

# Övning 1 - Intensitet och ljud

Mårten Selin  
marten.selin@biox.kth.se

## Intensitet (I)

"Effekt per yta"

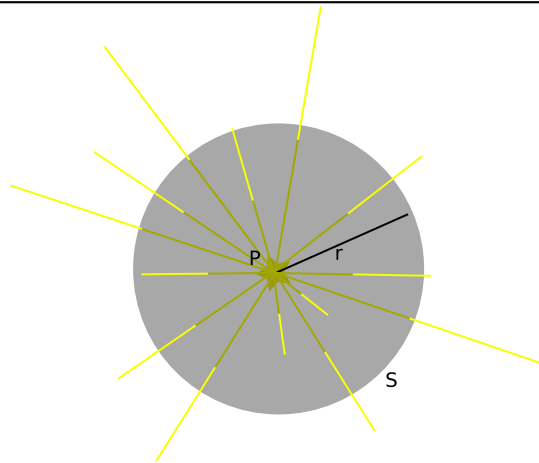
$$I = P/S \quad [\text{W/m}^2]$$

P: Effekt [W]  
S: Yta [m<sup>2</sup>]

från punktkälla

$$S = 4\pi r^2$$

$$\rightarrow I = \frac{P}{4\pi r^2}$$



för ljud

$$I = \frac{1}{2} a^2 \omega^2 Z$$

a: amplitud (max förskjutning) [m]  
 $\omega$ : vinkelfrekvens (=2 $\pi$ f) [1/s]  
Z: akustisk impedans (=  $\rho c$ ) [kg/m<sup>2</sup>s]  
 $\rho$ : mediets densitet [kg/m<sup>3</sup>]  
c: ljudhastighet i mediet [m/s]

$$Z_{\text{luft}} = 420 \text{ kg/m}^2\text{s}$$
$$Z_{\text{H}_2\text{O}} = 1.5 \cdot 10^6 \text{ kg/m}^2\text{s}$$

## Ljudintensitetsnivå ( $\beta$ )

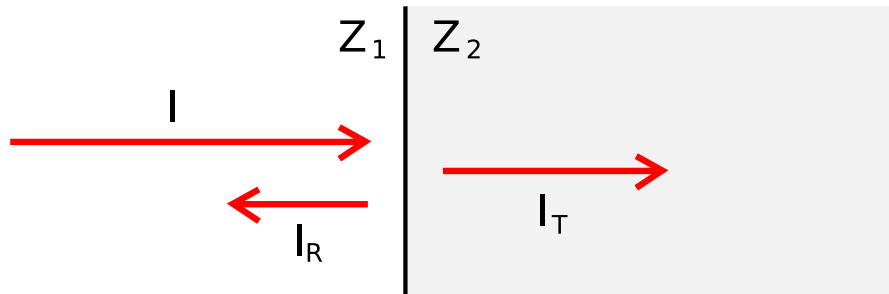
$$I = \beta \text{ dB} \quad \leftrightarrow \quad \beta = 10 \log(I/I_0) \quad \leftrightarrow \quad I = I_0 \cdot 10^{\beta/10}$$

$$I_0: \text{referensnivå} = 10^{-12} \text{ W/m}^2$$

## Ljud som träffar gränsskikt

Reflektans (R)

Transmittans (T)



$$R = I_R / I$$

$$= \left( \frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2} \right)^2$$

$$T = I_T / I$$

$$= 1 - R$$

Hemtal

### Hemtal: I 000111 - Instrumentpaneler till tyngre fordon uppg 3

En summer måste naturligtvis också finnas, för att alarmera om riktigt allvarliga fel. Vid första konstruktionsförsök visade sig denna ge för låg ljudintensitetsnivå (=54dB). För att höja detta värde bytte man frekvens från 600 till 900Hz, fördubblade membranytan, och ökade vibrationsamplituden med 50%. Vilken blev den nya ljudintensitetsnivån?

# Övning 2 - Elektriska fält

Mårten Selin  
marten.selin@biox.kth.se

## Elektriskt fält (E)

"Kraft per laddning"

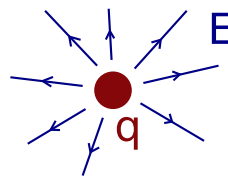
$$E = F/q \quad [\text{V/m}]$$

(På vektorform:  $\mathbf{E} = \mathbf{F}/q$ )

F: Kraft [N]  
q: Laddning [C]

från punktladdning

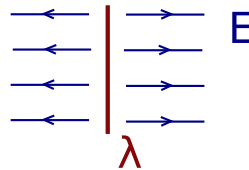
$$E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$



$\epsilon_0$ : Dielektricitetskonst. =  $8.85 \cdot 10^{-12}$  F/m

från linjeladdning

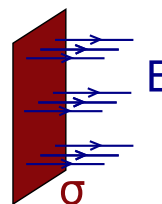
$$E = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 r}$$



λ: Trådladdning, laddning per sträcka [C/m]

från ytladdning

$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$$



σ: Ytladdning, laddning per yta [C/m<sup>2</sup>]

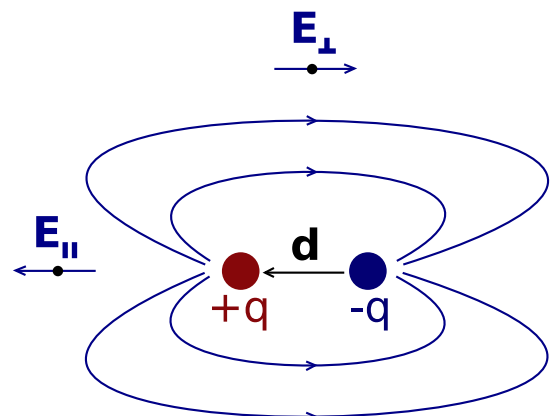
## Dipol

Dipolmoment:  $\mathbf{p} = q\mathbf{d}$

"Nyttiga" specialfall:

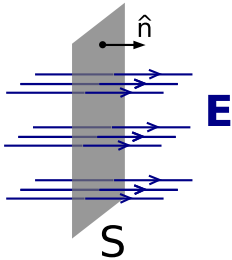
$$\mathbf{E}_\perp = -\frac{\mathbf{p}}{4\pi\epsilon_0 r^3}$$

$$\mathbf{E}_\parallel = \frac{\mathbf{p}}{2\pi\epsilon_0 r^3}$$



## Gauss sats

flöde genom en yta ( $\Phi$ )



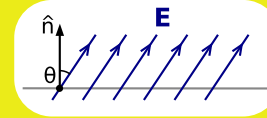
S: Yta det elektriska fältet går igenom  
 $\hat{n}$ : Ytnormal  
(vektor vinkelrät mot ytan, längd 1)

$$d\mathbf{S} = \hat{n} dS \quad (\text{notation})$$

$$\Phi = \int_S \mathbf{E} d\mathbf{S} = \int_S \mathbf{E} \hat{n} dS$$

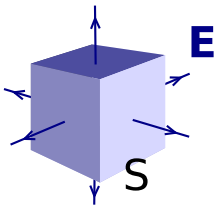
Specialfall:

$$\mathbf{E} \hat{n} = E \cos(\theta)$$



$$\rightarrow \Phi = \int_S \mathbf{E} \hat{n} dS = E \cos(\theta) \int_S dS = E S \cos(\theta)$$

flöde genom en sluten yta



Gauss sats

$$\Phi_{\text{ut}} = \oint_S \mathbf{E} d\mathbf{S} = \frac{Q}{\epsilon_0} \quad \leftarrow \text{innesluten laddning}$$

## Hemtal

### Hemtal: F070604 - Skansen uppg 4

Många djurparker (och bönder) använder elstängsel för att hålla djur och människor åtskilda. En del anser att djuren aldrig behöver nudda stängslet för att hålla sig borta utan att de i stället känner fältet runt det. Antag att man har två trådar bredvid (i sidled) varandra på ngn cm avstånd, trådarna har motsatt laddning (en plus och en minus). Ungefär hur mycket starkare är fältet på 3dm avstånd jämfört med på 1m?

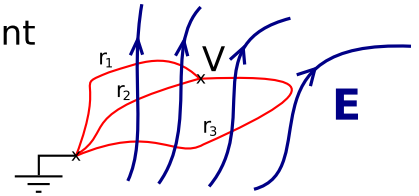
# Övning 3 - Spänning & kondensatorer

Mårten Selin  
marten.selin@biox.kth.se

## Potential (V)

$$-\nabla V = \mathbf{E}, \quad \text{eller ekvivalent: } V = - \int_r \mathbf{E} \, dr + \text{konstant}$$

V är väldefinierad efter att nollnivå - "jord" har valts.  
Alla integrationsvägar ( $r_1, r_2, r_3$ ) ger samma resultat



## Spänning (U)

"Skillnad i elektrisk potential"

$$U_{ab} = V_b - V_a \quad [\text{V}]$$

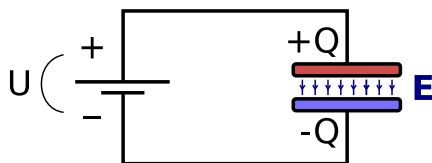
## Potentiell energi ( $\epsilon_{\text{pot}}$ )

$$\epsilon_{\text{pot}} = q V \quad [\text{J}]$$

## Arbete att flytta en laddning i ett elektriskt fält ( $W_{ab}$ )

$$\begin{aligned} W_{ab} &= - \int_a^b \mathbf{F} \, dr = - \int_a^b q \mathbf{E} \, dr = q \left( - \int_a^b \mathbf{E} \, dr \right) = q (V_b - V_a) = q U_{ab} \\ &= \epsilon_{\text{pot},b} - \epsilon_{\text{pot},a} \end{aligned}$$

## Kondensator



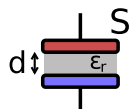
## Kapacitans (C)

"Kapacitet" att lagra laddning (Q)  
för en viss spänning (U):

$$C = Q/U \quad [\text{F}]$$

## Plattkondensatorn

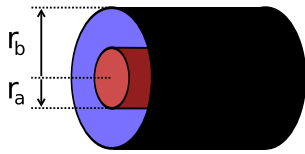
$$C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{S}{d}$$



$\epsilon_r$ : Mellanliggande materials permittivitet  
S: Plattarea  
d: Plattavstånd

## Cylinderkondensatorn

$$C = 2\pi\epsilon_0\epsilon_r \frac{L}{\ln(r_b/r_a)}$$

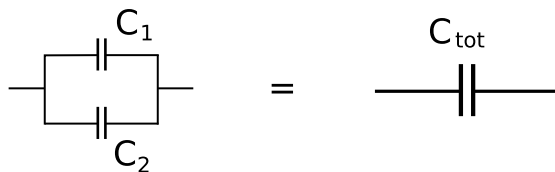


$r_a$  : innerledarens radie  
 $r_b$  : ytterledarens radie  
 $\epsilon_r$  : permittivitet av material mellan innerledare och ytterledare

## Uppladdad energi

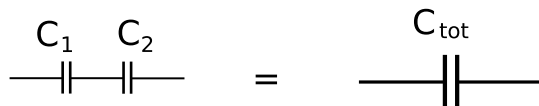
$$\epsilon_{\text{pot}} = \frac{1}{2} CU^2$$

## Parallellkoppling



$$C_{\text{tot}} = C_1 + C_2$$

## Seriekoppling



$$\frac{1}{C_{\text{tot}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

## Hemtal

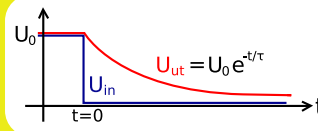
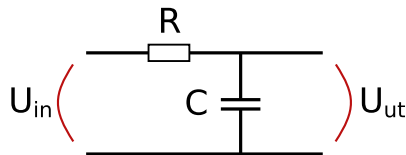
### Hemtal: I 02-03-05 - Tekniska hjälpmedel för tankrederier uppg 1

När man vill mäta hur full en oljetank är gör man det ofta genom att i tanken montera ett par parallella plattor och sedan mäta hur kapacitansen mellan dem förändras när utrymmet mellan dem är mer eller mindre fyllt av olja. Antag att plattavståndet är 10mm, plattbredden 120mm och plattornas höjd är 8,0m. Oljans  $\epsilon_r=5,6$ . Hur beror kapacitansen mellan plattorna av oljenivån? Plotta C som funktion av oljans höjd (dvs 0 till 8m) i ett stort diagram med graderade axlar.

# Övning 4 - RC-kretsen & magnetfält

Mårten Selin  
marten.selin@biox.kth.se

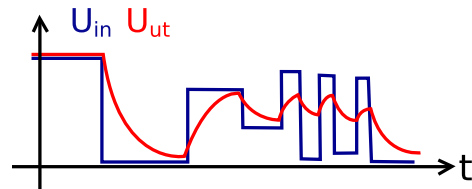
## RC-kretsen



$$U_{ut} = U_0 e^{-t/\tau}$$
$$\tau = RC$$

$\tau$ : Tidskonstanten (s), "Kretsens tröghet"

Tidskonstanten ( $\tau$ ) ger ett mått på hur snabba signaler som kan skickas genom en krets.



## Magnetfält (B)

Magnetfält utövar en kraft på laddningar som rör sig.

Magnetfältets storlek och riktning,  $\mathbf{B}$ , definieras så att:

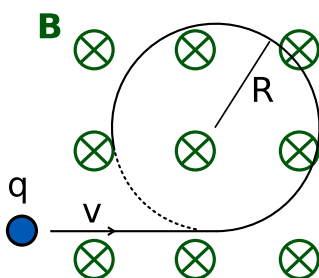
$$\mathbf{F} = q\mathbf{v} \times \mathbf{B}$$

$q$ : Laddning  
 $\mathbf{v}$ : Laddningens hastighet  
 $\mathbf{F}$ : Kraft som  $\mathbf{B}$  påverkar laddningen med

Kraften är vinkelrät mot både magnetfältet och laddningens hastighet.

*Kom ihåg högerhandsregeln när ni räknar kryssprodukter!*

## Cirkulär rörelsebana



$$R = \frac{mv}{qB}$$

$R$ : Rörelsebanans krökningsradie  
 $B$ : (Det homogena) magnetfältet  
 $q$ : Laddning  
 $m$ : Laddningens massa  
 $v$ : Laddningens hastighet

## Ström i magnetfält

Då ström är summan av laddningarnas rörelser:

$$\mathbf{I}_{\text{tot}} = \sum_k q_k \mathbf{v}_k$$

...fås den totala kraften som verkar på en ledare av:

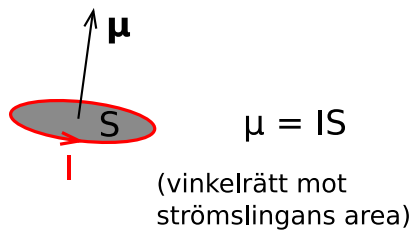
$$\mathbf{F}_{\text{tot}} = \mathbf{I}_{\text{tot}} \times \mathbf{B}$$

(förutsätter ett homogent magnetfält  $\mathbf{B}$  över hela ledaren)

## Magnetisk dipol ( $\mu$ ) i magnetfält

All magnetisk kraft är från dipoler (eller: det har åtminstone inte observerats några magnetiska monopoler).

Dipoler kommer från strömslingor:

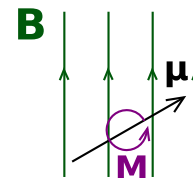


$\mu$ : Magnetisk dipol [ $\text{Am}^2$ ]  
 $I$ : Ström som flyter runt slingan  
 $S$ : Slingans area

Dipolmoment:

$$\mathbf{M} = \mu \times \mathbf{B}$$

"Verkar så att dipolen vill rikta in sig efter magnetfältet"



## Hemtal

### Hemtal: I 99-10-22 - Företaget Micronic

Den elektriska signal som driver den akustooptiska modulatorens har samma frekvens som ultraljudet, dvs ganska hög (100-tals MHz). Man vill leda denna i en koaxialkabels innerledare med radien  $r$ .

Kabelns längd är  $L$ . I en provuppställning visar sig kretsen bli för långsam (=ha för stor tidskonstant) och man lyckas då reducera längden med 25% (dvs till 75% av utgångsvärdet) och öka radien  $r$  med 50%. Ytterledarens radien förändras inte utan är hela tiden =dubbla den ursprungliga innerradien. Hur mycket snabbare blir kretsen?

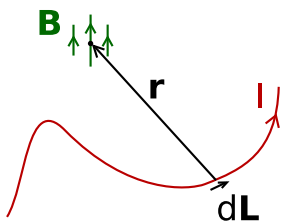


# Övning 5 - Källor till magnetfält

Mårten Selin  
marten.selin@biox.kth.se

## Ström i ledare

### Godtycklig ledare, Biot-Savarts lag



$$\mathbf{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \int_L \frac{d\mathbf{L} \times \hat{\mathbf{r}}}{r^2}$$

**B**: Magnetfält [T]

**L**: Ledare

**dL**: "infinitesimal" integrationssträcka

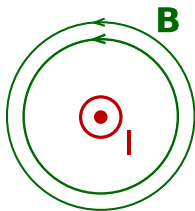
**I**: Ström genom ledare

**r**: Sträcka från "observationspunkt" till ledare

$\hat{\mathbf{r}}$ : Enhetsvektor i **r**:s riktning

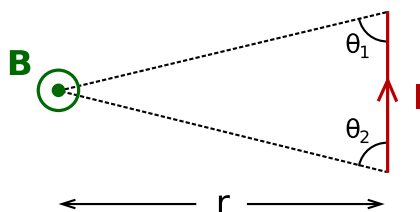
$\mu_0$ : Permeabilitet i vakuum =  $4\pi \cdot 10^{-7}$  N/A<sup>2</sup>

### Lång rak ledare



$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

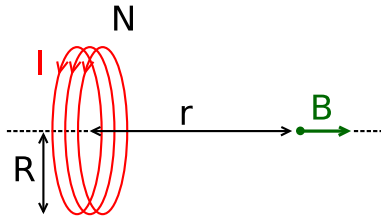
### Kort rak ledare



$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi r} (\cos(\theta_1) + \cos(\theta_2))$$

## Ström i spole

### Kort spole (N=1 för enkel slinga)

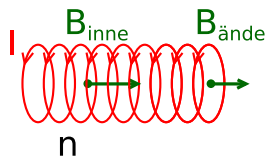


R: Slingans radie  
I: Ström genom slingan  
N: Antal varv slingan har  
r: Avstånd från slingans mittpunkt

$$B = N \frac{\mu_0 I}{2} \frac{R^2}{(r^2 + R^2)^{3/2}}$$

(På symmetriaxeln)

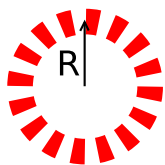
### Lång spole



I: Ström genom slingan  
n: Varvtäthet ( = N/L ) [varv/m]

$$B_{\text{inne}} = n \mu_0 I, \quad B_{\text{ände}} = \frac{1}{2} n \mu_0 I$$

### Toroidspole



"En lång spole utan ändrar"

Dvs: räkna som en lång spole där varvtätheten är:  
 $n = N/L = N/2\pi R$

En toroidspole är (idealt) läckfri. Allt magnetfält innesluts av spolen.

## Hemtal

### Hemtal: I 02-04-12 - Restaurangkök uppg 3

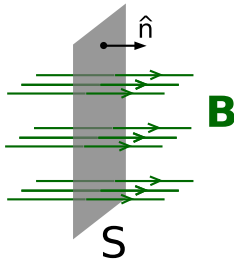
En gammaldags spisplatta ger upphov till ett ganska kraftigt magnetfält, vilket en del anser vara en arbetsmiljöfara. Uppskatta storleksordningen på detta magnetfält om en platta drar en ström på 5A genom en spiralformad ledare med 100 varv. Det innersta har radien 4cm och den yttersta 30cm.

# Övning 6 - Induktion & RL-kretsen

Mårten Selin  
marten.selin@biox.kth.se

## Induktion

### Magnetiskt flöde ( $\Phi$ )



S: Yta det magnetiska fältet går igenom

$\hat{n}$ : Ytnormal (vektor vinkelrät mot ytan, längd 1)

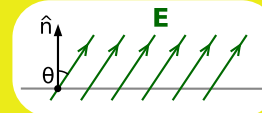
$d\mathbf{S} = \hat{n} dS$  (notation)

$\Phi$ : Magnetiskt flöde [Wb]

$$\Phi = \int_S \mathbf{B} \cdot d\mathbf{S} = \int_S \mathbf{B} \cdot \hat{n} dS$$

Specialfall:

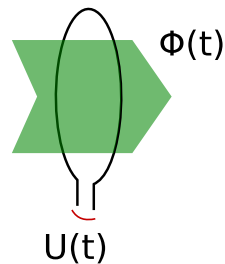
$$\mathbf{B} \cdot \hat{n} = B \cos(\theta)$$



$$\rightarrow \Phi = \int_S \mathbf{B} \cdot \hat{n} dS = B \cos(\theta) \int_S dS = B S \cos(\theta)$$

### Inducerad spänning

$$U = \frac{d\Phi}{dt}$$



### Induktans [H]



Självinduktans:

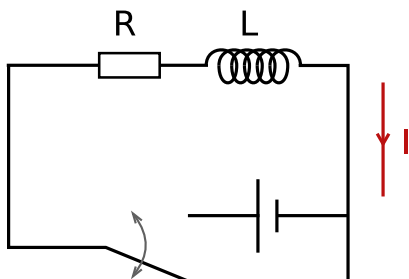
$$L_1 = \Phi_1 / I_1, \quad L_2 = \Phi_2 / I_2$$

Ömsesidig induktans:

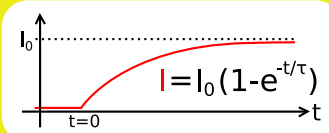
$$M = \Phi_1 / I_2 = \Phi_2 / I_1$$

## RL-kretsen

På samma sätt som RC-kretsen ger en tröghet i spänningsförändringar, ger RL-kretsen en tröghet i strömförändringar.

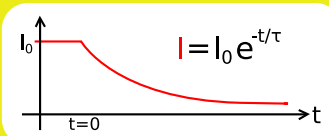


Inkoppling:



$$I_0 = U/R$$
$$\tau = L/R$$

Urkoppling:



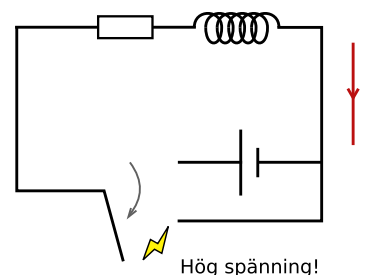
$\tau$ : Tidskonstanten [s], "Kretsens tröghet"

## Spänningsspik m.h.a. en spole

Då spänningskällan är inkopplad är strömmen  $I = I_0$ .

Bryts kretsen plötsligt (d.v.s.  $R = \infty$ ), så blir spänningen  $U = R I_0$  oändlig... eller åtminstone väldigt stor.

Då tidskonstanten blir liten för stora  $R$  så är spänningsspiken ett snabbt förlopp.



## Hemtal

### Hemtal: MT 08-03-10 - Visioner på utställningar uppg A1

På tekniska museet finns ett "ekorrhjul" för småbarn med "navdynamo" dvs genom luftgapet till en toroidspole passerar magneter med omväxlande polaritet (riktning). Strömmen från denna används för att driva fram ett tåg. Med vilken faktor ökar effekten som levereras till tåget om barnen springer dubbelt så fort? (Icke-linjäriteter i tågmotorn kan du bortse från)

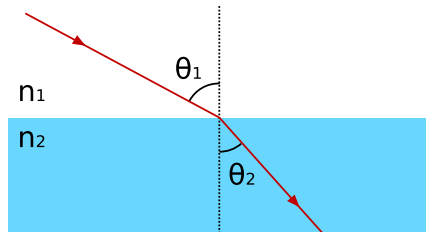
(Enbart rätt svar ger inga poäng, det är motiveringingen som avgör)

(Facit till denna uppgift innehåller en tankekurva från examinator, men svaret stämmer...)

# Övning 7 - Strålgång i gränsyta

Mårten Selin  
marten.selin@biox.kth.se

## Snells lag



$$n_1 \sin(\theta_1) = n_2 \sin(\theta_2)$$

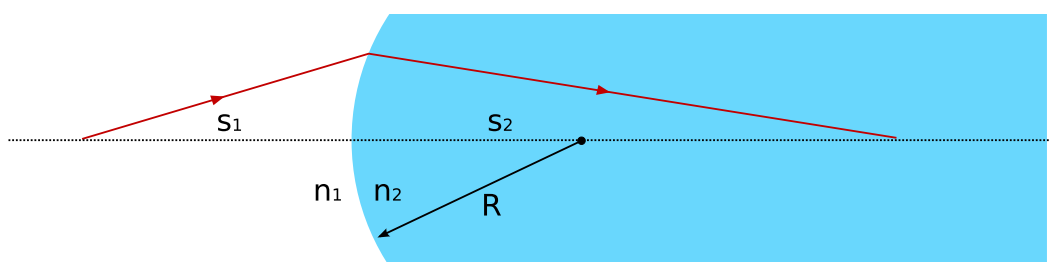
## Totalreflektion

Då infallande ljus träffar en gränsyta mot ett "optiskt tunnare" medium ( $n_1 > n_2$ ), kan villkoret för totalreflektion uppfyllas:

$$n_1 \sin(\theta_1) / n_2 > 1$$

I sådant fall saknas lösning till Snells ekvation då  $\sin(\theta_2)$  ej kan bli större än 1. Då "tillåts" inget ljus fortsätta över gränsytan, utan allt ljus måste reflekteras. → Totalreflektion.

## Linsmakarformeln



$$\frac{n_1}{S_1} + \frac{n_2}{S_2} = \frac{n_2 - n_1}{R}$$

☺ :  $R > 0$

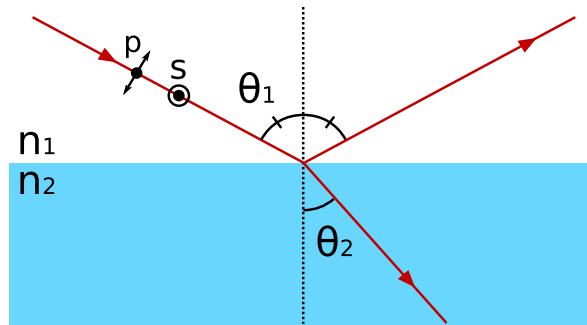
☹ :  $R < 0$

## Tunn lins i luft

$$\frac{1}{f} = (n - 1) \left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$$

f: Den tunna linsens fokallängd  
n: Linsens brytningsindex  
R<sub>1</sub>: Krökningsradie på första ytan  
R<sub>2</sub>: Krökningsradie på andra ytan

## Reflektion



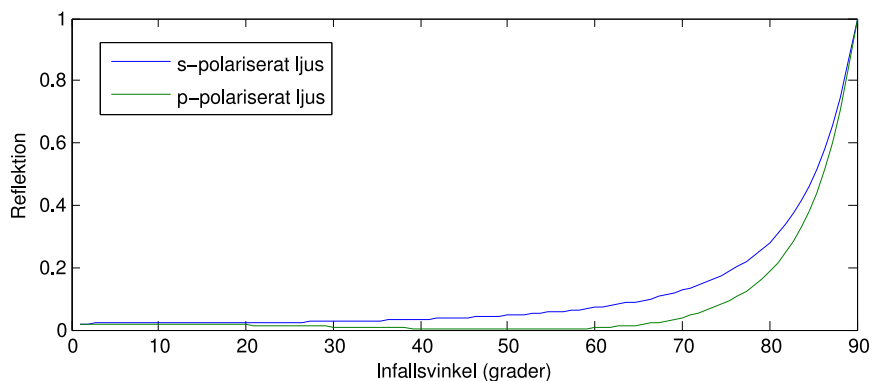
Reflektion (och transmission) är olika för s- och p-polariserat ljus:

Reflektion för s-polariserat ljus:  $R_s = \frac{\sin^2(\theta_1 - \theta_2)}{\sin^2(\theta_1 + \theta_2)}$

Reflektion för p-polariserat ljus:  $R_p = \frac{\tan^2(\theta_1 - \theta_2)}{\tan^2(\theta_1 + \theta_2)}$

Transmission:  $T = 1 - R$

## Reflektion mot vattenyta ( $n_{\text{H}_2\text{O}} = 1.33$ )



## Hemtal

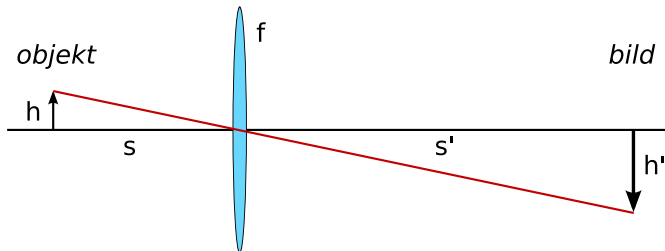
### Hemtal: I 00-10-25 - Personidentifiering uppg 1

I de flesta fallen läser man in fingeravtrycken optiskt dvs en lens avbildar fingertoppen på en detektor. I ett fall är detektorytan 3mm x 4mm och fingertoppen får antas vara mindre än 18mm x 24mm. Detta vill man avbilda mha ett linssystem som består av två tunna linser tätt intill varandra med fokallängder 20mm resp 15mm. Hur ska fingertopp och detektor placeras i förhållande till linspaketet?

# Övning 8 - Tunn lins, Teleskop & Mikroskop

Mårten Selin  
marten.selin@bio.kth.se

## Tunn lins

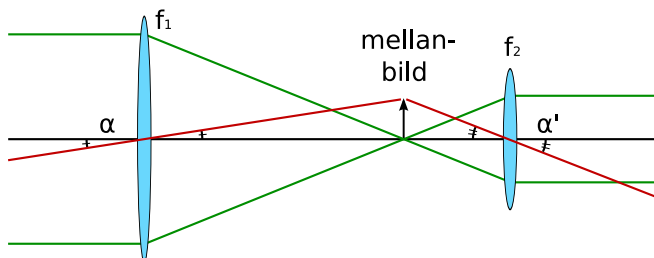


f : Tunna linsens fokallängd  
s : Objektsavstånd  
h : Objektsstorlek  
s' : Bildavstånd  
h' : Bildstorlek

Linsformeln:  $\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$

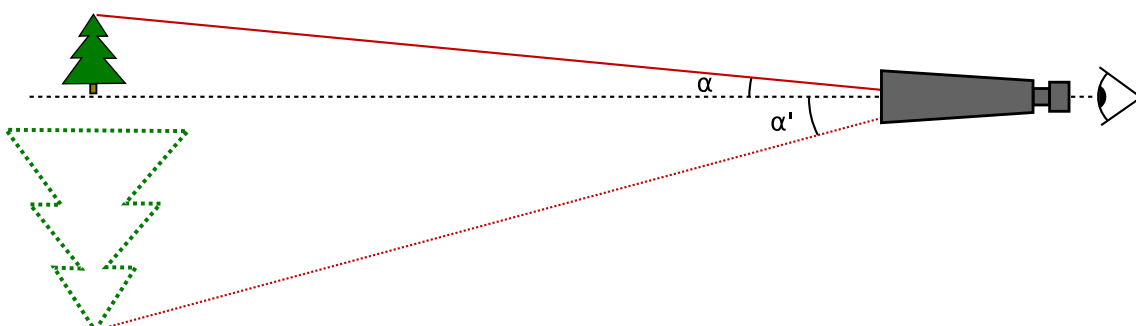
Förstoring:  $M = h'/h = s'/s$

## Teleskop / Kikare



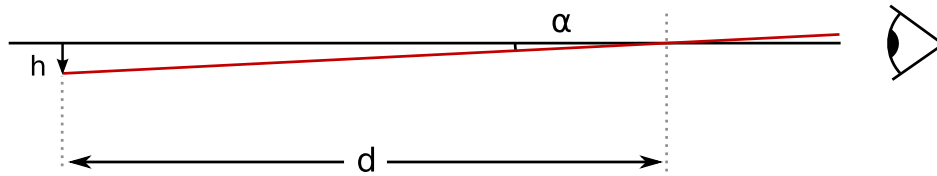
$\alpha$  : Infallsvinkel  
 $\alpha'$  : Utfallsvinkel  
 $f_1$  : Objektivets fokallängd  
 $f_2$  : Okularets fokallängd

Förstoring:  $M = \alpha'/\alpha = f_1/f_2$  ("liten vinkel"-approximation)

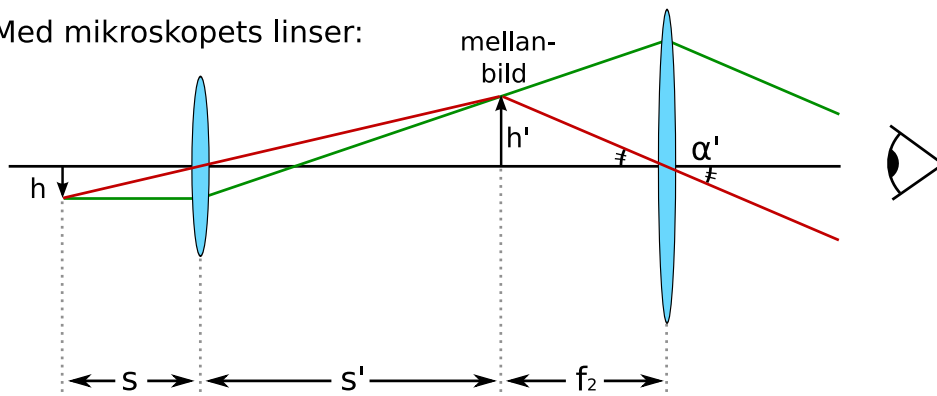


# Mikroskop

Utan mikroskopets linser:



Med mikroskopets linser:



Förstoring: (inkl. "små vinkel"-approximationer)

$$\left. \begin{array}{l} \alpha = h/d = h/(s+s'+f_2) \\ \alpha' = h'/f_2 \\ h'/h = s'/s \end{array} \right\} \rightarrow M = \frac{\alpha'}{\alpha} = \frac{h'/f_2}{h/d} = \frac{s'(s+s'+f_2)}{s f_2}$$

# Hemtal

## Hemtal: I 01-10-26 - Skarvning av optisk fiber uppg 2

Den vanligaste tekniken för att skarva ihop fibrerna är att svetsa ihop dem med en ljusbåge. Detta vill man kunna titta på med ett mikroskop, bestående av två linser. Den första (närmast fibern) på  $f_1=5\text{mm}$  och den andra på  $f_2=-2\text{mm}$ . Linserna ligger  $4\text{mm}$  från varandra. Bilden ska hamna  $200\text{mm}$  efter sista linsen. Var ska objektet placeras? Ej poänggivande följdfråga: Vad tror du det är för ngt speciellt med denna linskombination?



# Övning 9 - Inteferens

Mårten Selin  
marten.selin@biox.kth.se

## Vågegenskapen hos ljusstrålar

### Fas ( $\varphi$ )

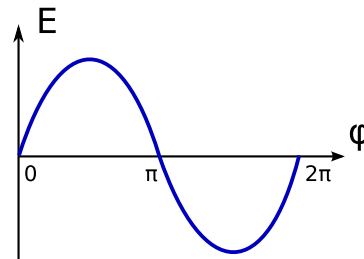
"Argumentet till funktionen som beskriver en periodisk våg"

Exempel - Plan våg:

$$E(x,t) = E_0 \sin(2\pi x/\lambda - \omega t)$$

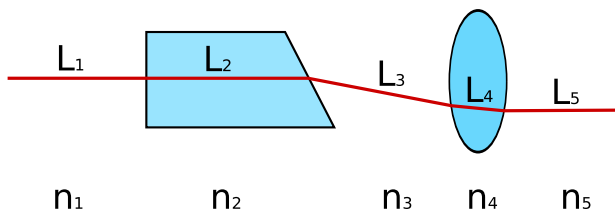
$$= E_0 \sin(\varphi)$$

$$\rightarrow \varphi = 2\pi x/\lambda - \omega t$$



### OPL - "Optical Path Length"

"En ljusstråles upplevda färdsträcka"



$$OPL = \sum_{i=1}^N n_i L_i$$

Fas längs med ljusstrålen:  $\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} OPL - \omega t + N\pi$ ,

där N är antalet reflektioner mot tätare medium.

### Fasskillnad ( $\Delta\varphi$ )

$$\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 = \frac{2\pi}{\lambda} (OPL_2 - OPL_1) + (N_2 - N_1)\pi$$

## Inteferens

...mellan 2 strålar

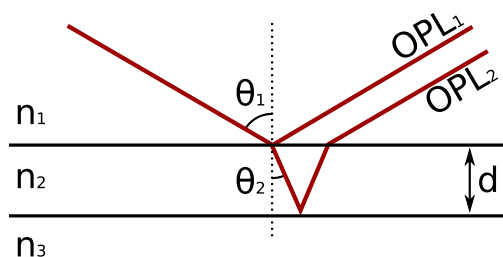
Den totala intensiteten från två strålar med intensitet  $I_1$  och  $I_2$ , beror på fasskillnaden:

$$I_{\text{tot}} = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cos(\Delta\phi)$$

Konstruktiv inteferens då:  $\Delta\phi = 0, +/- 2\pi, +/- 4\pi, \dots$

Destruktiv inteferens då:  $\Delta\phi = +/- \pi, +/- 3\pi, \dots$

...i tunt skikt



$$OPL_2 - OPL_1 = 2n_2 d \cos(\theta_2)$$

Se föregående sida för att få fram fasskiftet ( $\Delta\phi$ ).

*Glöm ej fasskiftet p.g.a. reflektion mot tätare medium!*

$n_2 > n_1 \rightarrow N_1 = 1$ , annars 0.

$n_3 > n_2 \rightarrow N_2 = 1$ , annars 0.

## Hemtal

### Hemtal: I 02-01-09 - "High End"-kameror uppg 4

Pga det stora antalet linsyor måste AR-behandling göras. Ofta görs denna som en tvåskiktsbeläggning. Antag att vi använder två material A med  $n_A=2,15$  och B med  $n_B=1.75$ . B läggs ytterst och A närmast glaset. Bör B göras en kvarts eller en halv våglängd tjockt?

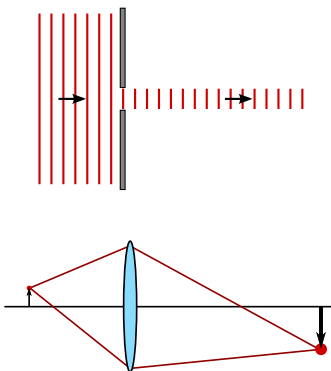
# Övning 10 - Diffraction

Mårten Selin  
marten.selin@bio.kth.se

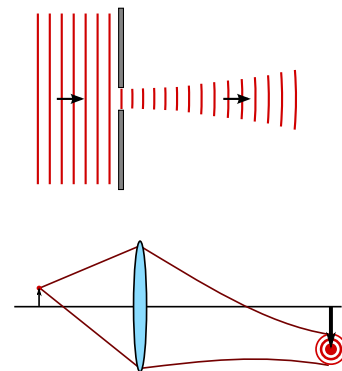
## Därför att vågor är vågor...

I geometrisk optik försummas effekten av diffraction. Ifall ljusets våglängd är liten i förhållande till de strukturer som ljuset växelverkar med är detta en bra approximation.

### Geometrisk optik



### Diffraction



## Spridning p.g.a. diffraction

### Enkelspalt

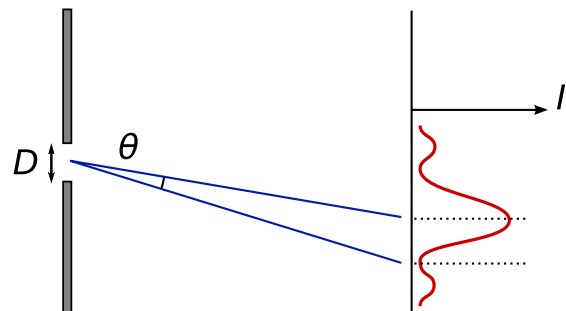
$$\sin(\theta) = \lambda/D$$

$D$ : enkelspaltens bredd

### Cirkulär öppning

$$\sin(\theta) = 1.22 \lambda/D$$

$D$ : öppningens diameter

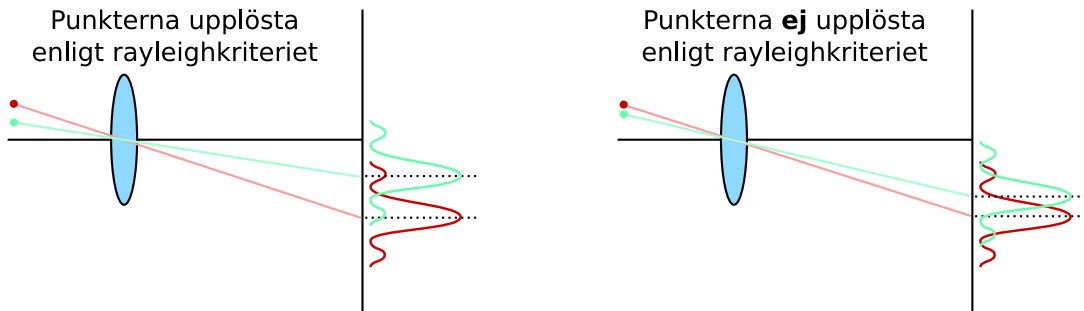


$\theta$ : vinkel mellan diffraktionskurvas maximum och 1:a minimum

Vid avbildning med en lens (eller reflektor) fås diffraktionsmönstret på samma sätt som för den cirkulära öppningen, om diametern  $D$  sätts till lensens diameter. Från bildavståndet  $s$  och vinkeln  $\theta$  fås diffraktionskurvas storlek i bildplanet.

## Rayleighkriteriet

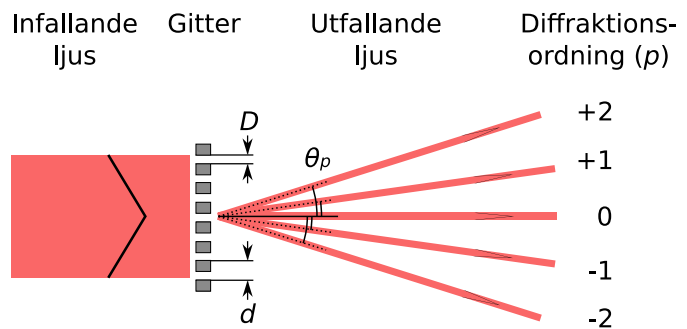
Två punkter sägs vara upplösta enligt Rayleighkriteriet när maximat på den enes diffraktionskurva ligger utanför 1:a minimat på den andres diffraktionskurva.



## Gitter

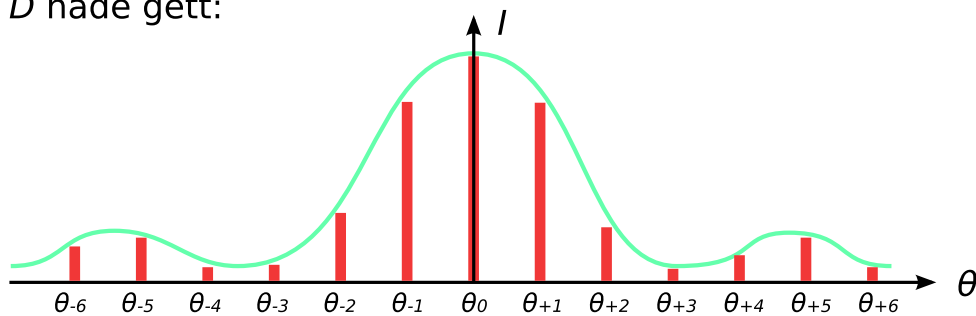
Ett gitter delar upp infallande ljus i diffraktionsordningar vars utfallsvinkel ( $\theta_p$ ) ges av gitterformeln:

$$p \lambda = d \sin(\theta_p)$$



$d$ : Gittrets period (gitterkonstanten)  
 $D$ : Spaltbredd

Intensiteten i de olika diffraktionsordningarna är (generellt sett) olika och fås från den diffraktionskurvan en ensam spalt med bredd  $D$  hade gett:



Sista ord från övningsassistenterna

*Stort lycka till!*

You can do it! ;-)