

# **A KURSUS 2014**

**Diagnostisk Radiologi : ” Fysik og Radiobiologi ”**

**Elektromagnetisk stråling**

**&**

**Røntgenstråling**

Erik Andersen , ansvarlig fysiker  
CIMT Medico Herlev, Gentofte, Glostrup Hospital

## Indhold :

1. Grundlæggende begreber : Bølgelære, atomfysik, lysets natur
2. Elektromagnetisk stråling : Elektriske og magnetiske felter, det elektromagnetiske spektrum, dannelse af elektromagnetisk stråling
3. Røntgenstråling : Diagnostisk røntgen

### Harmonisk svingning / harmonisk bølge :

$$y = A \cdot \sin ( \omega \cdot t - k \cdot x + \varphi_0 )$$

hvor : A = amplituden ( m )

$\omega$  = vinkelfrekvensen (  $s^{-1}$  )

$\lambda$  = bølgelængden ( m )

$\varphi_0$  = begyndelsesfasen

T = svingningstiden/perioden ( s )

f = frekvensen ( Hz =  $s^{-1}$  )

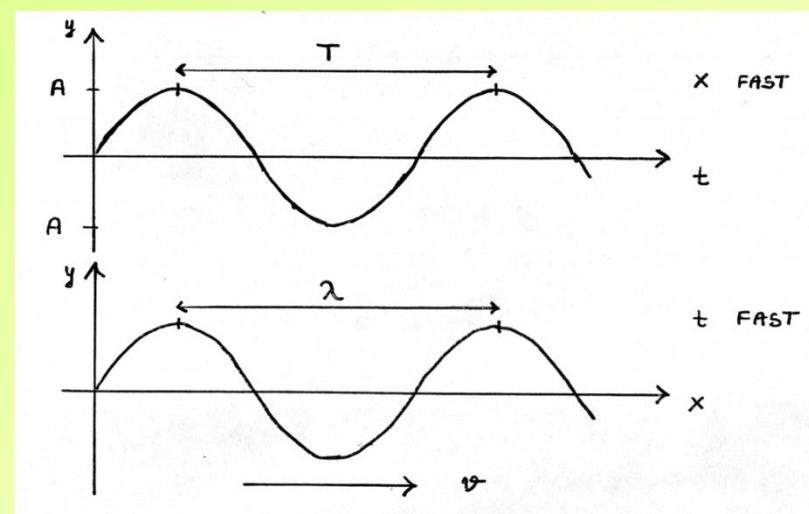
k = bølgetallet (  $m^{-1}$  )

(  $\omega \cdot t - k \cdot x + \varphi_0$  ) = fasen

T = 1/f

$\omega = 2\pi \cdot f$

k =  $2\pi / \lambda$



Bølgeligningen for elektromagnetisk stråling :  $c = \lambda \cdot f$

c = lysets hastighed i vacuum =  $3,0 \cdot 10^8$  m/s  
= 300.000 km/s

**NB:** Bølgelængden  $\lambda$  og frekvensen f er omvendt proportionale størrelser .

## Typiske bølgefænomener :

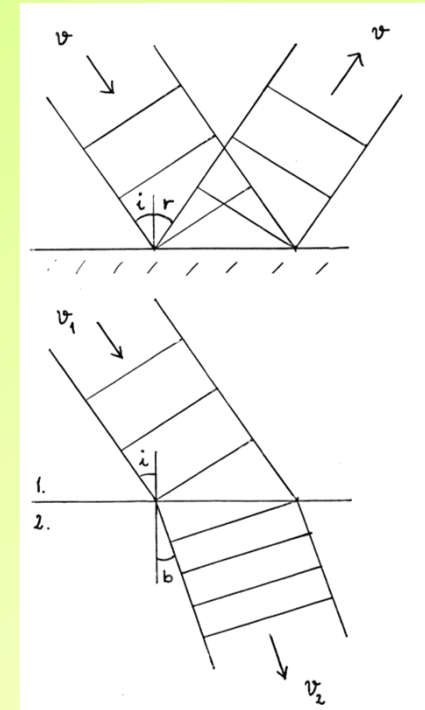
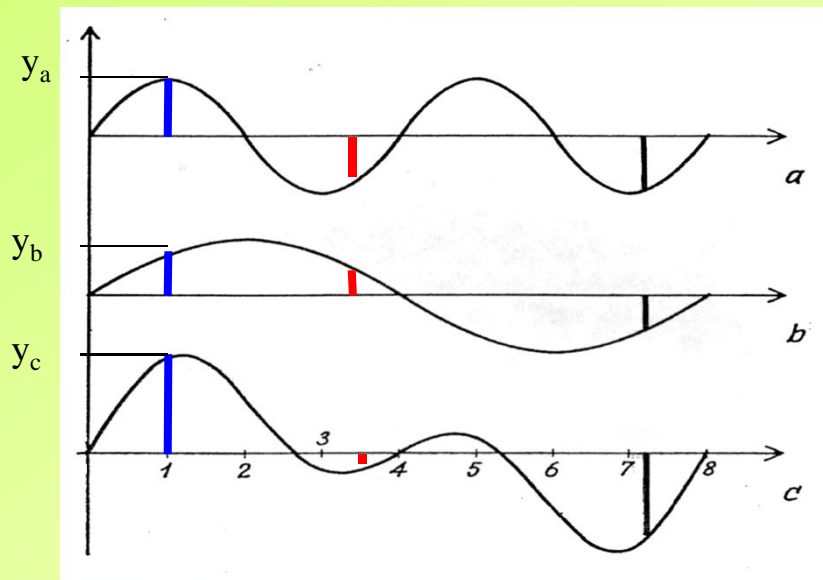
1. Refleksion :  $\angle i = \angle r$ , indfaldsvinkel = refleksionsvinkel

2. Brydning :  $\frac{\sin(i)}{\sin(b)} = \frac{v_1}{v_2}$

hvor :  $i$  = indfaldsvinklen,  $b$  = brydningsvinklen,  
 $v_1$  = hastigheden i stof 1,  $v_2$  = hastigheden i stof 2,  $v_1 > v_2$

3. Interferens : Sumbølge - superpositionsprincippet :

$$y_c = y_a + y_b$$



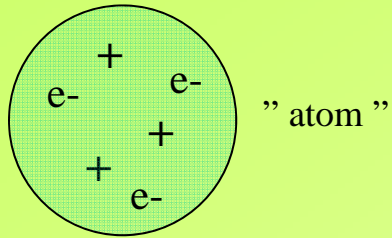
Eks.: Stående bølger :



K = knudepunkt , B = bølgebug

# Atomets opbygning / atommodeller :

Thomsons model ( ca. 1900 ) :



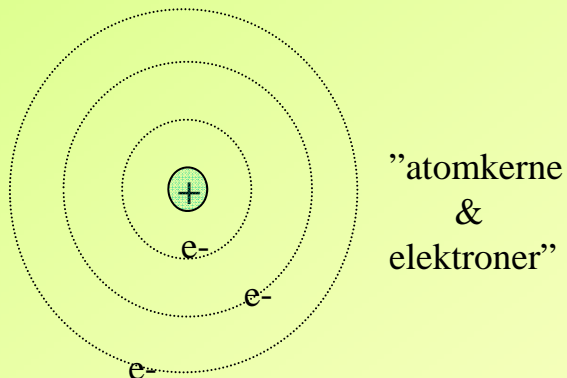
Planetmodellen ( 1911 ) :

” Problemer” ved modellen

- atomet er ustabil
- atomspektre er kontinuerte spektre

Observationer

- atomet er stabilt
- atomspektre er linespektre



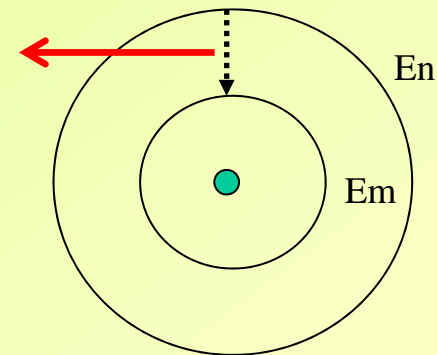
Niels Bohr's postulater ( 1913 ) :

1. Der eksisterer stationære tilstande for atomet
2. Energiforskellen mellem to stationære tilstande bestemmes ved :



$$E_n - E_m = h \cdot f$$

hvor :  $h$  = Planck's konstant =  $6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$   
 $f$  = frekvensen



Eks: Brint-atomet , H

Bølgelængde  $\lambda = 656,3 \text{ nm}$  , rød

Frekvens  $f = 4,57 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$

Energi  $\Delta E = E_3 - E_2 = h \cdot f = 1,89 \text{ eV}$

## Atomets bestanddele og energier :

Atomkernen består af nukleoner :

protoner P , ladning + e

neutroner N , ladning = 0

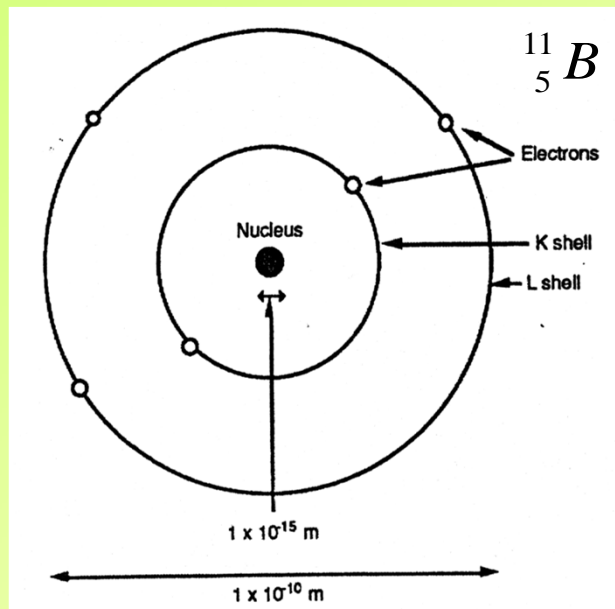
Elektroner e , ladning - e

NB: e = elementarladningen =  $1,602 \cdot 10^{-19}$  C

massen  $m_e \ll m_P , m_N$

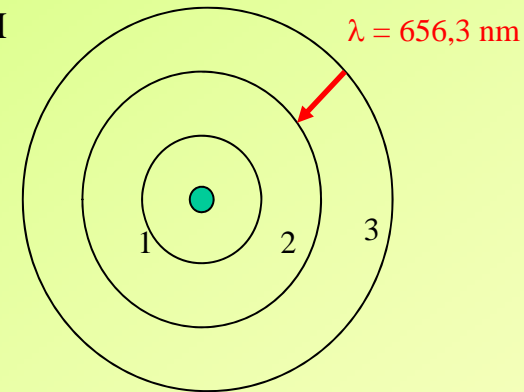
Elektronskaller : K , L , M , N , ...

Orbitaler : s , p , d , f , ...



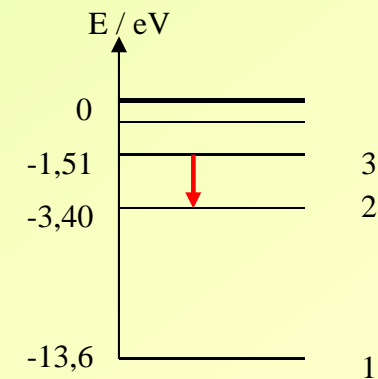
## Energyniveauer / energi niveau diagram.

Brint H



Energien måles i elektronVolt eV

$1\text{eV} = 1,602 \cdot 10^{-19}$  J

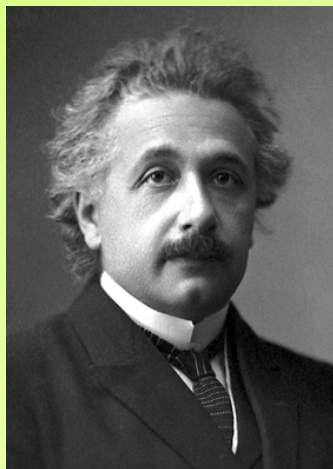


## Lysets natur .

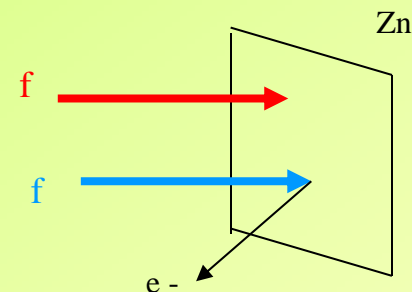
1. Lys er elektromagnetiske bølger :  
Refleksion , brydning og interferens er typiske bølgefænomener .
2. Lys er ” partikler ” : Fotoelektrisk effekt  
blåt lys : fotoelektrisk effekt  
rødt lys : ingen effekt

$$\text{Einstein 1905 : } E_{\text{kin,max}} = h \cdot f - A_L$$

hvor :  $E_{\text{kin,max}}$  = elektronens maksimale kinetiske energi  
 $A_L$  = Løsrivelsesarbejdet fra metallet ( Zn )



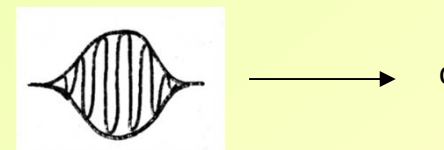
A. Einstein



Foton / energikvant med energi

$$E_{\text{foton}} = h \cdot f = \frac{h \cdot c}{\lambda}$$

Lysets dualitet



”bølgepakke”

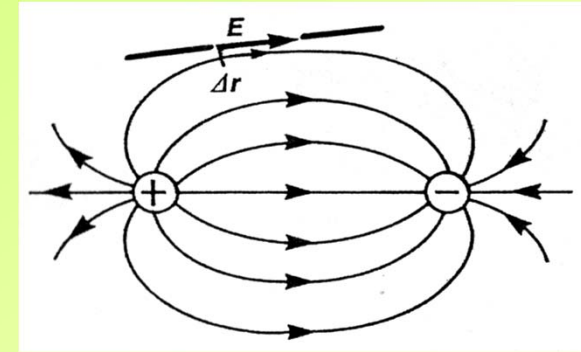
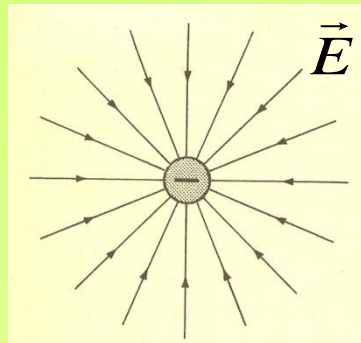
Bølger har ”partikel” egenskaber

Partikler kan tilskrives en ”bølgelængde”

## Elektromagnetisme :

### **Elektrisk dipol :**

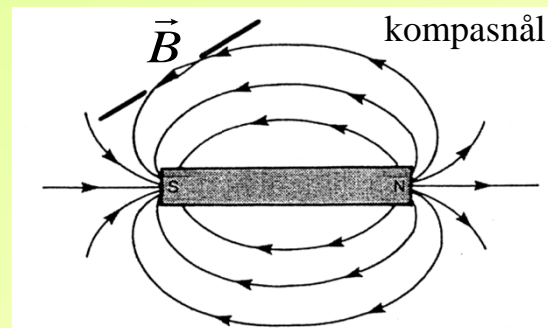
Elektrisk felt, elektriske feltlinier, elektrisk feltstyrke



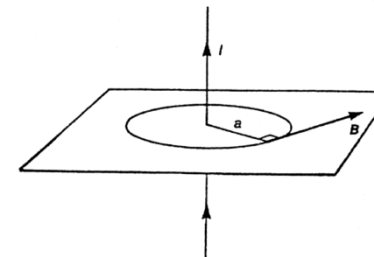
### **Magnetisme :**

Magnetisk felt, magnetiske feltlinier, magnetisk feltstyrke

En strømførende ret leder skaber et cirkulært magnetfelt omkring sig.

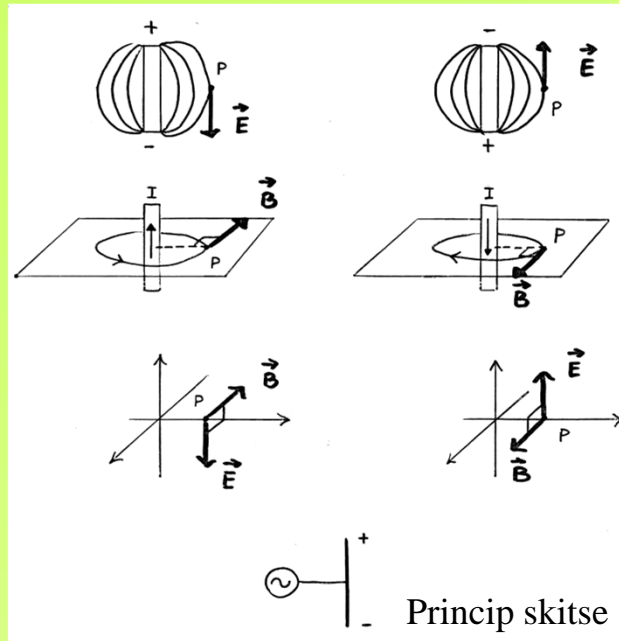


Figur 1.2 Magnetfeltet fra en stangmagnet.



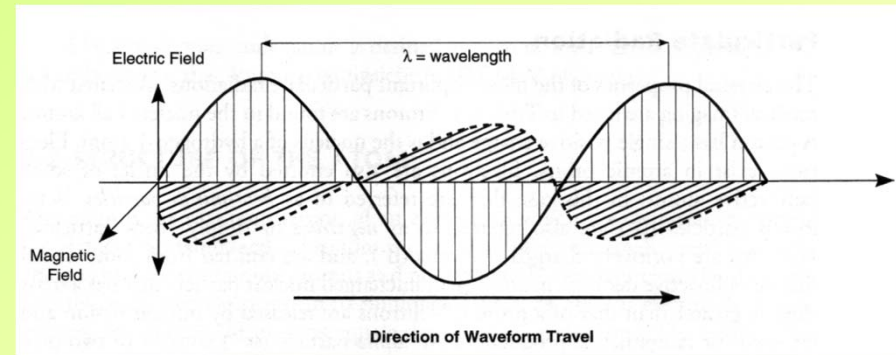
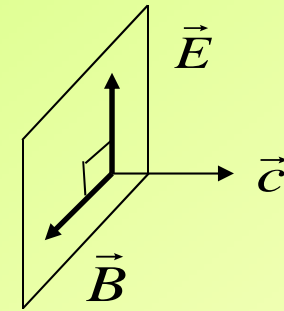
Figur 6.2  $B$ -feltet omkring en lang, lige leder.

## Produktion af elektromagnetisk stråling ved antenne :



Den elektromagnetiske strålingsbølge :

Plan bølge :



## Det elektromagnetiske spektrum .

Synligt lys :

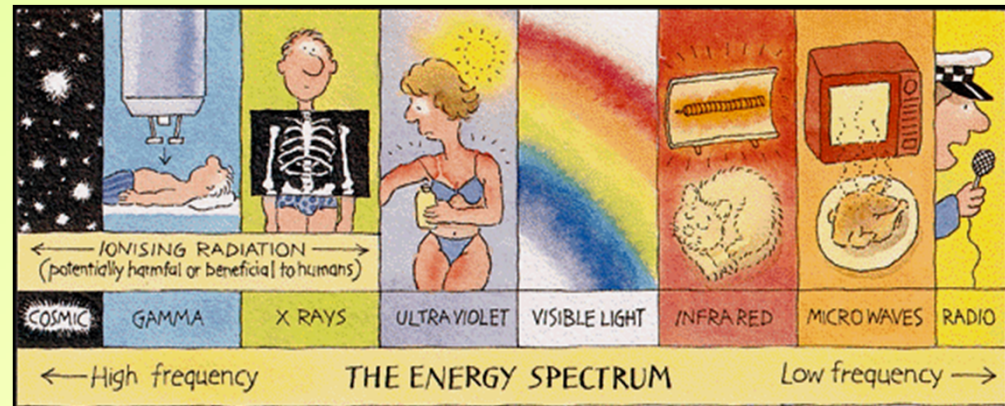
$E$ : 1,5 – 3,0 eV

$\lambda$  : 400 – 800 nm

Diagnostisk røntgenstråling :

$E$ : 10 keV - 150 keV

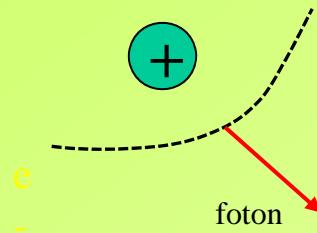
$\lambda$  :  $1,3 \cdot 10^{-10}$  m -  $8,3 \cdot 10^{-12}$  m



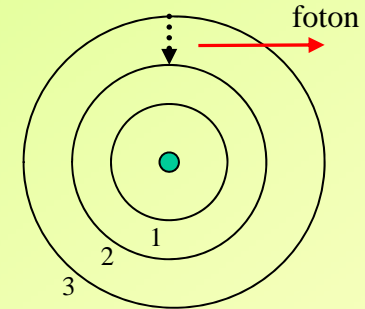


## Hvordan skabes elektromagnetisk stråling ?

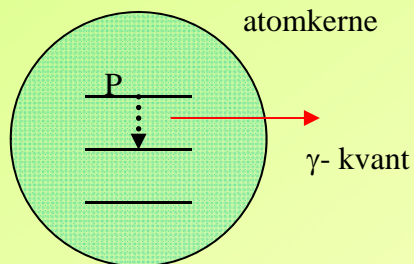
1. Acceleration af ladede partikler i elektriske og magnetiske felter ( f.eks. bremsestråling ).



2. Overgange mellem stationære tilstande i atomernes elektronstruktur ( f.eks. synligt lys )

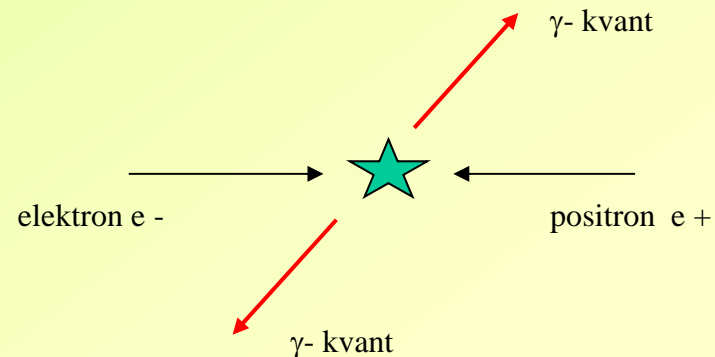


3. Overgange mellem stationære tilstande i atomkernens nukleonstruktur ( f.eks.  $\gamma$  - stråling )



4. Annihilation af masse :  $\Delta E = \Delta m \cdot c^2$

hvor :  $\Delta E$  = ændringen i energi  
 $\Delta m$  = ændringen i masse  
 $c$  = lysets hastighed





*Wilhelm Conrad Röntgen  
(1845-1923).*



*The End !*