

## A röntgensugárzás természete, forrása és biológiai hatásai

Eddig: fény  
Következik: röntgensugárzás

	fény	röntgensugárzás (rtg. cső)
Fotonenergia	1.5 – 3 eV	20 – 200 keV
Primér hatás	$e^-$ gerjesztés	$e^-$ ionizáció
Elnyelődés valószínűsége	diszkrét fotonenergiáknál	energia folytonos függvénye



Figure 4.10 Two radiographs taken by Röntgen. (a) The hand of Mrs. Röntgen. (The Bettmann Archive/Bettmann Newsphotos.) (b) Radiograph of a fully clothed man, showing not only the man's skeleton but also the keys in his pockets, the nails of his shoes, and the metal clasps of his garters. (Deutsches Museum, München.)

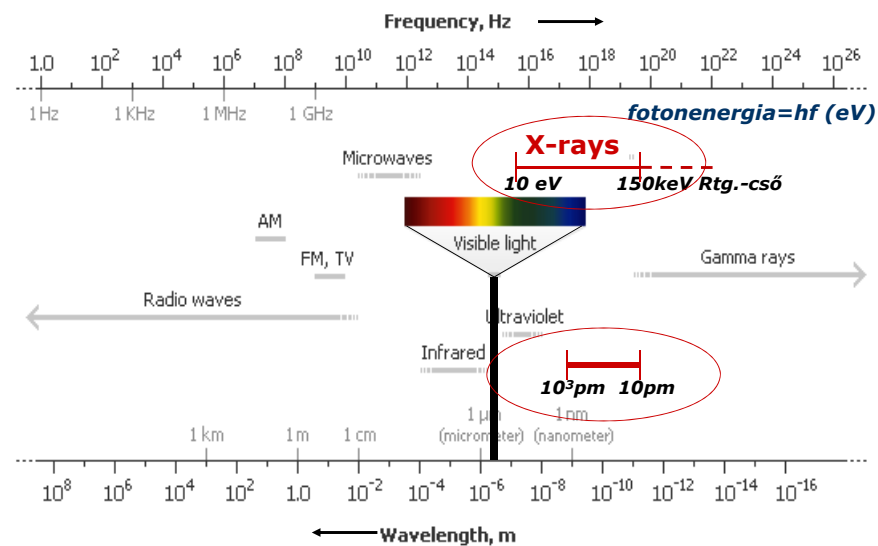


Wilhelm Konrad Röntgen  
(1845-1923)

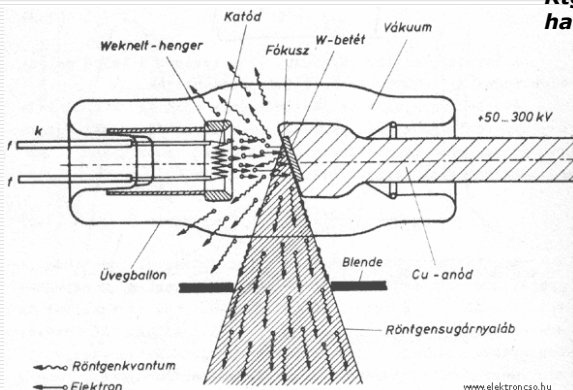
## Fény – X-rays elektromágneses hullámok

Logaritmus skála

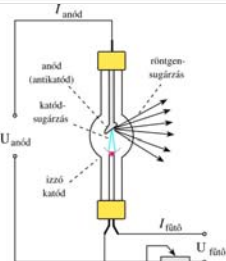
$10^{-9} \text{ m} = 1 \text{ nanometer}$



## Röntgensugárzás keltése röntgensővel



Rtg. Sug. keletkezik, ha nagy sebességű elektronok nagy rendszámú anyagban lefékeződnek.



$$\eta = \frac{P_{sug}}{P_{el}} < 1\%$$

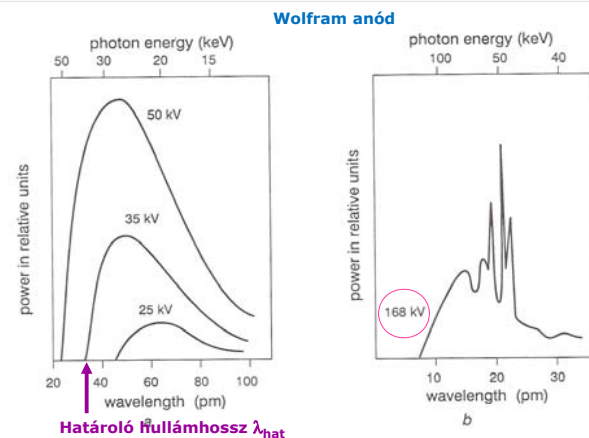
Az anódban nagy a hőfejlődés

Röntgensövek - **forgó anód**  
- **hűtés**



## A röntgensugárzás keletkezésének mechanizmusai

Emissziós spektrumok növekvő gyorsító feszültség mellett



- Nagy feszültség (U) mellett a spektrum vonalassá válik
- Az össz-teljesítmény erősen nő a feszültséggel
- A spektrum a rövid hullámhosszú oldalon élesen végződik,  $\lambda_{hat}$  csökken, ha U nő

$$q_e U = \frac{1}{2} m_e v^2 = h f_h = h \frac{c}{\lambda_h}$$

$$\lambda_h = \frac{h * c}{q_e U}$$

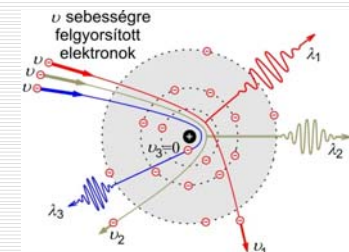
Határoló hullámhossz  $\lambda_{hat}$

## A röntgensugárzás keletkezésének mechanizmusai

Kétféle mechanizmus

### 1. Fékezési röntgensugárzás (Brehmstrahlung)

- minden (nagy) U-nál
- spektruma folytonos
- teljes kisugárzott teljesítmény:



$$\lambda_h = \frac{h * c}{q_e U}$$

$$P_{rtg} = konst * U^2 * I * Z$$

$$1.1 * 10^{-9} V^{-1}$$

Anód anyaga

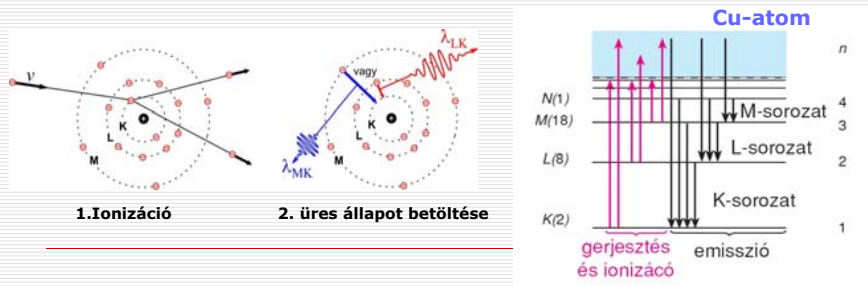
- ezen alapul a röntgendiagnosztika

# A röntgensugárzás keletkezésének mechanizmusai

## Kétféle mechanizmus

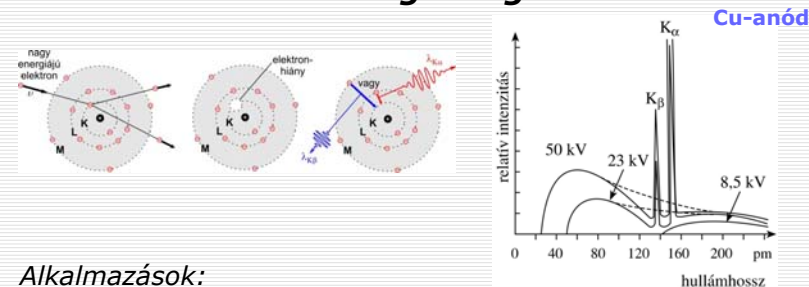
### 2. Karakterisztikus röntgensugárzás

- csak elég nagy  $U$  felett
- spektruma vonalas, az anód anyagára jellemző



# A röntgensugárzás keletkezésének mechanizmusai

## 2. Karakterisztikus röntgensugárzás



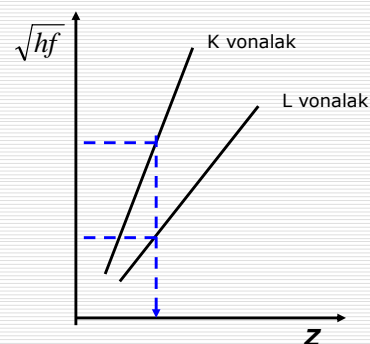
### Alkalmazások:

- Molibdén anód vonalai emlődiagnostikában
- vonalak fotonenergiaja alapján kémiai elemzés

## Karakterisztikus röntgensugárzás alkalmazásai

### 1. Kémiai analízis

- igen kis mennyiségből elemzés
- a minta az anód szerepében



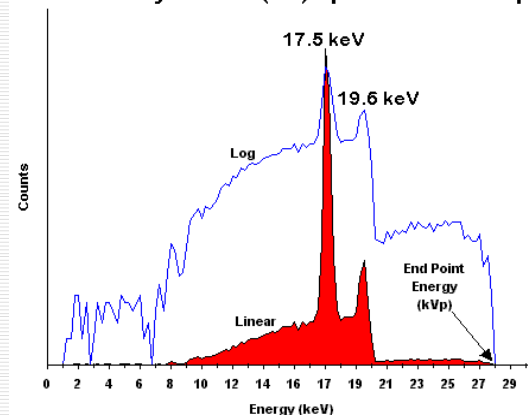
**Kvalitatív analízis:**  
**Spektrum vonalak energiái →**  
**target rendszáma**

**Kriminológia**

### 2. Mo anód karakterisztikus röntgensugárzása

#### Mammográfia ~17.5 keV monokromatikus sugárzás

#### Direct Molybdenum (Mo) Spectrum at 28 kVp

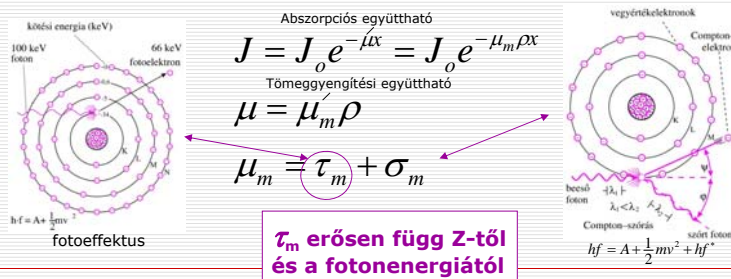


## A röntgensugárzás alkalmazásai

### Röntgendiagnosztika alapjai

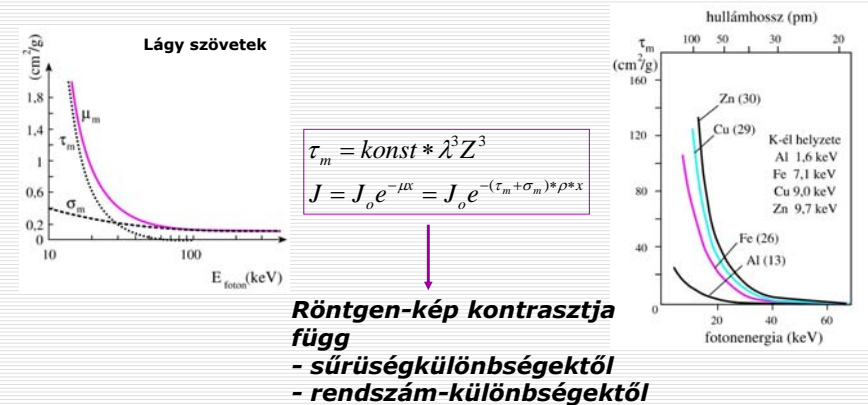
A diagnosztikai alkalmazások a rtg sugárzás szöveti **elnyelődésén** alapulnak

Kétféle mechanizmus a fotonenergiától függő súllyal.  
„Ionizáló” sugárzás: az elnyelt foton ionizál



## A röntgensugárzás alkalmazásai

### Röntgendiagnosztika alapjai

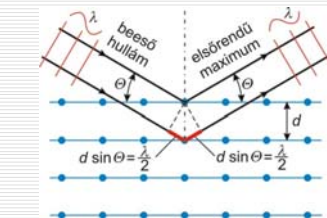


## A röntgensugárzás alkalmazásai

### A röntgenkristallográfia alapjai

A biológiai makromolekulák **atomi felbontású szerkezetének** meghatározása a röntgensugárzás **diffrakcióján** alapul.

A mérést a makromolekulák egykristályain végzik.



Bragg-egyenletek

Diffrakció és interferencia - az erősítés feltétele:

$$2d \sin \theta = n\lambda$$

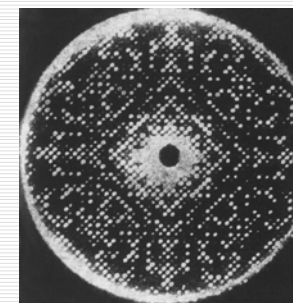
$$d \approx \lambda$$

$d \sim$  atomi kötéstávolságok  
 $d \sim 150 \text{ pm} \rightarrow \lambda$  röntgentartományú

$$E(\text{keV}) = \frac{1.24}{\lambda(\text{nm})}$$

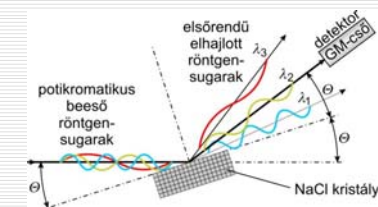
## A röntgensugárzás alkalmazásai

### A röntgenkristallográfia alapjai



Lizozim enzim – kristály diffrakciós képe

A diffrakció felhasználása: monokromatikus nyalábok előállítása spektroszkópiai célokra

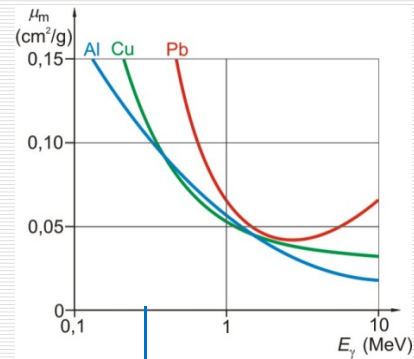
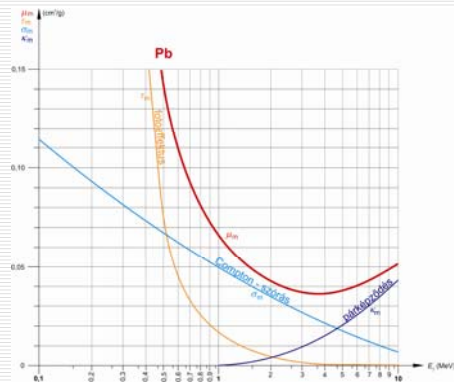


### Megjegyzések gamma-sugárzásról

fotonenergia  $\sim$  MeV

elnyelési valószínűség:  $\ll$  rtg. sug.

- 1 MeV körül minimuma lehet



Röntgen sugárzás

Vége – 2013.02.27

Köszönöm a figyelmet

