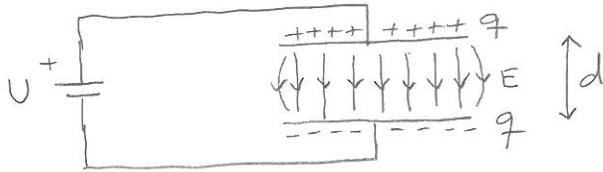


Elektriska fält



Elektriskt fält går ut från plus- och in mot minusladdning.



Elektriskt fält E

$$E \approx \frac{U}{d} \quad \left(\frac{V}{m}\right)$$

Elektrisk flödesdensitet

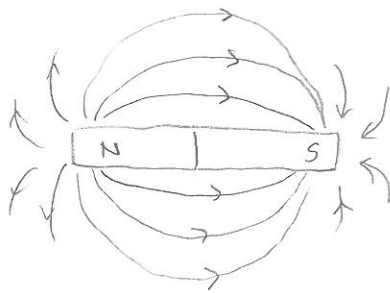
$$D = \epsilon E$$

Permittivitet

$$\epsilon = \epsilon_r \cdot \epsilon_0 \quad \epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} \left(\frac{F}{m}\right) \left(\frac{As}{Vm}\right)$$

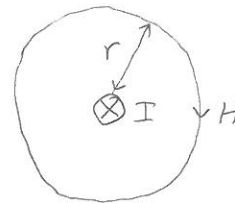
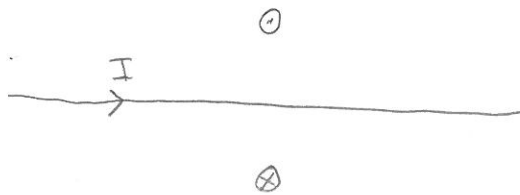
$\uparrow$  relativ materialberoende      $\uparrow$  i vakuum

Magnetiska fält



Magnetisk fältstyrka

$$H \quad (A/m)$$



$$H =$$

Amperes lag

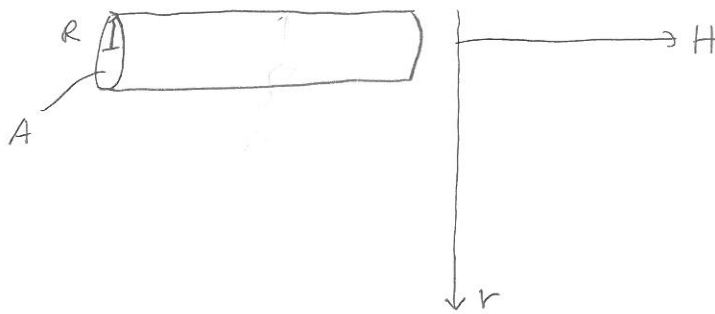
$$\oint H dl = \Sigma I$$

Hur ser magnetiska fältstyrkan ut inne i en ledare med strömdensiteten  $J = \frac{I}{A}$

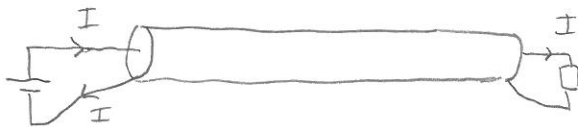
$I = \text{total ström}$

$A = \text{tvärsnittsarea}$

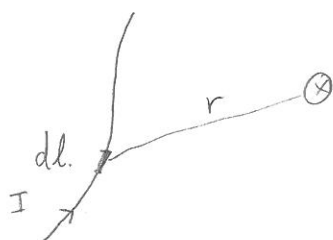
$R = \text{ledarens radie}$



Hur ser magnetfältet ut utanför en koaxialkabel med strömmen  $I$ ?



Hur ser elektriskt och magnetiskt fält ut inuti kablarna?



$$dH = \frac{I}{4\pi} \frac{dl \times r}{r^2}$$

$$H = \frac{I}{4\pi} \oint \frac{dl \times r}{r^2}$$

Integrera ihop bidragen till fältstyrkan

$\therefore$  strömmar i ledningarna ger magnetfält

## Magnetisk flödensdensitet

$$B = \mu \cdot H$$

Permeabilitet  $\mu = \mu_r \cdot \mu_0$       $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{N}{A^2}$

↑  
relativ  
materialberoende

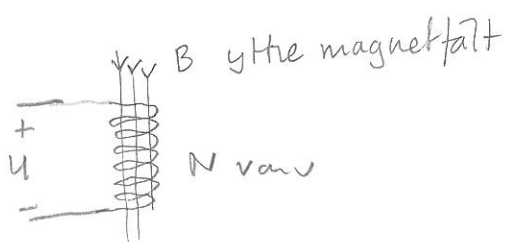
Magnetiskt flöde

$$\Phi = B \cdot A$$

Kan vi mäta magnetiskt fält med följande koppling?



## Induktionslagen



$$u = \frac{d\phi}{dt}$$

$$u = N \cdot \frac{d\phi}{dt}$$

$$\phi = B \cdot A$$

$A =$  spolens tvärsnittsarea

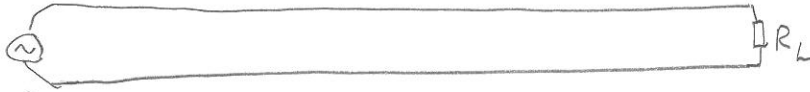
Hur kan vi minska magnetfältet från en parabel?



Hur lång är en nanosekund?

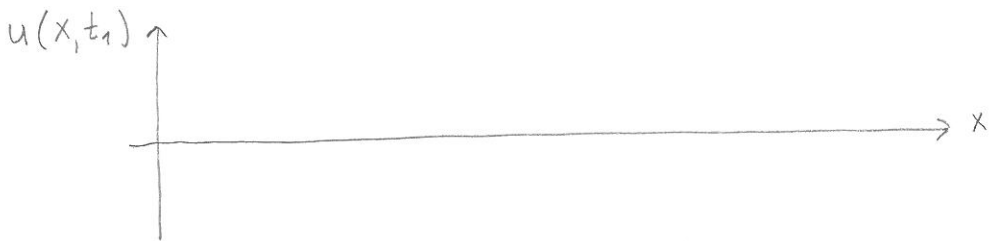
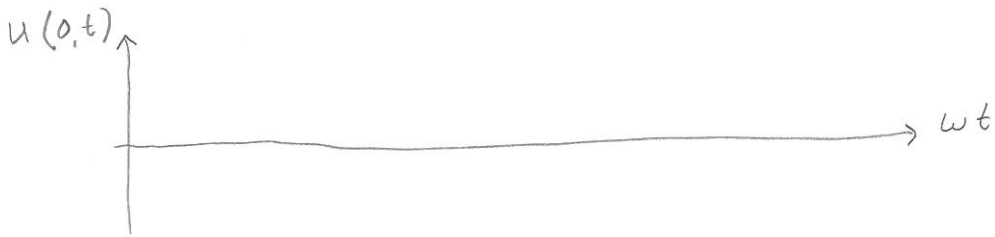
# Ledningar

$$u = \hat{U} \cdot \sin \omega t$$

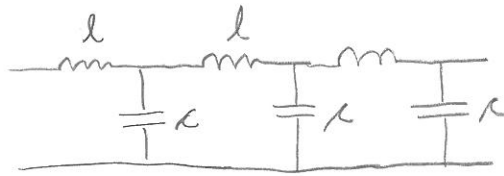


$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad \beta = \frac{2\pi}{\lambda} \quad \lambda = \frac{v}{f} = v \cdot T$$

$$u(x, t) =$$



## Ledningsimpedans



$l =$  induktans/längdenhet (H/m)

$C =$  kapacitans/längdenhet (F/m)

Karakteristisk impedans

$$Z_0 = \sqrt{\frac{l}{C}}$$

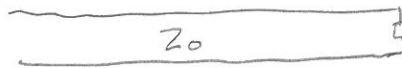
Beror av geometri, material  
dvs. fysisk utformning av kabeln

Reflektionsfaktor

$$\Gamma = \frac{Z - Z_0}{Z + Z_0}$$

Specialfall:

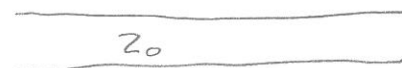
Anpassad



$$Z_L = Z_0$$

$$\Gamma =$$

Kortsluten



$$Z_L = 0$$

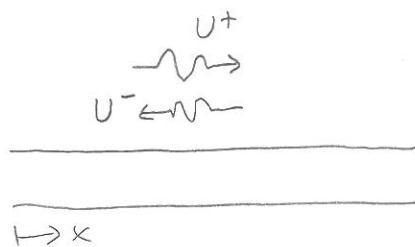
$$\Gamma =$$

Öppen



$$Z_L = \infty$$

$$\Gamma =$$

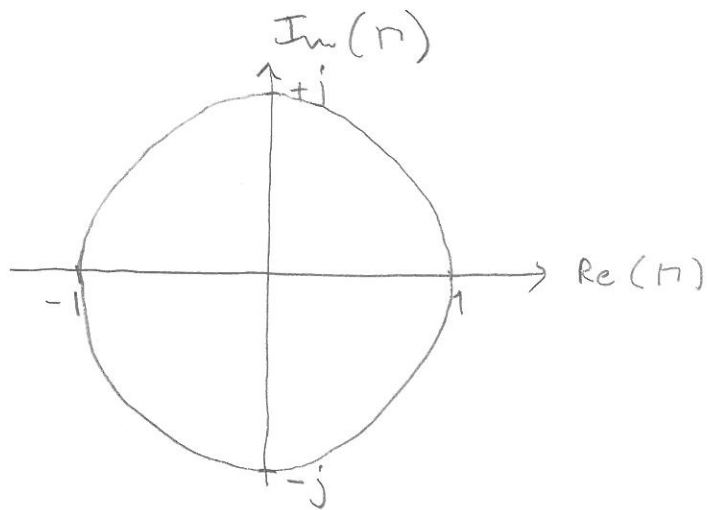


$$\Gamma = \frac{U^-}{U^+}$$

Hur stor förändring får vi på reflekterad våg  
jämfört med framåtgående våg när  $Z_L = 0$ ,  $Z_L = \infty$

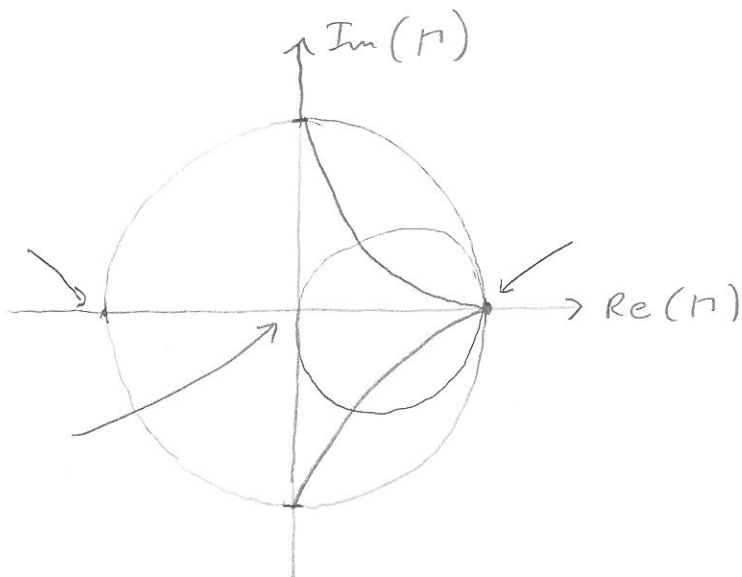
Tumregel: Om ledningslängden är  $> \frac{\lambda}{10}$  måste  
vi ta hänsyn till ledningsteori

## Komplext talplan för $\Gamma$

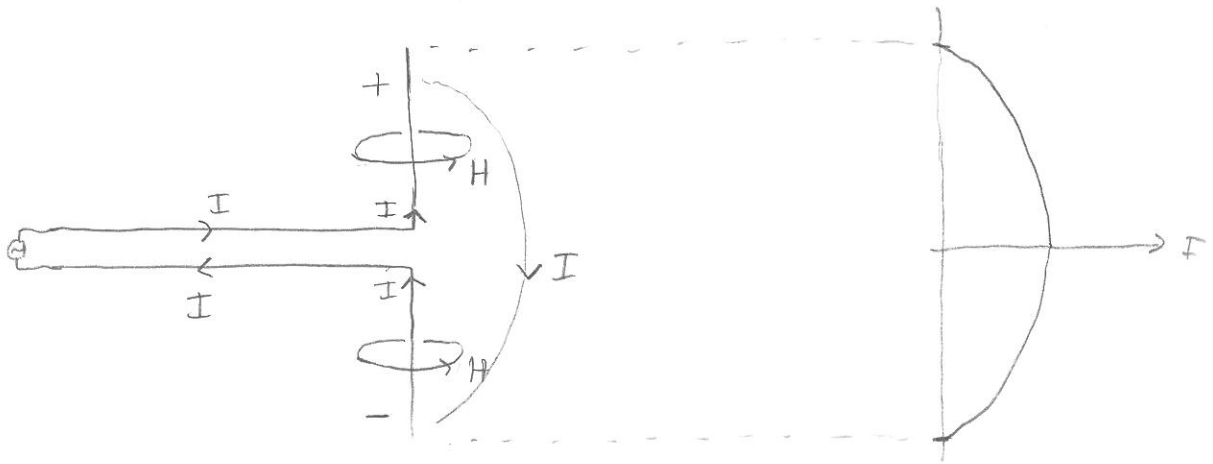


$$\Gamma = \frac{Z - Z_0}{Z + Z_0} \quad \Rightarrow \quad \frac{Z}{Z_0} = \frac{1 + \Gamma}{1 - \Gamma}$$

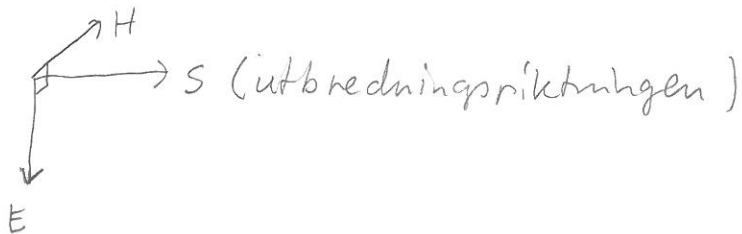
Det går att gradera  $\Gamma$ -diagrammet i impedans  
(och admittans)



## Antenner



Nära antennen är fältbilden lite komplicerad  
men i fjärrfältet bildas en plan våg där  
 $E$ - och  $H$ -fältet är vinkelräta mot varandra  
och utbredningsriktningen



Fjärrfält:

$$r \gg d$$

$$r \gg \lambda$$

$$r > \frac{2d^2}{\lambda}$$

$r$  = avstånd från antennen

$d$  = antennens yttermått

$\lambda$  = våglängd

Ge exempel på antenntyper du känner till!