



ELEKTRISKE STØRRELSER, ENHEDER, FORMLER MM

Dette er en samling af formler og elektriske størrelser, samt et forsøg på, at forklare dem på en "forståelig måde". Det er forsøgt gjort ved brug af analogier til andre måske mere kendte fysiske størrelser.

Hvis du finder fejl eller mener, der mangler noget, - så send venligst en mail !!

Valle Thorø

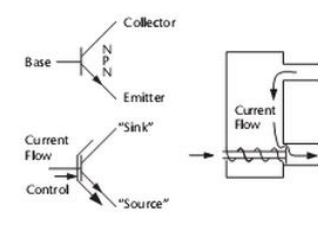
Den første tabel viser analogier til andre fysiske størrelser.

Analogier:

<u>Elektrisk størrelse</u>	<u>Analogi</u>
Spænding , U [V], Volt Elektrontryk	Lufttryk, Vandtryk, Temperatur, Negativ spænding ~vacuum i rør eller tank. Lufttryk i en cykelslange. Hvis der er et hul, vil der være et flow til et lavere tryk.
Spændingsforskel , Delta U, ΔU [V] Er der en spændingsforskel, løber der en strøm, hvis der kan! ΔU og modstanden bestemmer størrelsen.	Trykforskel, Temperaturforskel Der vil være et flow, hvis muligt, mod lavere tryk
Strøm , I [A] Ampere Elektronflow	Vandflow i rør, Luftflow, Strøm i bæk, Er der hul på et rør med tryk i, vil der være et flow ud mod lavere tryk.
Modstand R, [Ω] Ohm, Modstand mod elektronflow	Modstand i vandrør mod vandflow. Fx Indsnævring i et vandrør, Forkalkning af en blodåre Er der hul på cykelslangen, er modstanden ikke uendelig! Ligger der en død ko i et vandløb, er der større modstand mod vandflow.



ELEKTRISKE STØRRELSER, ENHEDER, FORMLER MM

<p>Batteri Ladningspumpe, pumper ladninger op på højere tryk. ”Konstant tryk”</p>	<p>Svarer til en Centrifugal Vandpumpe, der giver et konstant vandtryk. Pumper vand op på et højere tryk</p>	
<p>Kondensator Kondensatorens størrelse ~ dens kapacitet Det er ikke muligt, momentant at ændre spændingen over en kondensator Kondensator lader af: Graf: $U_c=f(t)$ Større kondensator Større aflademodstand Lækstrøm, i elektrolytkondensator</p>	<p>Vandtårn, cylindrisk Kapacitet svarer til grundfladen Ladning i kondensator svarer til meter vandsøjle. Det er ikke muligt, momentant at ændre niveauet i et vandtårn Varm te køler af, $Temp = f(t)$ Større mængde te Bedre isolering, Tehætte Luft i cykelhjul diffunderer ud</p>	
<p>Spole Strøm i spole Det er ikke muligt, momentant at ændre strømmen i en spole Energiindholdet $E_{\text{Magnetfelt}} = \frac{1}{2} \cdot L \cdot I^2 [\text{Joule}]$</p>	<p>Masse i bevægelse Det er ikke muligt, momentant at ændre en masses hastighed, fx en bils hastighed. Energiindholdet $E_{\text{Kinetisk}} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 [\text{Joule}]$</p>	
<p>Zenerdiode En Zenerdiode leder som en alm. Diode den ene vej, men den anden vej spærrer den kun indtil et vist spændingsniveau er overskredet.</p>	<p>Kanal med diger. Kommer vandstanden over digens kant, stiger vandet ikke længere.</p>	
<p>Transistor Forholdet I_{basis} til $I_{\text{collector}}$ beskriver transistorens strømforstærkeren, kaldet β En lille strøm styrer en større strøm</p>	<p>Servomekanisme I en lastbil kan en lille kraft fra rattet dreje store tunge hjul En lille kraft styrer en større kraft</p>	



ELEKTRISKE STØRRELSER, ENHEDER, FORMLER MM

Mosfettransistor En lille spænding styrer en (stor) strøm	Magnetventil Vha. et joystick styres en stor kraft
Diode Der skal 0,7 volt for at dioden åbner	Kontraventil Der skal et tryk til, før ventilen åbner. En fjederkraft skal overvindes!

<u>Navn, Størrelse</u>	<u>Formel-tegn</u> Symbol	<u>SI-enhed</u>	<u>Bemærkninger</u> (Enheder)	<u>Formler</u>
Spænding Elektrisk potentiale Spændingsforskel Potentialeforskel Elektron tryk ~ vandtryk	U	Volt [V]	1 V = 1 W/A 1 V = 1 A Ω 1 V = 1 J/C	U = I · R U = E/Q
	Analogi: Lufttryk, Vandtryk, Temperatur, Negativ spænding ~vacuum i rør eller tank.			
Spændingsforskel	Delta U, ΔU [V]		Er der en spændingsforskel, løber der en strøm, hvis der kan ! ΔU og modstanden bestemmer størrelsen. Analogi: Er der en spændingsforskel, løber der en strøm, hvis der kan ! ΔU og modstanden bestemmer størrelsen.	
Spændingsdeler-formel			Spændingen over en modstand i en spændingsdeler, er den påtrykte spænding gange med den modstand, man vil finde spændingen over, divideret med summen af modstandene.	$U_{Out} = \frac{U_{Påtrykt} \cdot R_x}{\Sigma R}$
Strøm Elektronflow pr sek. ~ vandflow, liter/sek	I	Ampere [A]	1 A = 1 C/s 1 A = 1 V/Ω	I = Q/t I = U / R
	Vandflow i rør, Luftflow, Strøm i bæk, Er der hul på et rør med tryk i, vil der være et flow ud mod lavere tryk.			
Strømdelerformelen			I en parallelforbindelse findes strømmen i en af modstandene som den totale strøm, gange den anden modstand, divideret med summen af modstandene.	$I_2 = \frac{\Sigma I \cdot R_1}{R_1 + R_2}$



ELEKTRISKE STØRRELSER, ENHEDER, FORMLER MM

Modstand Resistans Modstand mod elektronflow	R Z	Ohm [Ω]	$1 \Omega = 1 \text{ V/A}$ $1 \Omega = 1 \text{ W/A}^2$ $1 \Omega = 1 \text{ V}^2/\text{W}$ $1 \Omega = 1/\text{S}$ (1/ Siemens)	$R = U / I$
	Analogi: Modstand i vandrør mod vandflow. Fx Indsnævring i et vandør, Forkalkning af en blodåre Er der hul på cykelslangen, er modstanden ikke uendelig ! Ligger der en død ko i et vandløb, er der større modstand mod vandflow.			
Elektricitetsmængde, Elektrisk ladning ~ vand volumen	Q	Coulomb [C]	$1 \text{ C} = 1 \text{ As}$ $1 \text{ C} = 1 \text{ J/V}$	$Q = I \cdot t$
Specifik modstand	ρ Rho	Ohm-meter [$\Omega \cdot \text{m}$]	Modstanden i en kobberleder der er 1 meter lang og med et tværsnitsareal på 1 m^2 er $0,01725 \mu\Omega$ ved normalt 20°C . Eller i SI-enheder $0,01725 \mu\Omega\text{m}$ α_{20} for Cu er $0,393 \text{ \%}/^\circ\text{C}$	$R = (\rho \cdot s) / A$ ρ_{20} er specifik modstand opgivet ved 20°C $\rho = \rho_0 [1 + \alpha_0(T - T_0)]$ $R = R_0 [1 + \alpha_0(T - T_0)]$
Ledeevne Konduktans Et materiales evne til at lede strøm. Det modsatte af modstand.	G	Siemens [S]	$1 \text{ S} = 1 \text{ A/V}$ $1 \text{ S} = 1/\Omega$ $1 \text{ S} = 1 \text{ A}^2/\text{W}$ $1 \text{ S} = 1 \Omega^{-1}$	$G = 1/R$ $G = I/U$
Strømtæthed	J	Ampere pr kvadratmeter [A/m^2]		$J = I/A$
Elektrisk feltstyrke	E	Volt pr. meter [V/m]	$1 \text{ V}/\text{m} = 1 \text{ W}/\text{Am}$ $1 \text{ V}/\text{m} = 1 \text{ A } \Omega/\text{m}$ $1 \text{ V}/\text{m} = 1 \text{ N}/\text{C}$	Spændingsforskel pr. meter. Bliver den for stor, springer en gnist. ~ ex. et lyn. Bliver spændingen over ca. 30 KV pr cm, springer en gnist. Fra fx en nål er spændingen ca. 5,5 KV / cm.
Gnistafstand		[V/m]	Ud over spændingen, afhænger gnist-afstanden af elektrodernes form og størrelse, af trykket og af den omgivende gas. Kilde: http://www.kronjaeger.com/hv-old/hv/tbl/measure.html	Ved en spænding på 1000 volt kan der springe gnister på ca. 1 mm.



ELEKTRISKE STØRRELSER, ENHEDER, FORMLER MM

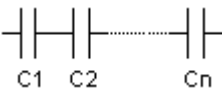
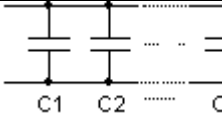
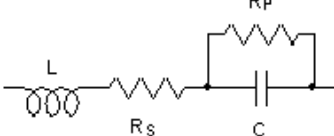
				1 cm radius = 2cm diameter	
				max. dist. / mm	tension / volts
				0.5	2900
				1	4700
				3	11400
				6	20400
				10	30800
Elektrisk arbejde	W	Joule [J]	1 J = 1 Nm 1 J = 1 Ws	W = P · t W = U · Q	
Elektrisk Effekt Energi pr sekund.	P	Watt [W]	1 W = 1 J/s 1 W = 1 V · A	P = U · I P = U ² /R P = I ² · R	
Kraft	F	Newton [N]	1 N = 1 Ws/m 1 N = 1 Kg · m / s ²		
Længde	s	Meter [m]			
Areal	A	Kvadratmeter [m ²]			
Virkningsgrad	η (eta)		Udnyttet i forhold til tilført	η = P _{nytte} /P _{tilført} η = W _{nytte} /W _{tilført}	

Kondensator, Capacitor

Navn, Størrelse Name, Quantity	Formel- tegn Symbol	SI-enhed SI Unit	Bemærkninger (enheder)(Units)	Formler Equations
Ladning / Charge Elektricitets-mængde ~opmaganiseret vand	Q	Coulomb [C]	1 C = 1 As, 1 [C] ~ ladningen af 6,25 · 10 ¹⁸ elektroner	Q = I · t [C = A · s] Q = U · C [C = V · F]
Elementarladning	e	Coulomb [C]	e=1,602EE-19 [As] eller [C]	
Kapacitet ~cylindrisk vandtårn	C	Farad [F]	1 F = 1 As/V 1 F = 1 C/V 1 [F] er den kapacitet, hvor- over spændingen stiger 1 [V] når der tilføres 1 [A] i 1 sekund.	$C = \frac{Q}{U}$ [F = C / V] Ved konstant strøm: $U_c = \frac{I \cdot t}{C}$
Oplagret energi i kondensator	W	Joule [J]		$W = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{Q^2}{C}$
Xc Kapacitiv modstand ved Sinus-spænding Reaktans, Reactance.	X _c	[Ω]		$X_c = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C}$
Halvliv, halv op eller afladning		Sekund [s]		$t_{1/2-liv} = \frac{2}{3} \cdot R \cdot C$



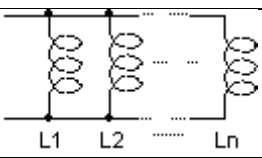
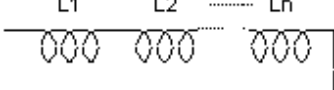
ELEKTRISKE STØRRELSER, ENHEDER, FORMLER MM

Tau	τ	Sekund [s]	63 % opladning, eller 63 % afladning	
U_C afladning		Volt [V]	Spændingen ender i 0 Volt	$U_C = U_{start} \cdot e^{-\frac{t}{RC}}$
U_C opladning U_C Charge up		Volt [V]	Opladning fra 0 [V]	$U_C = U_{Final} \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right)$
t afladning t Discharge		Sekund [s]		$t = R \cdot C \cdot \ln\left(\frac{U_{start}}{U_C}\right)$
t opladning		Sekund [s]		$t = -R \cdot C \cdot \ln\left(1 - \frac{U_C}{U_{Final}}\right)$ $t = R \cdot C \cdot \ln\left(\frac{U_{Final}}{U_{Final} - U_C}\right)$
U_C , opladning og afladning med startværdi			Ved opladning er $U_{initial} = 0$, ved afladning: $U_{final} = 0$	$U_C = U_{Final} + (U_{Initial} - U_{Final}) \cdot e^{-\frac{t}{RC}}$
I_C , op & afladning				$I = I_{Final} + (I_{Initial} - I_{Final}) \cdot e^{-\frac{t}{RC}}$
Opladning med konstant strøm				$Q = \frac{U}{C}$ og $Q = I \cdot t$
Ladestrøm som f(spændingsændring)				$i(t) = C \frac{dU(t)}{dt}$
Opladning med ikke konstant strøm				$U_C(t) = \frac{1}{C} \int i(t) dt + U_0$
Serielle kondensatorer				$\Sigma C = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}}$
Parallelle kondensatorer.		Parallelle vandtårne.		$\Sigma C = C_1 + C_2 + \dots + C_n$
Ækvivalent diagram for en kondensator. Ingen kondensator er "ideel".				

Spole (Coil)	Formel- tegn Symbol	SI-enhed	Bemærkninger (enheder) (Units)	Formler
Oplagret energi	W	Joule [J]		$W = \frac{L \cdot I^2}{2}$
Selvinduktions- koefficient, Induktans	L	Henry [H]	1 H = 1 Vs/A = 1 Ohmsecond	

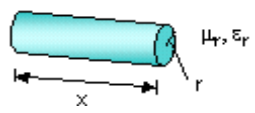


ELEKTRISKE STØRRELSER, ENHEDER, FORMLER MM

i ved stigende strøm		Ampere [A] Amps		$i = I_{Final} \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right)$ Tau = L/R
i ved aftagende strøm		Ampere [A] Amps		$i = I_{Start} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$ Tau = L/R
X_L Induktiv modstand Ved Sinus spænding Reactance	X_L	Ohm [Ω]		$X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$
				$U(t) = L \frac{di(t)}{dt}$
				$(i) = \frac{1}{L} \int U(t) \cdot dt$
				$\Sigma L = \frac{1}{\frac{1}{L1} + \frac{1}{L2} + \dots + \frac{1}{Ln}}$
				$\Sigma L = L1 + L2 + \dots + Ln$

Kabler:

Parsnoede kabler. Et kategori 5 kabel har typisk 3 til 4 snoninger pr tomme. Sammenlignet med 3 til 4 snoninger (twists) pr foot for Category 3.

	$L_{(LowFreq)} = 0.002 \cdot \left[\ln\left(\frac{2 \cdot x}{r}\right) - 0.75 \right] \mu H$ $L_{(HighFreq)} = 0.002 \cdot \left[\ln\left(\frac{2 \cdot x}{r}\right) - 1.00 \right] \mu H$ <p>X = længde, r = radius, brug samme enheder</p>
-------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Mangler:

Printbaner:

Transmissionsledning:

Andet	Formel-tegn Symbol	SI-enhed	Bemærkninger (enheder)	Formler
Elektrisk arbejde Energi	W	Joule [J]	1 J = 1 Nm = 1 Ws	
Elektrisk effekt Power	P	Watt [W]	1 W = 1 J/s = 1 VA	$P = U \cdot I = \frac{U^2}{R} = I^2 \cdot R$



ELEKTRISKE STØRRELSER, ENHEDER, FORMLER MM

Energिताb i vindinger	P	Watt [W]		$P = I^2 \cdot R_{Winding}$
Tid	t	Sekund [s]		
Frekvens	f	Hertz [Hz]	1/s, 1 Hz = 1 svingning / sek.	
Periodetid	T	Sekund [s]		
Dutycycle		%	Et signals "høj-tid" i forhold til periodetiden.	

Varme

<u>Navn, Størrelse</u> Name, Quantity	<u>Formel-tegn</u> Symbol	<u>SI-enhed</u>	<u>Bemærkninger Comments</u> (enheder) units	<u>Formler</u>
Varmefflow, fx gennem en væg	Φ (fi)	Watt [W]		$\Phi [W] = \frac{\Delta T [K] \cdot A [m^2]}{R_{Varme} \left[\frac{K \cdot m^2}{W} \right]}$
Varmemodstand	R_{Varme}	$\frac{K \cdot m^2}{W}$		$R_{Varme} = \frac{1}{\lambda (\text{Lambda})} \left[\frac{m}{\frac{W}{m \cdot K}} \right]$ <p>l er tykkelsen i meter</p> $\Sigma R_{Varme} = R_{Varme1} + R_{Varme2} + \dots$
Materialekonstant	λ (lambda)	$\left[\frac{W}{m \cdot K} \right]$	Lambda repræsenterer den mængde varme, der passerer gennem en 1 meter tyk lag af materialet, pr kvadratmeter flade, pr tidsenhed med 1 grads temperaturforskel mellem overfladerne.	
U-værdi	U	$\left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$	U = transmissionskoefficienten Siger noget om, hvor mange Watt, der forsvinder gennem en konstruktionsflade (fx en væg) pr m ² pr grad C temperaturforskel.	

<u>Navn, Størrelse</u> Name, Quantity	<u>Formel-tegn</u> Symbol	<u>SI-enhed</u>	<u>Bemærkninger Comments</u> (enheder) units	<u>Formler</u>
------------------------------------------	------------------------------	-----------------	---------------------------------------------------	----------------



ELEKTRISKE STØRRELSER, ENHEDER, FORMLER MM

Lysstyrke		cd	Candela,	
Lysstrøm	Φ	lm, lumen	Cd sr	
Belysning	lx	lux	Cd sr / m ²	1 lux = 1 lm/m ²
Lystæthed, luminans	L		Cd/m ²	
Lysudbytte	η	Lm / W		
Strålingsintensitet		W/m ²		

SI-enheder:

Quantity	Symbol	Unit	Symbol
Capacitance	C	farad	F
Charge	Q	coulomb	C
Conductance	G	siemens	S
Current	I	ampere	A
Energy	W	joule	J
Frequency	f	hertz	Hz
Impedance	Z	ohm	Ω
Inductance	L	henry	H
Power	P	watt	W
Reactance	X	ohm	Ω
Resistance	R	ohm	Ω
Time	t	second	s
Voltage	V	volt	V

Præfikser:

Navn	Symbol	Gange med		Navn	Symbol	Gange med	
Terra	T	1 000 000 000 000	10 ¹²	deci	d	1/10	10 ⁻¹
Giga	G	1 000 000 000	10 ⁹	centi	c	1/100	10 ⁻²
Mega	M	1 000 000	10 ⁶	milli	m	1/1000	10 ⁻³
Kilo	k	1 000	10 ³	mikro	μ	1/1 000 000	10 ⁻⁶
Hekto	h	100	10 ²	nano	n	1/1 000 000 000	10 ⁻⁹
Deca	da	10	10 ¹	pico	p	1/1 000 000 000 000	10 ⁻¹²

Modstande i serie: $\Sigma R = R_1 + R_2 + \dots$

2 parallelle modstande: $\Sigma R = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$, n parallelle modstande: $\Sigma R = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots}$

Spændingsdelerformlen: $\Delta U_{R_x} = U_{\text{Påtrykt}} \cdot \frac{R_x}{\Sigma R}$

Strømdelerformel: $I_1 = \Sigma I \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}$

Kondensatorer i Parallel: $\Sigma C = C_1 + C_2 + \dots$,



ELEKTRISKE STØRRELSER, ENHEDER, FORMLER MM

n kondensatorer i serie:
$$\Sigma C = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots}$$

Sinusformet spænding eller strøm:

Effektivværdi = RMS =
$$\frac{\text{Maksimalværdi}}{\sqrt{2}}$$

Peak-værdi = Maksimalværdi =
$$\sqrt{2} \cdot \text{effektivværdi} = \frac{\pi}{2} \cdot \text{Middelværdi}$$

Peak-peak-værdi =
$$2 \cdot \text{Maksimalværdi} = 2,828 \cdot \text{effektivværdi}$$

Middelværdi =
$$(2 \cdot \text{Maksimalværdi}) / \pi$$

Øjebliksværdi $e = E_{\max} \cdot \sin(\omega t)$,
$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$$

Resistivitet og temperaturkoefficient for udvalgte materialer. ρ_{20} = resistivitet ved 20 °C, α_{20} = temperaturkoefficient ved 20 °C.

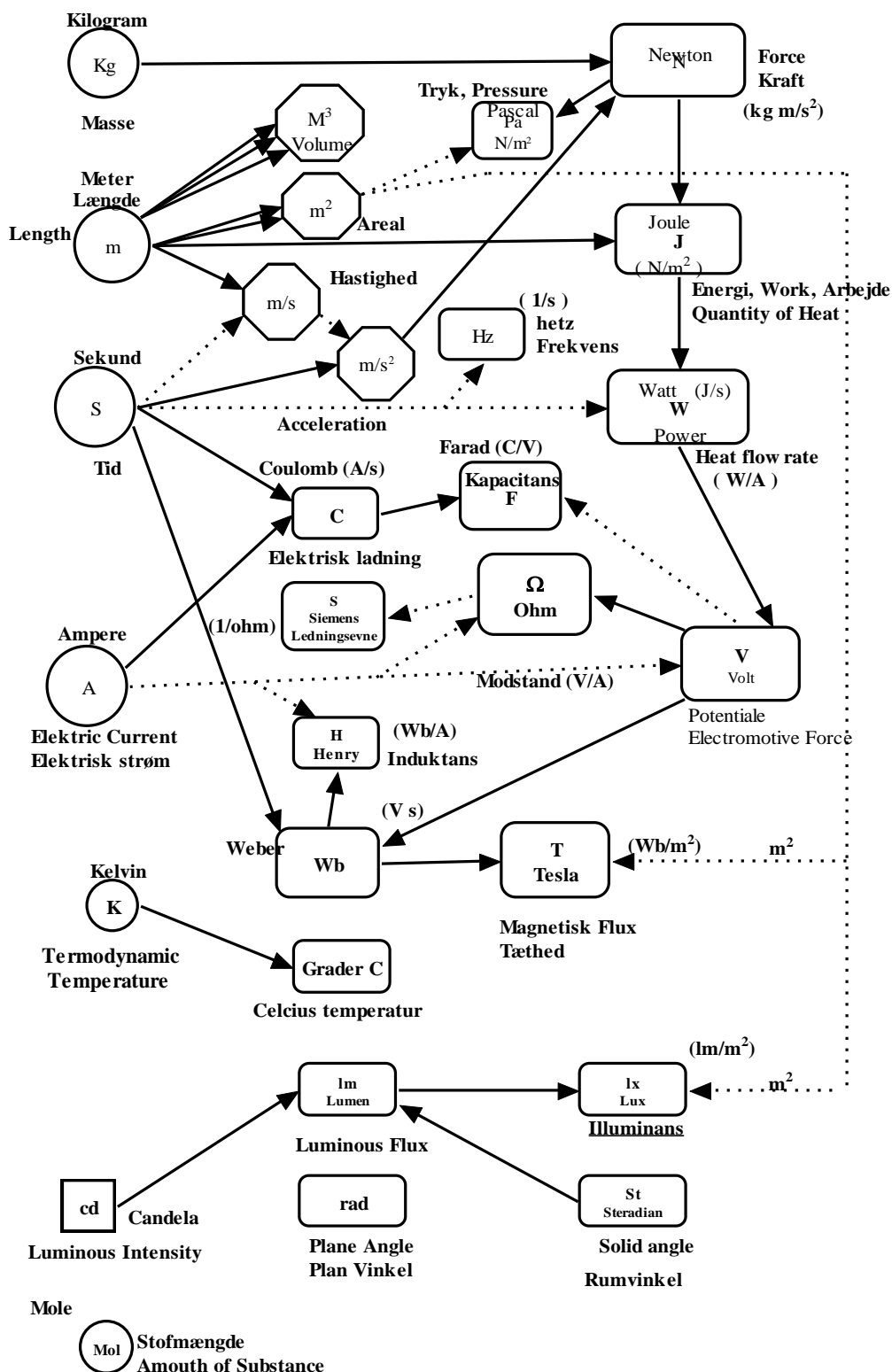
Materiale	$\rho_{20} \mu\Omega \text{ m}$	$\alpha_{20} \% / ^\circ\text{C}$
Kobber, blødt	0,01725	0,393
Aluminium, hårdt	0,0284	0,403
Jern	0,1 - 6	0,3 - 0,6
Sølv, blødt	0,0159	0,41
Konstantan	0,50	-0,004
Manganin	0,43	0,003
Krom-nikkel	1,00 - 1,13	0,011 - 0,015
Kanthal A	1,45	
Molybdæn og wolfram	0,055	0,4
Kviksølv	0,958	0,089
Kul	Ca. 30	ca. -0,1



ELEKTRISKE STØRRELSER, ENHEDER, FORMLER MM

SI Basis Enheder

SI Afledte enheder med specielle navne



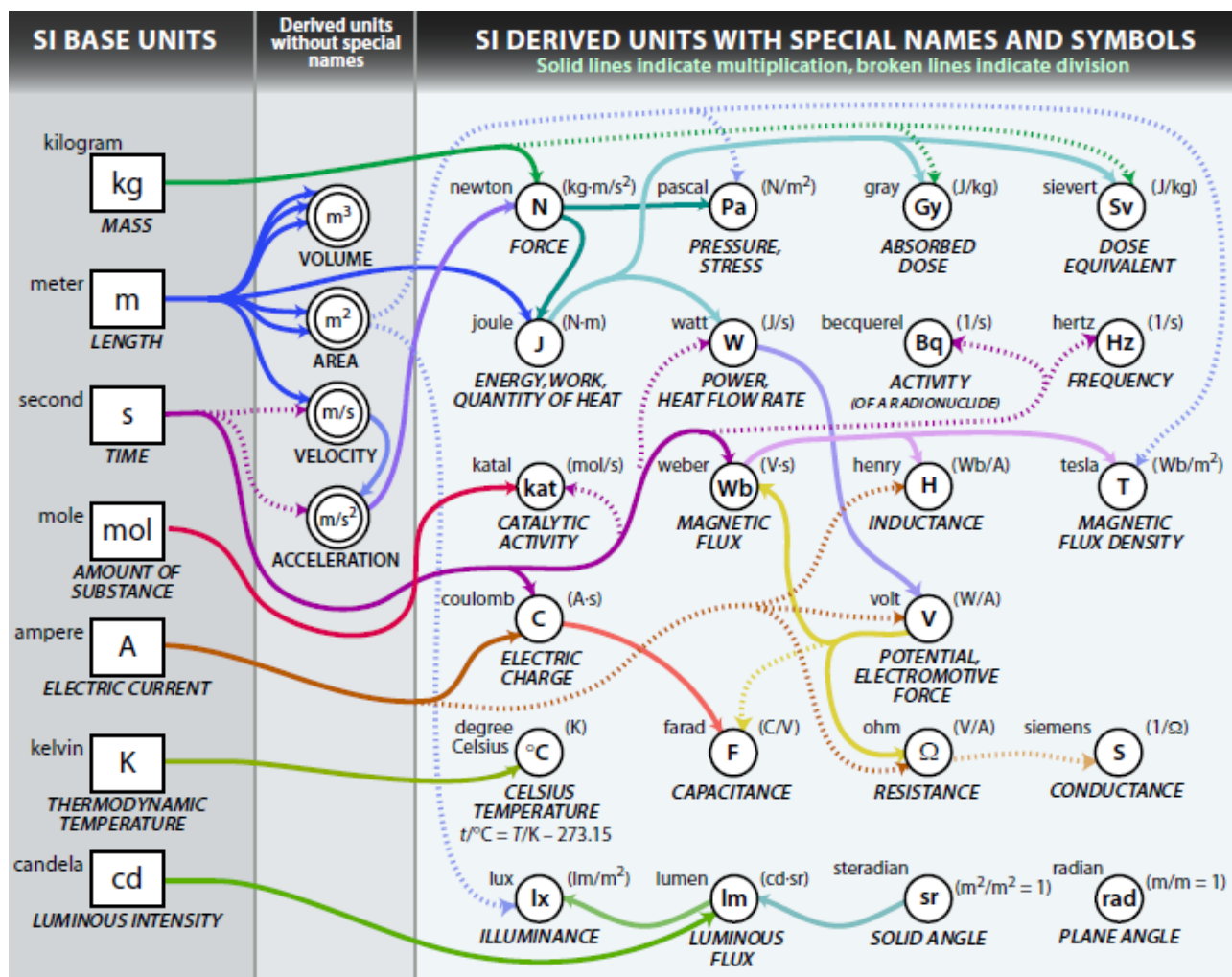
Optrukne linier indikerer multiplikation, Stiplede linier indikerer division

/Valle



ELEKTRISKE STØRRELSER, ENHEDER, FORMLER MM

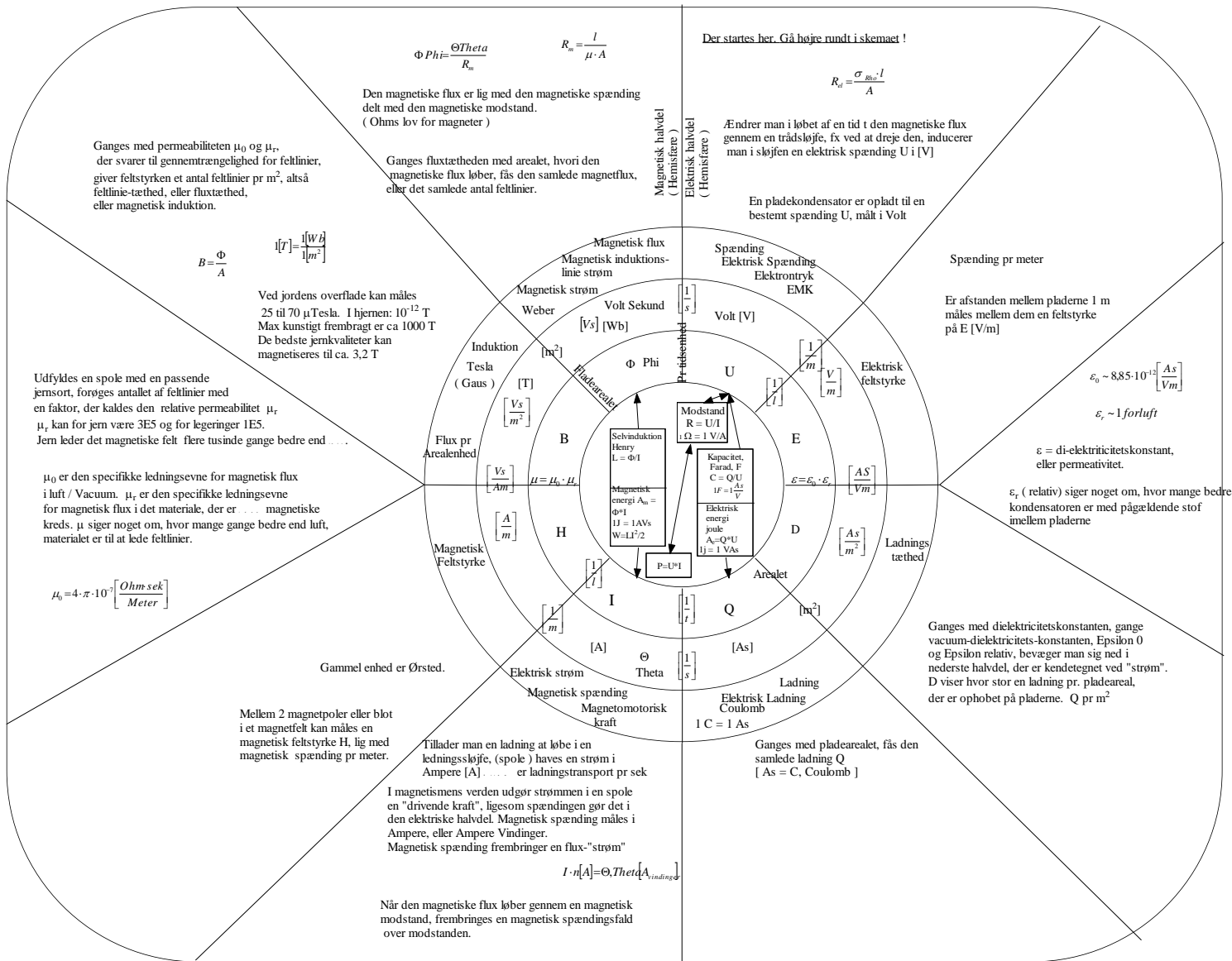
SI-enheder og afledte:



Kilde: <http://physics.nist.gov/cuu/Units/SIdiagram.html>



ELEKTRISKE STØRRELSER, ENHEDER, FORMLER MM





ELEKTRISKE STØRRELSER, ENHEDER, FORMLER MM

”Valles Love:” ☺

1. Det er ikke muligt momentant at ændre spændingen over en kondensator.
2. Det er ikke muligt momentant at ændre strømmen i en spole. Spolen vil generere en sådan spænding - med polaritet - at strømmen umiddelbart opretholdes.
(Analogi: Man kan ikke momentant bringe en bil op på fx 100 km/t. - og man kan ikke momentant stoppe den.)
3. Stiger spændingen tværs over en kondensator, kaldes det opladning, falder den, er det afladning.
4. Alt er relativt.
5. Alt tager tid.
6. En operationsforstærker - koblet som forstærker - vil sætte en sådan spænding på dens udgang, at forskellen mellem indgangsterminalerne ΔU_{in} bliver ≈ 0 V

Tommelfinger-regler:

<u>Nandgates</u>	U_{TL} for 4093 CMOS er ca. 70 % U_{CC} , L_{TL} er ca. 50 %.
<u>Nandgate-oscillator</u> 4093 oscillator	Nandgate 4093 oscillator-frekvens er ca.: $f = \frac{1}{R \cdot C \cdot \ln\left(\frac{7}{3}\right)}$ Exact formel = $f = \frac{1}{RC \cdot \ln\left[\frac{U_{tl}}{L_{tl}} \cdot \frac{U_{cc} - L_{tl}}{U_{cc} - U_{tl}}\right]}$
<u>Tæller / oscillator</u> <u>4060</u>	Oscillatorfrekvens for tæller 4060 brugt som oneshot. $f_{osc} = \frac{2^X}{t \cdot 2}$ X = 14 for udgang Q ₁₄ .

Dioder

En diodes, lysdiodes og Zenerdiodes funktion kan sammenlignes med en dæmning.
Der skal ca. 0,7 volt til at ”åbne” en diode så der kan løbe strøm igennem.

En Zenerdiode har en påstemplet ”åbningsspænding”
Lysdioders diodespænding er afhængig af chip-materialet. Dvs. farven.



ELEKTRISKE STØRRELSER, ENHEDER, FORMLER MM

Typical LED Characteristics			
Semiconductor Material	Wavelength	Colour	V _F @ 20mA
GaAs	850-940nm	Infra-Red	1.2v
GaAsP	630-660nm	Red	1.8v
GaAsP	605-620nm	Amber	2.0v
GaAsP:N	585-595nm	Yellow	2.2v
AlGaP	550-570nm	Green	3.5v
SiC	430-505nm	Blue	3.6v
GaN	450nm	White	4.0v

Formodstand for en lysdiode: $R_{Led} = \frac{U_{CC} - \Delta U_{Led}}{I_{Led}}$.

En rød lysdiode har en diodespænding på ca. 1,6 til 2 Volt, afh. af fabrikat.

Det græske alfabet:

A α	Alfa	I ι	Iota	P ρ	Rho
B β	Beta	K κ	Kappa	Σ σ	Sigma
Γ γ	Gamma	Λ λ	Lambda	T τ	Tau
Δ δ	Delta	M μ	My	Υ υ	Ypsilon
E ε	Epsilon	N ν	Ny	Φ φ ϕ	Phi
Z ζ	Zeta	Ξ ξ	Ksi	X χ	Chi
H η	Eta	O ο	Omikron	Ψ ψ	Psi
Θ	Theta	Π π	Pi	Ω ω	Omega

Farvekoden for modstande:

Farve	Værdi
Sort	0
Brun	1
Rød	2
Orange	3
Gul	4
Grøn	5
Blå	6
Violet	7
Grå	8
Hvid	9

1. og 2. ring angiver de 2 første cifre i modstandsværdien.

3. ring angiver antal nuller. (Guld = 0,1 Sølv = 0,01)

4. ring angiver tolerancen. Sølv = 10%, Guld = 5%, Rød = 2% og Brun = 1%

1% og 2% modstande kræver så mange værdier, at der skal bruges 3 cifre i stedet for 2 til at angive værdien. Derfor har de 4 ringe til værdien, og først den 5. angiver tolerancen.

E12 rækken:

10, 12, 15, 18, 22, 27, 33, 39, 47, 56, 68, 82.



ELEKTRISKE STØRRELSER, ENHEDER, FORMLER MM

100, 120 etc.

1000, 1200, etc.

10K, 12K, etc.

100K, 120K, etc.

Thevenin`s sætning

Ethvert kredsløb – set fra to terminaler - kan erstattes af en spændingskilde i serie med en modstand.

Spændingskilden U_{TH} er lig tomgangsspændingen målt mellem de to terminaler, og seriemodstanden R_{TH} er den modstand, man ”ser ind i” mellem terminalerne når spændingskilden er kortsluttet.

Norton`s sætning

En ækvivalent strømgenerator i parallel med en modstand.

Et kredsløb uafhængig af kompleksitet kan reduceres til en strømgenerator I_{Norton} med en parallelmodstand R_{Norton} (eller blot I_N og R_N)

I_N = udgangsterminalernes kortslutningsstrøm, og R_N = den modstand man ”ser ind i” mellem udgangsterminalerne når alle generatorer erstattes af deres indre modstande. (Spændingsgeneratorer kortsluttes, strømgeneratorer afbrydes.)

Boolske regneregler:

1. Man må bryde en bjælke, når man samtidig ændrer tegnet under det sted, der brydes, – og der samtidig sættes parentes. (Der kan ikke sættes forskellige tegn !)
2. Man kan samle en bjælke, når man samtidig ændrer tegnet under det sted, der samles.
3. Har man en variabel optrædende alene blandt flere led, kan man slette andre led hvori variabelen indgår.
4. Har man en variabel – OR – dens inverterede and noget mere, kan man fjerne dens inverterede.

Boolske udtryk:

Konstanter:

$0 \cdot 0 = 0$	$0 + 0 = 0$
$0 \cdot 1 = 0$	$0 + 1 = 1$
$1 \cdot 0 = 0$	$1 + 0 = 1$
$1 \cdot 1 = 1$	$1 + 1 = 1$
$/0 = 1$	
$/1 = 0$	



ELEKTRISKE STØRRELSER, ENHEDER, FORMLER MM

1 variabel:

$A \cdot 0 = 0$	$A \cdot A = A$
$A \cdot 1 = A$	$A \cdot \bar{A} = 0$
$A + 0 = A$	$A + \bar{A} = 1$
$A + 1 = 1$	$A + \bar{A} = 1$
$\overline{\overline{A}} = A$	

2 eller flere variable.

1	$A + B = B + A$	
2	$A \cdot B = B \cdot A = AB = BA$	And-tegnet er underforstået.
3	$A + B + C = A + (B + C)$	
4	$A \cdot B \cdot C = (A \cdot B) \cdot C$	
5	$AB + AC = A(B + C)$	Man kan sætte en operator, der findes i flere led, uden for en parentes. Og modsat kan man gange ind !
6	$(A + B)(A + C) = A + BC$	Der ganges ind, hvilket giver 4 led, og der reduceres.
7	$A + AB = A$	Når en variable optræder alene kan alle andre led, hvor pågældende variable indgår slettes.
7.1	$AB + ABC = AB$	Led, hvori andre, kortere led indgår, kan slettes
8	$A(A + B) = AA + AB = A$	
9	$(A + B)(A + \bar{B}) = A$	
10	$A + \bar{A}B = A + B$	Når en variable optræder alene og "ores" med et andet led hvor dens inverterede optræder, kan man slette dens inverterede.
11	$\overline{A + B} = \bar{A} \cdot \bar{B}$	Man kan bryde en invertering hvis man samtidigt ændrer tegnet hvor man har brudt – og evt. sætter parentes.
12	$\overline{A \cdot B} = (\bar{A} + \bar{B})$	Man kan bryde en invertering, hvis man samtidigt ændrer tegnet hvor man har brudt. Her er det nødvendigt at sætte parentes, da "or-tegnet" ikke selv binder de to variable så tæt sammen som "and-tegnet" på venstre side.
12,1	$\overline{\overline{B + C}} = (B + C)$	Husk parentes !!
13	$\overline{A \cdot B \cdot C} = (\bar{A} + \bar{B} + \bar{C})$	Husk parentes !!
14	$\overline{AB + BC + CA} = \bar{A} \bar{B} + \bar{B} \bar{C} + \bar{C} \bar{A}$	Meget speciel regel.



ELEKTRISKE STØRRELSER, ENHEDER, FORMLER MM

Energi måles i Joule:

1 Joule [J] = 1 [Nm], Newton Meter. Joule er arbejde, energi ! = [Ws]

Begreb:	Navn	Formler
Energi / arbejde		
	Potentiel energi	$E_{pot} = m \cdot g \cdot h \left[J = kg \cdot \frac{m}{s^2} \cdot m \right]$
	Kinetisk energi:	$E_{kin} = 0,5 \cdot m \cdot v^2 \left[J = kg \cdot \frac{m^2}{s^2} \right]$
	Kraft x vej	$A = F \cdot \Delta s \left[J = N \cdot m \right]$
	Effekt x tid,	$E = P \cdot \Delta t \left[J = W \cdot s = N \cdot m \right]$
	Bevægelsesmængde, Momentum	$= m \cdot v \left[kg \cdot \frac{m}{s} \right]$ vektor
	Impuls, vektor, Kraft x tid	$F \cdot t \left[N \cdot s \right]$
	1 elektronvolt	$= 1 \text{ [eV]} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ [J]}$
Effekt, Power:	Power er energi pr tidsenhed	$\frac{\text{arbejde}}{\text{tid}} \left[W = \frac{J}{s} \right]$
	Kraft · hastighed	$P = F \cdot v \left[W = N \cdot \frac{m}{s} \right]$
		$\frac{\text{energi}}{\text{tid}} = \frac{\text{arbejde}}{\text{tid}} = \frac{\text{kraft} \cdot \text{strækning}}{\text{tid}} \quad P = \frac{E}{\Delta t} = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{F \cdot s}{\Delta t} \left[W = \frac{J}{s} = \frac{N \cdot m}{s} \right]$

Et legemes masse m relaterer til et legemes inerti, Kraft $F = m \cdot a_{cc} \left[N = kg \cdot \frac{m}{s^2} \right]$

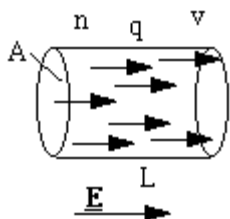
Et legemes vægt w er en kraft mod jordens centrum $w = m \cdot g \left[N = kg \cdot \frac{m}{s^2} \right]$

Elektroners hastighed



ELEKTRISKE STØRRELSER, ENHEDER, FORMLER MM

Hvad er elektronernes hastighed i en 1 mm^2 kobberledning, hvori der løber 1 Ampere ??



Hvis der løber 1 [A] i en 1 mm^2 kobber-ledning, må der i et tværsnit i løbet af 1 sek. passere

$$Q = I \cdot t = 1 \cdot 1 = 1 [\text{Coulomb}]$$

Da hver elektron har ladningen $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ [C]}$ vil 1 [C] svare til $\frac{1}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 6,25 \cdot 10^{18}$ elektroner.

Altså passerer $6,25 \cdot 10^{18}$ elektroner tværsnittet i løbet af 1 sek.

Det rumfang kobber, der har $6,25 \cdot 10^{18}$ frie elektroner må følgelig ”passere” tværsnittet.

I 1 m^3 kobber er der 10^{29} frie elektroner.

I en tråd med tværsnittet 1 mm^2 og med længden 1 mm må der være $\frac{10^{29}}{1000^3} = 10^{20}$ frie elektroner.

Længden af den 1 mm^2 tråd, der indeholder $6,25 \cdot 10^{18}$ elektroner må være $\frac{6,25 \cdot 10^{18}}{10^{20}} = 0,0625 \text{ mm}$.

Elektronernes hastighed er altså 0,0625 mm pr sek.

(Når strømmen løber, regnes med at alle ladningsbærere (elektroner) løber i samme retning mod en af enderne med hastigheden v . q er ladningen af hver elektron.)

Formel:

Tager det tiden t for hver elektron at bevæge sig fra den ene ende til den anden må længden være

$$l = vt.$$

Lederens volumen må så være

$$vtA$$

Er der n ladningsbærere pr enhed volumen af lederen = elektroner må det totale antal ladningsbærere være givet ved

$$nvtA$$



ELEKTRISKE STØRRELSER, ENHEDER, FORMLER MM

Hver ladningsbærer = elektron har ladningen q . Derfor må den samlede ladning Q i ledningens volumen være

$$\underline{Q = qnvtA}$$

I tiden t er alle ladningsbærere i ledningens volumen løbet ud af den ene ende af ledningen (og selvfølgelig erstattet af andre fra batteriet)

Strømmen I er lig med ladningen der har passeret et tværsnit af ledningen pr tidsenhed. Strømmen måles i Ampere ! Strømmen udgøres af elektroner med en ladning hver. Der gælder flg.

$$Q = It \quad \text{som omformes til } I = Q/t$$

I kan nu også skrives $I = qnvtA/t \Rightarrow I = qnvA$ som igen kan omskrives til $v = I/qnA$

l = længden af lederen

I = Strøm

n = antal ladningsbærere pr m^3

v = hastigheden af ladningsbærere

A = tværsnitsareal af lederen

q = ladningen af hver ladningsbærer

Q = Samlede ladning

eks.

Udregn hastigheden af frie elektroner i en kobberledning med en diameter på 1 mm, hvor der går en strøm på 5 Ampere

Givet:

Antal frie elektroner pr. m^3 i kobber er ved stuetemperatur ca. 10^{29} .

Hver elektrons ladning er $1,6 \times 10^{-19}$ C

Løsning:

Først findes tværsnitsarealet: $A = \pi r^2 = \frac{\pi}{4} \cdot (1 \cdot 10^{-3})^2 m^2$

Fra $I = nvAq$ fås $v = I/nAq$

$$v = \frac{I}{nAq} = \frac{5}{10^{29} \times \frac{\pi}{4} \times (1 \times 10^{-3})^2 \times 1,6 \times 10^{-19}} \left[\frac{m}{s} \right]$$



ELEKTRISKE STØRRELSER, ENHEDER, FORMLER MM

Herfor er elektronernes hastighed $v = 4,0 \times 10^{-4}$ m/s som er 0,4 mm pr sek.

Se fx: <http://www.amasci.com/miscon/speed.html>
<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/electric/ohmmic.html#c2>

Frie ladningsbærere:

$$n = \frac{(6.02 \times 10^{23} \text{ atoms / mole})(8.92 \times 10^3 \text{ kg / m}^3)}{63.5 \times 10^{-3} \text{ kg / mole}} = 8.46 \times 10^{28} / \text{m}^3$$

Spændingens udbredelseshastighed:

Udbredelsen af dette "skub" kan ikke overstige lysets hastighed, selv hvis det gerne ville, det lærte vi af Einstein, og i praksis kan vi måle at det sker ved ca. 2/3 af lysets hastighed i god kobber, altså med ca. 200.000 kilometer i sekundet. Men hvor hurtigt de enkelte elektroner bevæger sig, det ved vi ikke.

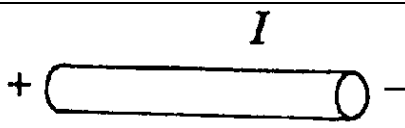
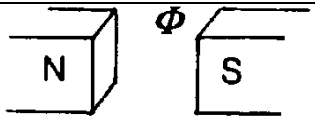
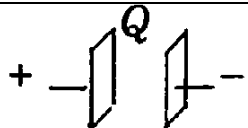
Jordens omkreds er ca. 40.000 kilometer. Så hvis du forbinder en kontakt med en "220 volts ledning" 5 gange rundt om jorden og tilbage til en lampe til dig selv, og tænder for kontakten, så tænder lyset 1 sekund efter (vi lader som om ledningen er tyk nok til at modstanden er lille nok til at det kan lade sig gøre).



ELEKTRISKE STØRRELSER, ENHEDER, FORMLER MM

Analogier mellem formler for elektrisk strøm, magnetisk felt og elektrisk felt.

#17

Elektrisk strøm		Magnetisk felt		Elektrisk felt		
						
Tværsnitsareal leder	A [m ²]	Tværsnitsareal af magnetisk kreds	A [m ²]	Areal af konden- sator- plader	A	[m ²]
Længde af leder	l eller s [m]	Magnetvejens længde	l eller s [m]	Afstand mellem konden- sator- plader	l eller s	[m]
Strømtæthed	$J = \frac{I}{A}$ [$\frac{A}{m^2}$]	Magnetisk flux- tæthed Magnetisk induktion	$B = \frac{\Phi}{A}$ $[T] = \frac{[Wb]}{[m^2]}$	Elek- trisk flux- tæthed		$D = \frac{Q}{A}$
Konduktivitet = Ledeevne ?	$\gamma = \frac{1}{\sigma}$	Permeabilitet ??? Permeans	$\mu = \mu_r \cdot \mu_0$	Kapacita ns		$\epsilon = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r$ Epsilon
Modstand Resistans	$R = \frac{\rho \cdot l}{A}$	Reluktans Magnetisk modstand	$R_m = \frac{l}{\mu \cdot A}$			



ELEKTRISKE STØRRELSER, ENHEDER, FORMLER MM

			$R_m = \frac{\Theta}{\Phi}$ $\left[\frac{A}{V \cdot s} \right] = \left[\frac{\text{Siemens}}{\text{Sekund}} \right]$ $\left[\frac{1}{\text{ohmsekund}} \right] = \left[\frac{1}{\Omega \cdot s} \right] =$ $\left[\frac{1}{H} \right]$ <p>ampere pr weber</p>				
Ohms lov	$U = I \cdot R$		$\Theta = \Phi \cdot R_{mag}$ $I \cdot N = \Phi \cdot \frac{l}{\mu \cdot A}$ $1[A] = 1[Wb] \cdot 1\left[\frac{1}{H}\right]$			$U = Q \cdot \frac{a}{\epsilon \cdot A}$	
		Magnetisk feltstyrke	H $H = \frac{B}{\mu \cdot A}$ $\left[\frac{\text{ampere}}{m} \right]$ $\left[\frac{A}{m} \right]$	Elektrisk feltstyrke		$E = \frac{D}{\epsilon}$	
Strøm	I [A] Ampere	Flux Magnetisk flux Magnetisk induktionsliniestrøm	Φ (Phi) $[Wb] =$ $[Weber]$ $[Voltsekund] [Vs]$				
Spænding	U	[V] Volt	Magnetomotorisk kraft	Θ_{mk} Theta	$\Theta_{mk} = I \cdot n$ n=antal [Ampere]		



ELEKTRISKE STØRRELSER, ENHEDER, FORMLER MM

					V	vindinger r I = strøm i spolen	[Ampere vindinge r] [A]				
Spændingsfald	ΔU		[V]		$\Theta_1, \Theta_2 osv$		[Ampere] [Ampere vindinge r]				
				Magnetisk induktion	B	$\frac{weber}{m^2}$ [Wb] [$\frac{m^2}{m^2}$] tesla[T]					
				Selvinduktions- koefficient	L	[Henry] [H] [ohmsek und]					

