag en ny kretstegning av tilsvarende krets, hvor det brukes en spole og en motstand.



- g) Regn ut verdiene av spolen og motstanden, når det skal være den samme grensefrekvensen.

$$\frac{u_2}{u_1} = \frac{R_2}{R_2 + Z_L} = \frac{R_2}{R_2 + j2\pi f \cdot L_1} = \frac{1}{1 + j2\pi f \left(\frac{L_1}{R_2}\right)}$$

Grensefrekvensen er gitt av:

$$f_G = \frac{1}{2\pi \left(\frac{L_1}{R_2}\right)} = \frac{R_2}{2\pi L_1}$$

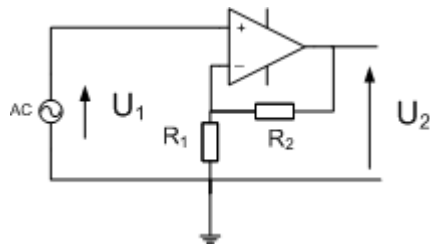
$$f_G = \frac{1}{2\pi \left(\frac{L_1}{R_2}\right)} = \frac{R_2}{2\pi L_1} = 795$$

Hvis vi velger  $L_1=10$  mH, blir:

$$R_2 = 795 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 10^{-2} = 49,95 = 50,0 \Omega$$

## Oppgave 5

Anta at du har en forsterker, slik som vist i figuren under.



a) Utled uttrykket for forsterkningen  $U_2/U_1$ .

Når vi skal utlede uttrykket for en ikke-inverterende forsterker, bruker vi kunnskapen om en operasjonsforsterker. Der er forsterkningen tilnærmet uendelig stor. Det medfører at spenningen mellom + og – inngangen er tilnærmet 0 Volt. Dessuten går det ingen strøm inn i operasjonsforsterkeren på hverken + eller – inngangen. Da blir spenningen på + og – inngangen den samme, dvs – inngangen er  $U_1$ . Da vil  $U_1$  ligge over  $R_1$ , og  $U_2$  vil ligge over  $(R_1+R_2)$ . Strømmen som går gjennom  $R_1$  er den samme som går gjennom  $R_2$ . Da kan vi sette opp:

$$I = \frac{U_2}{(R_1 + R_2)} = \frac{U_1}{R_1}$$

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{(R_1 + R_2)}{R_1} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

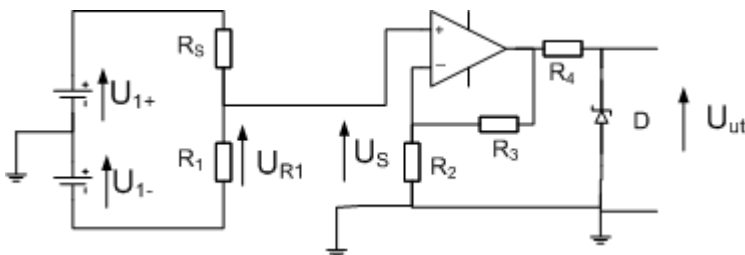
b) Hvor stor blir forsterkningen når  $R_1 = 2K2$  ( $2200 \Omega$ ) og  $R_2 = 10K$  ( $10000 \Omega$ )?

$$\frac{U_2}{U_1} = 1 + \frac{10000}{2200} = 5,5$$

Forsterkningen blir 5,5 ganger

## Oppgave 6

a) Anta at du har følgende målesystem:



Spenningsene  $U_{1+}$  og  $U_{1-}$  er 5,0 V.  $R_S$  er en temperaturføler. Ved  $-20^\circ\text{C}$ :  $R_S = 921 \Omega$ . Ved  $+50^\circ\text{C}$ :  $R_S = 1194 \Omega$ .

Regn ut alle motstandsverdiene, slik at  $U_{ut}$  varierer mellom 0,0 V til 5,0 V.

Temperaturområdet skal være mellom  $-20^\circ$  til  $+50^\circ\text{C}$ . Zenerdioden er på 5,6 V

Vi legger merke til plasseringen av  $R_S$ .  $R_1$  og  $R_S$  har byttet plass i forhold til tidligere eksempler. Det gjør at spenningen  $U_S$  er størst ved  $-20^\circ\text{C}$ , og minst ved  $+50^\circ\text{C}$ . Vi gjør beregningene slik at  $U_{ut} = 0,0 \text{ V}$  ved  $+50^\circ\text{C}$ , og  $U_{ut} = 5,0 \text{ V}$  ved  $-20^\circ\text{C}$ .

For at  $U_{ut} = 0,0 \text{ V}$  ved  $+50^\circ\text{C}$ , da  $R_S = 1194 \Omega$ , må også  $U_S = 0,0 \text{ V}$ . For at  $U_S = 0,0 \text{ V}$ , må  $U_{R1} = U_{R2}$ . Da må  $R_1 = R_S$  ved  $+50^\circ\text{C}$ .  $R_1 = 1194 \Omega$ .

Ved  $-20^\circ\text{C}$  er  $R_S = 921 \Omega$ . Da blir  $U_{R1}$ :

$$U_{R1} = \frac{(U_{1+} + U_{1-})}{(R_S + R_1)} \cdot R_1 = \frac{10,0}{(921 + 1194)} \cdot 1194 = 5,65 \text{ V}$$

$$U_S = U_{R1} - 5,0 = 0,65 \text{ V}$$

For at denne spenningen skal gi  $U_{ut} = 5,0 \text{ V}$ , må den forsterkes:  $5,0/0,65 = 7,75$  ggr

$$\frac{U_{ut}}{U_S} = 7,75 = 1 + \frac{R_3}{R_2}$$

$R_3 = 6,75 \cdot R_2$  Velger  $R_2 = 1,0 \text{ K}\Omega$ . Da blir  $R_3 = 6,8 \text{ K}\Omega$

Motstanden  $R_4$  er der for å begrense strømmen hvis spenningen  $U_{ut} > 5,6$  V. Nå er det ikke oppgitt maks effekt Zenerdioden tåler. Hvis vi antar at maks effekt er  $1/8$  W, kan maks strøm gjennom Zenerdioden være  $I_D = P/U = 0,125/5,6 = 22$  mA  
Maks spenning over  $R_4$  er  $(12,0 - 5,6)$  V =  $2,14$  V. Ved den spenningen kan det gå maks 22 mA. Da må  $R_4 > 2,14/0,022 = 97 \Omega$   
Vi kan da velge  $R_4 > 97 \Omega$ . Hvis man velger i  $K\Omega$  området, er man sikker.

Disse beregningen på  $R_4$  forutsetter at man bruker info som ikke er oppgitt: En spenningsforsyning på op.amp på  $\pm 12,0$  V og maks effekt i Zenerdioden på  $1/8$  W. Hvis studenten da bare skriver at vi velger en motstand i  $K\Omega$  området, er det riktig nok.

b) *Forklar kort forskjellene mellom et balansert og et ubalansert målesystem. Få spesielt fram fordelene med et balansert system.*

I et ubalansert målesystem vil den ene av de to ledningene fra en sensor kobles til jord. Støy som kommer inn på ledningene vil da bli forsterket opp, slik som signalet.

I et balansert målesystem vil de to ledningene fra en sensor gå inn på henholdsvis + og – inngangene på en balansert forsterker. Differansen mellom + og – inngangen vil bli forsterket opp. Støyen kommer inn på begge ledningene, med samme fase og amplitude. Differansen mellom + og minus blir da den samme, så støyen vil ikke bli forsterket opp.

## **Oppgave 7**

*Anta at du har et lys som går gjennom et gitter med 400 linjer per mm. På en plate som er plassert 2,00 m fra gitteret, vil det bli et interferensmønster. Hvor lang er avstanden mellom mode (orden) 0 og mode (orden) 2 på denne platen, hvis bølgelengden på lyset er 600 nm?*

Må først finne gitterkonstanten:

$$d = \frac{1}{400 [1/mm]} = \frac{10^{-3} [m]}{400} = 2,5 \cdot 10^{-6} [m]$$

Kan så regne ut vinkelen  $\theta_2$  ved å bruke interferensformelen  $d \cdot \sin\theta_n = n \cdot \lambda$

$$\theta_2 = \sin^{-1} \left( \frac{2 \cdot \lambda}{d} \right) = \sin^{-1} \left( \frac{1200 \cdot 10^{-9}}{2,5 \cdot 10^{-6}} \right) = \sin^{-1}(0,48) = 28,69^\circ$$

Når avstanden til platen er 2,00 m og vinkelen mellom mode 0 og mode 2 er  $28,69^\circ$ , vil det gi en avstand  $x$  på platen. Avstanden  $x$  blir

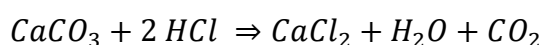


$$\tan(\theta) = \frac{x}{2,00 \text{ [m]}}$$

$$x = 2,00 \cdot \tan 28,69^\circ = 1,09 \text{ [m]}$$

## Oppgave 8

Anta at du blander saltsyre (HCl) og kalsiumkarbonat (CaCO<sub>3</sub>). Du får da kalsiumklorid (CaCl<sub>2</sub>), vann (H<sub>2</sub>O) og karbondioksid (CO<sub>2</sub>). Den balanserte reaksjonslikningen er



- I. Hvor stor masse CO<sub>2</sub> blir dannet hvis du bruker 1,00 kg saltsyre (HCl)?

Vi finner først ut massen til et mol saltsyre (HCl) og et mol karbondioksid (CO<sub>2</sub>).

H: 1,008

C: 12,011

Cl: 35,453

2 O: 2 · 15,999 = 31,998

HCl: 36,461 g/mol

CO<sub>2</sub>: 44,009 g/mol

Antall mol i 1,00 kg saltsyre er:

$$\frac{1,00 \text{ [kg]}}{36,461 \text{ [g/mol]}} = \frac{1000 \text{ [g]}}{36,461 \text{ [g/mol]}} = 27,43 \text{ [mol]}$$

I den balanserte likningen ser vi at 2 mol saltsyre skal til for å gi 1 mol karbondioksid.

Så når vi har 27,43 mol saltsyre, får vi  $27,43/2 = 13,71$  mol karbondioksid. Det gir  $13,71 \text{ [mol]} \cdot 44,009 \text{ [g/mol]} = 603,51 \text{ [g]} \text{ CO}_2$ .

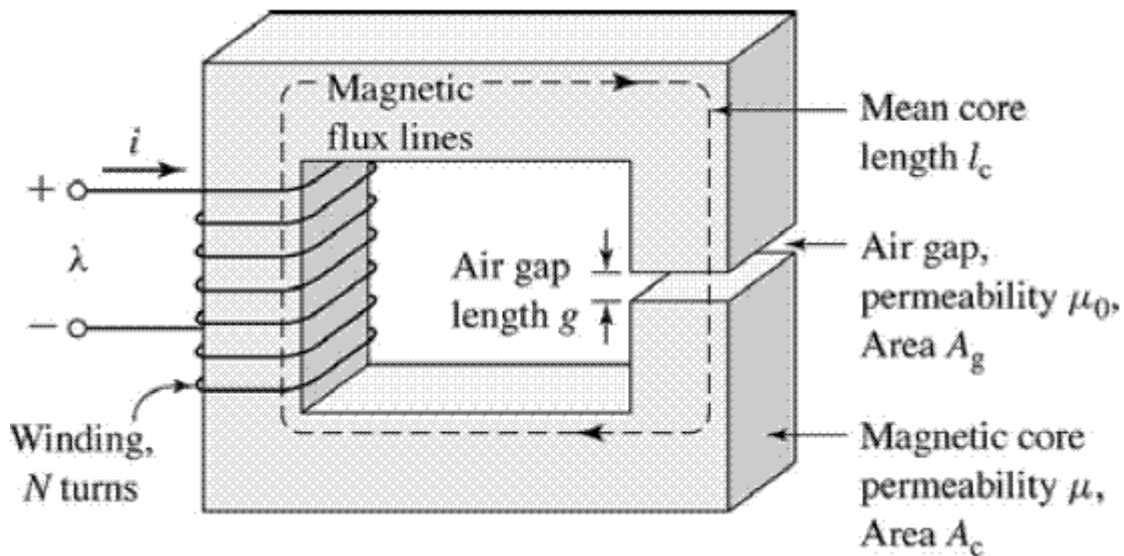
- II. Tettheten til saltsyre er 1,19 kg/liter. Hvor mange mol saltsyre er det i en liter saltsyre?

I en liter saltsyre er det 1,19 kg. Antall mol blir:

$$\frac{1190 \text{ [g]}}{36,461 \text{ [g/mol]}} = 32,64 \text{ [mol]}$$

## Oppgave 9

Anta at du har en kjerne av stål, hvor  $\mu_r=800$ . Arealet av kjernen, og luftgapet er det samme:  $A_c=A_g = 4,0 \text{ cm}^2$ . Hele lengden av kjernematerialet er  $l_c= 9,0+9,0+8,0+7,5= 33,5 \text{ cm}$ , luftgapet  $g= 0,5 \text{ cm}$ .



a) Hvor stor er den totale reluktansen?

Den totale reluktansen blir lik summen av reluktansen i kjernematerialet,  $R_k$  og i luftgapet  $R_l$ .

$$R_k = \frac{l}{\mu_r \cdot \mu_0 \cdot A} = \frac{0,335 \text{ [m]}}{800 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 4,0 \cdot 10^{-4} \text{ [m}^2 \cdot \text{Wb}/\text{A} \cdot \text{t} \cdot \text{m}]} = 8,33 \cdot 10^5 \left[ \frac{\text{A} \cdot \text{t}}{\text{Wb}} \right]$$

$$R_l = \frac{l}{\mu_r \cdot \mu_0 \cdot A} = \frac{0,005 \text{ [m]}}{1 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 4,0 \cdot 10^{-4} \text{ [m}^2 \cdot \text{Wb}/\text{A} \cdot \text{t} \cdot \text{m}]} = 9,95 \cdot 10^6 \left[ \frac{\text{A} \cdot \text{t}}{\text{Wb}} \right]$$

$$R_{tot} = R_k + R_l = 8,33 \cdot 10^5 + 9,95 \cdot 10^6 = 107,8 \cdot 10^5 \left[ \frac{\text{A} \cdot \text{t}}{\text{Wb}} \right] = 1,08 \cdot 10^7 \left[ \frac{\text{A} \cdot \text{t}}{\text{Wb}} \right]$$

b) Hvor stor blir flukstettheten  $B$ , når antall viklinger  $N=7$  og strømstyrken  $i= 5,0 \text{ A}$ ?

Regner først ut fluksen  $\Phi$

$$\Phi = \frac{F_m}{\mathfrak{R}_{tot}} = \frac{N \cdot I}{\mathfrak{R}_{tot}} = \frac{7 \cdot 5,0 [A \cdot t]}{1,08 \cdot 10^7 \left[ \frac{A \cdot t}{Wb} \right]} = 3,25 \cdot 10^{-6} [Wb]$$

Regner så ut flukstettheten B

$$B = \frac{\Phi}{A} = \frac{3,25 \cdot 10^{-6} [Wb]}{4,0 \cdot 10^{-4} [m^2]} = 0,81 \cdot 10^{-2} [T] = 8,1 [mT]$$

## VEDLEGG

Exp.	Prefiks	Symbol	Desimal
$10^9$	Giga	G	1 000 000 000
$10^6$	Mega	M	1 000 000
$10^3$	Kilo	k	1 000
$10^{-3}$	milli	m	0, 001
$10^{-6}$	micro	$\mu$	0, 000 001
$10^{-9}$	nano	n	0, 000 000 001
$10^{-12}$	pico	p	0, 000 000 000 001

$$Z_C = \frac{1}{j2\pi fC}$$

Reluktans:  $R_m = \mathcal{R} = \frac{l}{\mu_r \mu_0 A}$  hvor  $\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$  [H/m],  $l$  er lengden,  $A$  er arealet og  $\mu_r$  er relativ permeabilitet. Kan også bruke benevnelsen:  
 $\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$  [Wb/(A·t·m)]

Indre motstand  $R_l$  i ledning:

$$R_l = \rho \cdot \frac{l}{A}$$

Magnetomotorisk spenning eller magnetomotorisk kraft:  $F_m = N \cdot I$

Magnetisk fluks:  $\phi = \frac{F_m}{R_m}$

Magnetisk flukstetthet:  $B = \frac{\phi}{A}$

Interferensformelen:  $d \cdot \sin \theta_n = n \cdot \lambda$

Avogadros tall,  $N_A = 6,022 \cdot 10^{23}$

Atommasseenheten  $u = 1,660 \cdot 10^{-27}$  kg

