STØRRELSER OG ENHETER

Til bruk i faget Elektromagnetisme – og ellers.

Av Kjell Bløtekjær

Fysiske størrelser.

De størrelser som inngår i matematiske ligninger, er tall uten nærmere spesifisert betydning. Et eksempel er størrelsene a, x og y i ligningen

$$y = a\,x^2.$$

I ligninger som uttrykker fysiske relasjoner er situasjonen en annen. Formelen

$$S = \pi\,r^2$$

uttrykker arealet S av en sirkel ved dens radius r. Her er S og r fysiske størrelser. Disse brukes for å gi en kvantitativ beskrivelse av fysiske fenomen. De er mer enn bare tall.

Fysiske størrelser kan grupperes i kategorier som er innbyrdes sammenlignbare. Litt upresist kan vi si at to størrelser tilhører samme kategori dersom det har mening å addere eller subtrahere dem. Eksempel på størrelser som tilhører samme kategori er lengder, bredder, høyder, dybder, avstander, radier, diametre og bølgelengder.

I formler og ligninger angis fysiske størrelser ved symboler. Eksempelvis brukes l som symbol for en lengde. Hvis vi har bruk for å angi flere forskjellige lengder, kan vi enten bruke forskjellige symboler, f.eks. a, b, c..., eller vi kan bruke indekser, l_1, l_2, l_a ....

Det finnes en norsk standard, NS–ISO 31 Del 0, som angir hvilke symboler som bør brukes for forskjellige fysiske størrelser. Denne bygger på en internasjonal standard, ISO 31–0. Standarden angir at symboler for fysiske størrelser skal skrives med *kursiv*.

Enheter og måltall.

For å kunne angi en fysisk størrelse som et tall, slik at vi kan bruke den i ligninger, må vi sammenligne den med en referansestørrelse av samme kategori. En slik referansestørrelse kaller vi en enhet. En størrelse angis som produktet av et tall, kalt måltall, og en enhet.

Eksempel:

radien	r	=	3.4	meter	=	3.4	m
↑	↑		↑	↑			↑
Størrelse	Symbol for størrelse		Måltall	Enhet			Symbol for enhet

Måltallet avhenger av den valgte enheten.

Eksempel:

$$r = 3.4\ \mathrm{m} = 340\ \mathrm{cm}\ .$$

Opp gjennom tidene har det vært brukt en rekke forskjellige enheter for de vanligste fysiske størrelsene. Tenk på lengdeenhetene tomme, fot, meter, alen, yard, mil, nautisk mil, lysår, ångström, osv. Fremdeles spiller det engelske systemet av enheter en stor rolle. Men i vårt land, som i store deler av verden for øvrig, blir SI-systemet (Système Internationale d'Unités) stadig mer enerådende. Det er offisielt vedtatt at det skal brukes i Norge. Her skal vi bare konsentrere oss om det.

SI grunnenheter

SI-systemet bygger på 7 grunnenheter. Tre av disse, kelvin som enhet for temperatur, mol for stoffmengde og candela for lysstyrke, får vi ikke bruk for her. De andre er

Størrelse	Enhet	Symbol
Lengde	meter	m
Masse	kilogram	kg
Tid	sekund	s
Elektrisk strøm	ampere	A

Tabell 1: Grunnenhetene i SI-systemet

Alle enhetsnavn skrives med liten forbokstav. Enhetssymbolene skrives med rett skrift (til forskjell fra symboler for størrelser, som skrives med kursiv). De skrives også med små bokstaver, unntatt når enhetsnavnet er basert på et personnavn. Da skrives første bokstav i symbolet med stor bokstav (A for ampere, Hz for hertz).

Grunnenhetene er definert som følger:

meter

En meter er lengden av den strekningen som lyset tilbakelegger i tomt rom i et tidsintervall lik 1/299 792 458 sekund.

kilogram

Et kilogram er massen av den internasjonale kilogramnormal.

sekund

Et sekund er 9 192 631 770 perioder av den stråling som svarer til overgangen mellom de to hyperfinnivåer i grunntilstanden for cesiumatomet 133.

ampere

En ampere er den konstante elektriske strøm som frembringer en gjensidig kraft på $2 \cdot 10^{-7}$ newton per meter leder når strømmen går gjennom hver av to rettlinjede, parallelle, uendelig lange ledere med sirkulært og neglisjerbart lite tverrsnitt, og lederne er anbrakt i én meters innbyrdes avstand i tomt rom.

Avledede enheter

Alle andre enheter kalles avledede enheter, og kan uttrykkes som produkter av potenser av grunnenhetene. Dette gjøres ved å ta for seg ligninger som beskriver sammenhengen mellom fysiske størrelser, og benytte de samme ligningene for enhetene.

Eksempel:

Hastighet fremkommer som en lengde dividert med tid:

$$v = \frac{l}{t} \quad .$$

Hvis vi angir enhetene til v med $[v]$, og tilsvarende for de andre størrelsene, kan vi skrive

$$[v] = \frac{[l]}{[t]} = \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} = \mathrm{m/s} = \mathrm{m \cdot s^{-1}}.$$

Enheten for hastighet blir altså m/s eller $\mathrm{m \cdot s^{-1}}$.

Et annet eksempel:

Kraft er gjennom Newton's andre lov relatert til masse og akselerasjon:

$$F = m\,a\,.$$

Enheten for kraft blir da

$$[F] = [m]\,[a] = \mathrm{kg} \cdot \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} = \mathrm{kgm/s^2} = \mathrm{kgms^{-2}}.$$

Enda et eksempel:

Kinetisk energi er gitt som:

$$E = \frac{1}{2}\,m\,v^2.$$

Dette gir:

$$[E] = [m]\,[v]^2 = \mathrm{kgm^2/s^2}.$$

Merk at tallfaktoren i ligningen ikke kommer inn i ligningen for enhetene.

Et system av enheter som er avledet på denne måten, kalles et koherent enhetssystem. Fordelen med et slikt system er at når vi har en ligning mellom fysiske størrelser, så gjelder den samme ligningen mellom måltallene, såfremt man systematisk bruker enheter fra det koherente systemet.

Noen avledede enheter kan bli upraktisk kompliserte. Det er for eksempel ikke særlig praktisk å bruke $\mathrm{kgms^{-2}}$ som enhet for kraft. Derfor er en del avledede enheter gitt spesielle navn. Vi skal huske på at slike navn bare er synonymer for de avledede enhetene, og når vi skal regne med enheter, er det ofte mest praktisk å uttrykke de spesielle enhetsnavnene ved grunnenhetene.

Tabell 2 angir en del avledede SI-enheter som har egne navn. Vær oppmerksom på at vi ikke ukritisk kan bruke disse navnene i stedet for de avledede enhetene.

Eksempel:

Hertz, Hz, brukes i stedet for $\mathrm{s^{-1}}$ for frekvens. Vinkelfrekvens, $\omega = 2\pi f$, har også enheten $\mathrm{s^{-1}}$, men vi kan ikke angi denne i Hz. Frekvens og vinkelfrekvens er ikke samme kategori av størrelser.

Et annet eksempel:

Både energi og dreiemoment har enheten $\mathrm{kgm^2s^{-2}}$. Men de er ikke av samme kategori. Det har ingen mening å addere en energi og et dreiemoment. Enheten for energi kalles joule, J, men det har ingen mening å bruke denne som enhet for dreiemoment. Derimot kan Nm brukes både for energi og dreiemoment, for begge fremkommer som produkt av en kraft og en lengde.

Størrelse	Navn	Symbol	Uttrykt i grunnenheter	Uttrykt i andre avledede enheter
Vinkel	radian	rad	1	
Romvinkel	steradian	sr	1	
Frekvens	hertz	Hz	s^{-1}	
Kraft	newton	N	$kgms^{-2}$	
Trykk	pascal	Pa	$kgm^{-1}s^{-2}$	N/m^2
Energi	joule	J	kgm^2s^{-2}	Nm
Effekt	watt	W	kgm^2s^{-3}	J/s
Elektrisk ladning	coulomb	C	As	
Elektrisk potensial	volt	V	$kgm^2A^{-1}s^{-3}$	J/C
Kapasitans	farad	F	$A^2s^4kg^{-1}m^{-2}$	C/V
Resistans	ohm	Ω	$kgm^2A^{-2}s^{-3}$	V/A
Konduktans	siemens	S	$A^2s^3kg^{-1}m^{-2}$	1/Ω
Magnetisk fluks	weber	Wb	$kgm^2A^{-1}s^{-2}$	Vs
Magnetisk flukstetthet	tesla	T	$kgA^{-1}s^{-2}$	Wb/m^2
Induktans	henry	H	$kgm^2A^{-2}s^{-2}$	Wb/A

Tabell 2: Avledede SI-enheter med spesielle navn.

Dimensjonsløse størrelser.

Noen størrelser fremkommer som forhold mellom to størrelser av samme dimensjon (samme enhet). Slike størrelser kalles dimensjonsløse.

Eksempel:

Brytningsindeksen er forholdet mellom lyshastigheten i vakuum og i et stoff. Dersom vi måler lyshastigheten i et stoff til $2 \cdot 10^8$ m/s, så blir brytningsindeksen:

$$n = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{2 \cdot 10^8 \text{ m/s}} = 1.5.$$

altså et tall uten enhet.

Et annet eksempel:

En vinkel defineres som forholdet mellom en sirkelbue og radien i sirkelen. Vinkel er altså en dimensjonsløs størrelse, men vi bruker ofte radian som navn på enheten. Dette er altså et navn på enheten 1, som brukes for vinkler, men ikke for andre kategorier av dimensjonsløse størrelser. Det er meningsløst å angi brytningsindeks i radianer.

Dersom vi i ligninger mellom enheter har bruk for enheten til en dimensjonsløs størrelse, så er den tallet 1.

Eksempel:

Vinkelfrekvens er vinkel pr. tidsenhet:

$$\omega = \frac{\phi}{t} \,.$$

Dette gir

$$[\omega] = \frac{[\phi]}{[t]} = \frac{1}{\mathrm{s}} = 1/\mathrm{s} = \mathrm{s}^{-1},$$

men vi kan også bruke enheten rad/s.

Prefikser.

Ikke alle SI-enhetene er av en slik størrelse at de passer for alle formål. Eksempelvis er enheten coulomb for elektrisk ladning en meget stor enhet. Praktiske ladninger er en liten brøkdel av en coulomb. Vi bruker da gjerne prefikser (forstavelser) foran enheten, for å angi multipler eller undermultipler av enheten.

Tabell 3 angir de prefiksene som kan brukes i SI-systemet.

Faktor	Prefiks	Symbol
10^{24}	yotta	Y
10^{21}	zetta	Z
10^{18}	exa	E
10^{15}	peta	P
10^{12}	tera	T
10^{9}	giga	G
10^{6}	mega	M
10^{3}	kilo	k
10^{2}	hekto	h
10	deka	da
10^{-1}	desi	d
10^{-2}	centi	c
10^{-3}	milli	m
10^{-6}	mikro	µ
10^{-9}	nano	n
10^{-12}	piko	p
10^{-15}	femto	f
10^{-18}	atto	a
10^{-21}	zepto	z
10^{-24}	yokto	y

Tabell 3: SI-prefikser.

Legg merke til at prefikset sammen med symbolet for enheten danner et nytt symbol for en enhet, og at dette kan brukes i sammensatte enheter:

Eksempel :

$$1\ \mathrm{cm}^3 = 1\ (\mathrm{cm})^3 = 10^{-6}\ \mathrm{m}^3,$$

og ikke

$$1\ \mathrm{cm}^3 = 1\ \mathrm{c}(\mathrm{m}^3) = 10^{-2}\ \mathrm{m}^3.$$

Et godt råd er å velge multippelen slik at måltallet blir mellom 0.1 og 1000. Men dette råd bør ikke følges slavisk. Hvis en skal sammenligne flere størrelser, for eksempel i en tabell, er det fornuftig å bruke samme multippelen over alt, selv om noen av måltallene blir svært små eller store.

En skal aldri kombinere flere prefikser. Det heter nm, ikke mμm. Derimot kan en kombinere enheter dannet ved hjelp av prefikser, selv om dette ikke bør overdrives.

Eksempel:

I fiberoptikk opptrer et begrep som heter dispersjon, og som gjerne angis med enhet ps/(nm·km). Selv om dette er det samme som μs/m^2, så er ikke det siste en så informativ enhet. Dispersjonen oppfattes nemlig som pulsforbredning i picosekund pr nanometer optisk båndbredde og kilometer fiber.

Ingen ting er perfekt, heller ikke SI-systemet. En skjønnhetsplett er at grunnenheten for masse er kilogram, kg, som er en multippel av gram, g. Dette gjør at multipler av kilogram uttrykkes som multipler av gram. Altså: 10^{-6} kg heter 1 mg, ikke 1 μkg.

En annen skjønnnhetsplett er at m er symbol både for milli og meter. Det må vises forsiktighet for å unngå misforståelser. mN betyr millinewton, ikke meter newton. Det siste kan skrives
m N, m·N, eller helst Nm.

Nivåer og nivådifferanser.

I enkelte tilfeller foretrekker en å angi forholdet mellom to størrelser av samme kategori ved logaritmen til forholdet i stedet for forholdet selv.

Eksempelvis angis spenningsforsterkningen i en elektronisk forsterker gjerne ved logaritmen til forholdet mellom spenningen på utgangen og spenningen på inngangen. Slike logaritmiske mål kalles nivådifferanser.

To forskjellige enheter brukes for nivådifferanser, neper, Np og decibel, dB. Neper er basert på naturlige logaritmer, decibel på Briggske logaritmer. En decibel er egentlig en tildels bel, men enheten bel brukes aldri. Vi sier 10 decibel, ikke 1 bel. Det er også en annen forskjell mellom neper og decibel. Den første refererer til forhold mellom spenninger, strømmer, feltstyrker, etc., mens decibel refererer til energi, effekt, etc.

Vi kan angi spenningsforsterkning i neper ved

$$G_V = \ln \frac{V_2}{V_1}\,\mathrm{Np},$$

hvor V_1 og V_2 er henholdsvis inngangs- og utgangs-spenning. Tilsvarende kan vi angi effektforsterkningen i decibel:

$$G_P = 10 \log_{10} \frac{P_2}{P_1}\,\mathrm{dB},$$

hvor logaritmen er tatt med grunntallet 10, og faktoren 10 skyldes overgang fra bel til decibel. Nå er det en sammenheng mellom effekt og spenning:

$$P = \frac{V^2}{R},$$

hvor R er en resistans. Hvis vi antar at resistansen på inngang og utgang er den samme, kan vi skrive

$$10 \log_{10} \frac{P_2}{P_1} = 10 \log_{10} \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^2 = 20 \log_{10} \frac{V_2}{V_1}.$$

På bakgrunnen av dette kan vi også angi et spenningsforhold i decibel:

$$G_v = 20 \log_{10} \frac{V_2}{V_1} \text{ dB.}$$

Vi må altså passe på å bruke faktoren 10 for effekt, effekttetthet, energi og energitetthet, og 20 for strøm, strømtetthet, spenning, elektrisk feltstyrke etc.

Sammenhengen mellom neper og decibel blir da

$$1 \text{ Np} = 20 \log_{10} e \text{ dB} \approx 8.686 \text{ dB.}$$

I noen fagområder er det vanlig å angi for eksempel effekt i en logaritmisk skala. Dette gjøres ved å velge en bestemt effekt som referanse, og så angi nivådifferansen i forhold til denne referanseeffekten. Dette kalles nivå. Nivået er altså ikke entydig bestemt uten at referansen er angitt.

Eksempel:

I transmisjonsteknikk er det vanlig å angi effektnivå med referanse 1 mW. Enheten for effektnivå kalles da dBm (decibel relativt en milliwatt). En effekt på 1 W blir da 30 dBm, mens
-30 dBm er 1 µW.

Et annet eksempel:

I akustikken angis lydtrykk som et nivå relativt et lydtrykk på 20 µPa, og enheten kalles bare dB.

Dimensjonsanalyse.

Det kan være svært nyttig å analysere dimensjonene i ligninger. På den måten kan man ofte avsløre feil. Hvis vi holder oss konsekvent til SI-systemet, så er en dimensjonsanalyse omtrent det samme som å analysere enheter, så vi skal gjøre det siste. Det er tre hovedregler som må være oppfylt i en riktig ligning som inneholder fysiske størrelser:

1. I summer eller differanser må alle leddene ha samme enheter.

2. Begge sidene av likhetstegnet i en ligning må ha samme enheter.

3. Argumentet i matematiske funksjoner, som sin, cos, exp og ln, må være dimensjonsløse.

Hvis vi har utledet en formel for en fysisk størrelse, og formelen består av flere ledd på høyre side av likhetstegnet, må altså alle disse ha samme enheter, som også må være lik enheten til størrelsen på venstre side.

Selv om enhetene tilsynelatende er forskjellige, kan de likevel være like. Det sikreste er å uttrykke alle enheter ved grunnenhetene meter, kilogram, sekund og ampere. Disse må da forekomme i samme potens i alle leddene.

Eksempel:

Kraften som virker på en rett elektrisk leder med lengde L, som fører strømmen I og er i et magnetisk felt med flukstettheten B vinkelrett på lederen, er (pensum i videregående):

$$F = BIL \text{ .}$$

Enheten for kraft er newton, N, for magnetisk flukstetthet tesla, T, for elektrisk strøm ampere, A, og for lengde meter, m. Enhetsligningen blir altså

$$\text{N} = \text{TAm .}$$

Det er ikke så lett å gjennomskue at dette stemmer. Men fra tabell 2 finner vi enhetene N og T uttrykt ved grunnenhetene:

$$\mathrm{N} = \mathrm{kgms}^{-2},$$

$$\mathrm{T} = \mathrm{kgs}^{-2}\mathrm{A}^{-1}.$$

Setter vi inn disse uttrykkene, ser vi at enhetsligningen stemmer.

Hvis vi ikke husker hvordan en avledet enhet uttrykkes ved grunnenhetene, kan vi ofte finne den ved å bruke enkle fysiske ligninger.

Eksempel:
Vi vil finne enheten for permittivitet, ε. Vi husker ligningen

$$D = \varepsilon E.$$

som forteller at

$$[\varepsilon] = \frac{[D]}{[E]} \ .$$

Hva er så dimensjonen for D og for E? Vi husker kanskje at flukstettheten ved en lederoverflate er gitt av flateladningstettheten:

$$D = \rho_{\mathrm{s}},$$

som forteller at

$$[D] = [\rho_{\mathrm{s}}] = \mathrm{C/m}^2.$$

Dessuten er elektrisk ladning produktet av strøm og tid:

$$Q = It \ ,$$

slik at

$$\mathrm{C} = \mathrm{As} \ .$$

Altså er

$$[D] = \mathrm{As/m}^2.$$

For å finne $[E]$, bruker vi

$$V = EL \ ,$$

altså

$$[E] = \frac{[V]}{[L]} = \mathrm{V/m} \ .$$

Dessuten vet vi at effekt er produktet av strøm og spenning:

$$P = VI \ ,$$

altså

$$[V] = \mathrm{V} = \frac{[P]}{[I]} = \mathrm{W/A} \ .$$

Så gjenstår å uttrykke watt ved grunnenhetene. Vi vet at effekt er energi pr. tidsenhet, energi er produktet av kraft og vei, og kraft er produktet av masse og aksellerasjon:

$$\mathrm{W} = \frac{\mathrm{J}}{\mathrm{s}} = \frac{\mathrm{Nm}}{\mathrm{s}} = \frac{\mathrm{kg{\cdot}ms^{-2}{\cdot}m}}{\mathrm{s}} = \mathrm{kgm^2/s^3}.$$

Setter vi alt dette inn i uttrykket for $[\varepsilon]$, finner vi

$$[\varepsilon] = \frac{\mathrm{As/m^2}}{\mathrm{kgm/(As^3)}} = \mathrm{A^2s^4kg^{-1}m^{-3}}.$$

En lang utledning, men alt er basert på de mest fundamentale, enkle ligninger, som de fleste husker (bør huske!).

Ofte kan dimensjonsanalysen forenkles betraktelig ved at man ikke reduserer alle enhetene til grunnenhetene.

Eksempel:

Vi vil kontrollere enhetene i formelen for elektrostatisk energitetthet:

$$w_e = \frac{1}{2}\vec{E}\cdot\vec{D}.$$

Energitetthet har enheten $\mathrm{J/m^3}$, mens høyre side kan omformes:

$$[E]\cdot[D] = \frac{\mathrm{V}}{\mathrm{m}}\cdot\frac{\mathrm{C}}{\mathrm{m^2}} = \frac{\mathrm{W/A}}{\mathrm{m}}\cdot\frac{\mathrm{As}}{\mathrm{m^2}} = \frac{\mathrm{Ws}}{\mathrm{m^3}} = \mathrm{J/m^3}.$$

Vi har altså unngått å uttrykke joule ved grunnenhetene. Med litt øvelse og erfaring, og bruk av siste kolonne i tabell 2, kan dimensjonsanalysen forenkles betraktelig på denne måten.

Matematiske funksjoner som sin, cos, exp, ln etc. må ha dimensjonsløse størrelser (rene tall) som argument.

Eksempel:

$$\sin \omega t,$$

$$[\omega]\cdot[t] = \mathrm{s^{-1}}\cdot\mathrm{s} = 1.$$

Uttrykk som sin t skal altså ikke forekomme i ligninger mellom fysiske størrelser.

Et spesielt problem har vi med logaritmefunksjonen, på grunn av den matematiske relasjonen

$$\ln\frac{a}{b} = \ln a - \ln b.$$

Hvis a og b er f. eks. to lengder, kan denne relasjonen se slik ut:

$$\ln\left(\frac{3\ \mathrm{m}}{2\ \mathrm{m}}\right) = \ln 3\mathrm{m} - \ln 2\mathrm{m}.$$

Uttrykket på venstre side har en grei betydning, nemlig ln 1.5 ≈ 0.405, mens de to uttrykkene på høyre side ikke har noen mening hver for seg. Det hender likevel at vi tillater oss å bruke uttrykk av formen ln a, hvor a er en lengde. Dette må gjøres med forsiktighet, og i visshet om at i et sluttresultat med fysisk mening vil det alltid forekomme differanser mellom slike størrelser, slik at vi kan benytte substitusjoner av typen

$$\ln a - \ln b = \ln \frac{a}{b} \quad ,$$

eller f.eks.

$$2 \ln a - \ln b - \ln c = \ln \frac{a^2}{bc} \quad .$$

Måltallsligninger

Når vi utleder formler og ligninger mellom fysiske størrelser, benytter vi s t ø r r e l s e s – l i g n i n g e r , som ikke inneholder noen informasjon om hvilke enheter vi benytter. Når det endelige resultatet skal benyttes i praksis, kan det være rasjonelt å innføre bestemte enheter, og benytte ligninger mellom måltallene, såkalte m å l t a l l s l i g n i n g e r . NS–ISO 31 Del 0 sier at måltallet kan angis som forholdet mellom størrelsessymbolet og enheten, eller ved å sette sløyfeparentes rundt størrelsessymbolet, med enhetssymbolet som indeks:

$$\lambda/\mathrm{nm} = 589.6 \quad \text{eller } \{\lambda\}_{\mathrm{nm}} = 589.6 \; .$$

Eksempel:

Kapasitansen C for en platekondensator med sirkulære plater kan uttrykkes ved følgende størrelsesligning:

$$C = \varepsilon_0 \varepsilon_\mathrm{r} \, \pi D^2/(4d),$$

hvor ε_0 er permittiviteten for vakuum, ε_r er dielektrikets relative permittivitet, D er diameteren til kondensatorplatene, og d er avstanden mellom dem.

Nå er ε_0 en naturkonstant med en bestemt verdi. Bruken av ligningen forenkles om vi setter inn denne verdien, og multipliserer med $\pi/4$. Da kan den fremdeles skrives som en størrelsesligning:

$$C = (6.954 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}) \; \varepsilon_\mathrm{r} \, D^2/d \; ,$$

men dette er litt uoversiktlig. Det er da bedre å bestemme seg for enheter for de forskjellige størrelsene, og velge disse slik at de passer for det praktiske formålet. Dersom det gjelder en mikroelektronisk komponent, kan mm være en passende enhet for D, µm for d, og pF for C:

$$\{C\}_{\mathrm{pF}} = 6.954 \; \varepsilon_\mathrm{r} \; \{D\}_{\mathrm{mm}}^2/\{d\}_{\mu\mathrm{m}} \; .$$

Denne måten å angi måltall på, er entydig, men ganske tung. Ofte skrives derfor bare:

$$C = 6.954 \; \varepsilon_\mathrm{r} \, D^2/d \; ,$$

og så tilføyes: “hvor C måles i pikofarad, D i mm, og d i µm”.