

Promieniowanie X

- ◆ Jak powstaje promieniowanie rentgenowskie
- ◆ Budowa lampy rentgenowskiej
- ◆ Widmo ciągłe i charakterystyczne promieniowania X

Promieniowanie rentgenowskie

- Promieniowanie elektromagnetyczne o długość fali między 0.1 Å do 50 Å (co odpowiada energii kwantów od 120 to 0.25 keV)
- Często jednostki długości fali w tym zakresie używa się Angstrémów (Å)

$$1 \text{ \AA} = 1 \times 10^{-10} \text{ m}$$

Często energię kwantów tego promieniowania wyraża się w elektronowoltach (eV) Wynika to z relacji pomiędzy energią a długością fali dla fotonu

gdzie:

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$

$$h = \text{stała Planck'a} = 6.626 \times 10^{-34} \text{ J/s}$$

$$c = \text{prędkość światła w próżni} = 2.998 \times 10^8 \text{ m/s}$$

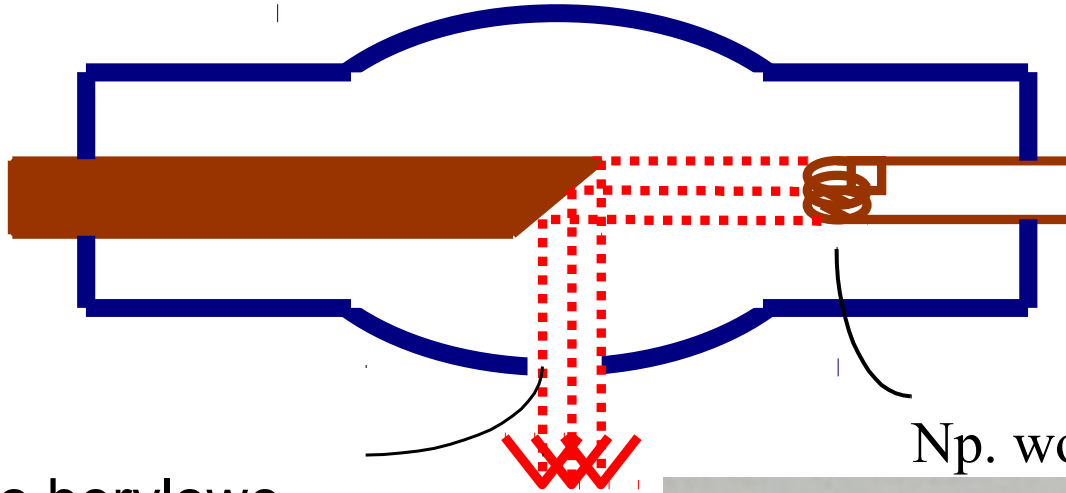
$$1 \text{ eV} = 1 \text{ e} \cdot 1 \text{ V} \approx 1,602 \ 177 \ 33 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$1 \text{ J} \approx 6,2415 \times 10^{18} \text{ eV}$$

Promieniowanie rentgenowskie

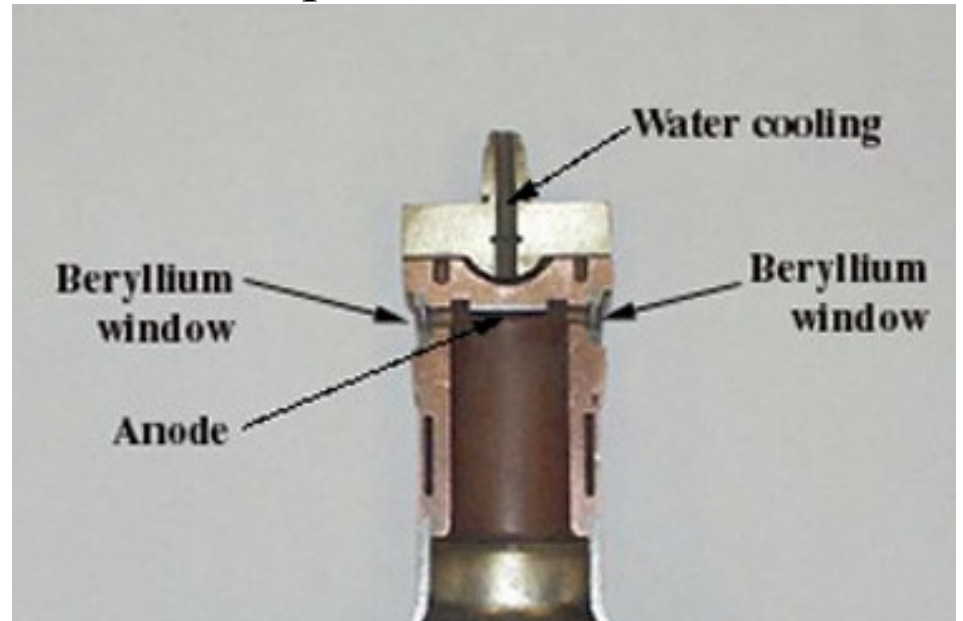
Anoda

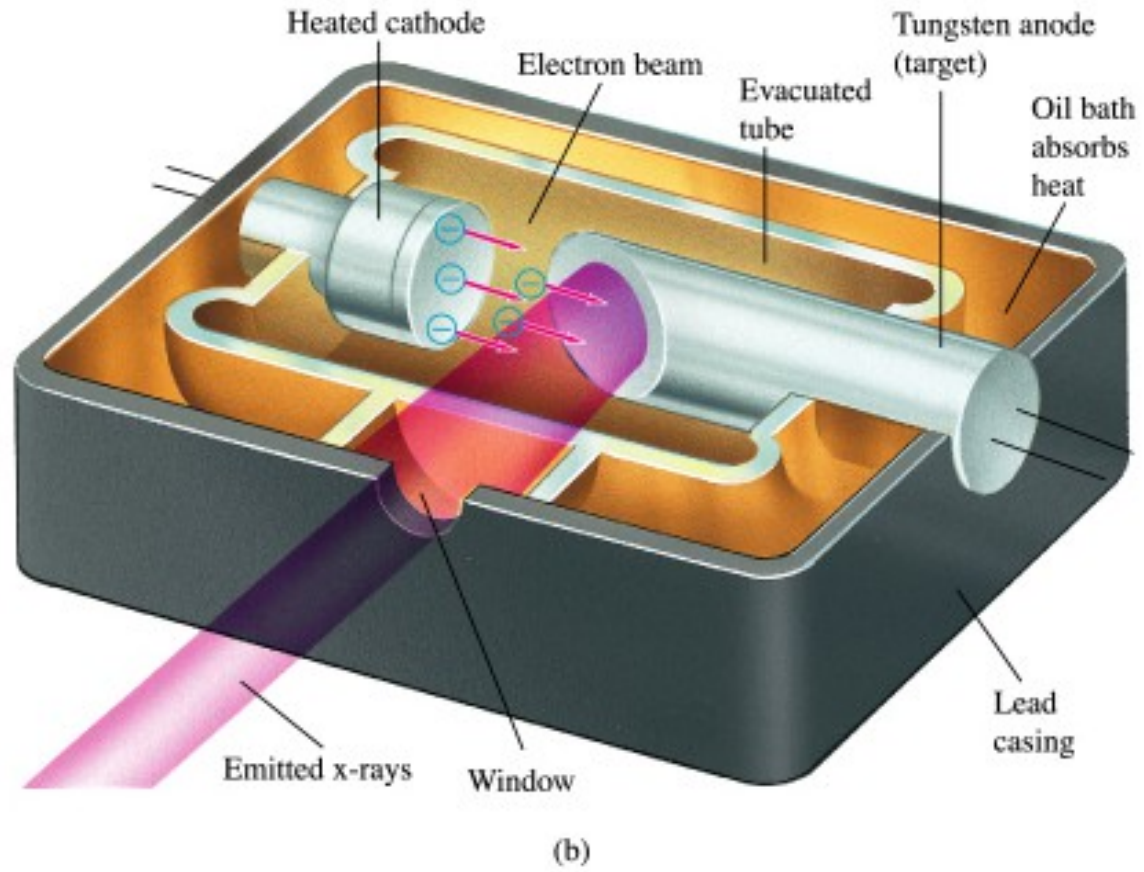
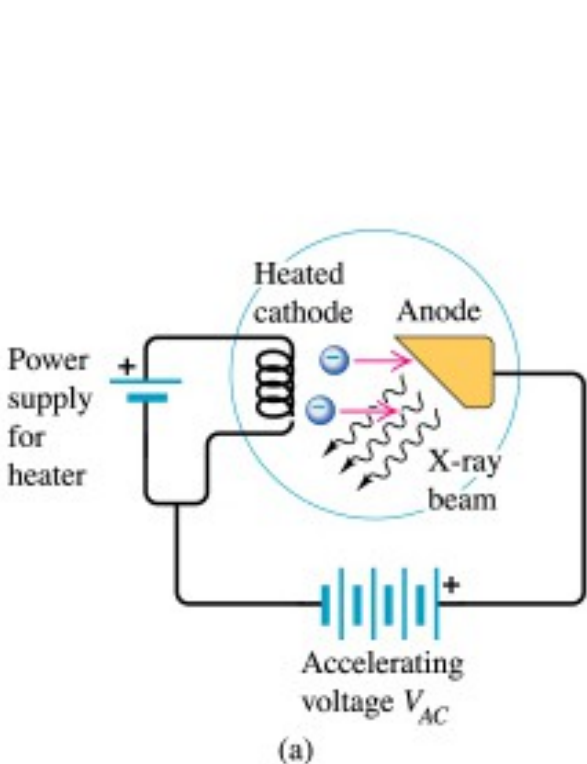
Katoda



Okienko berylowe

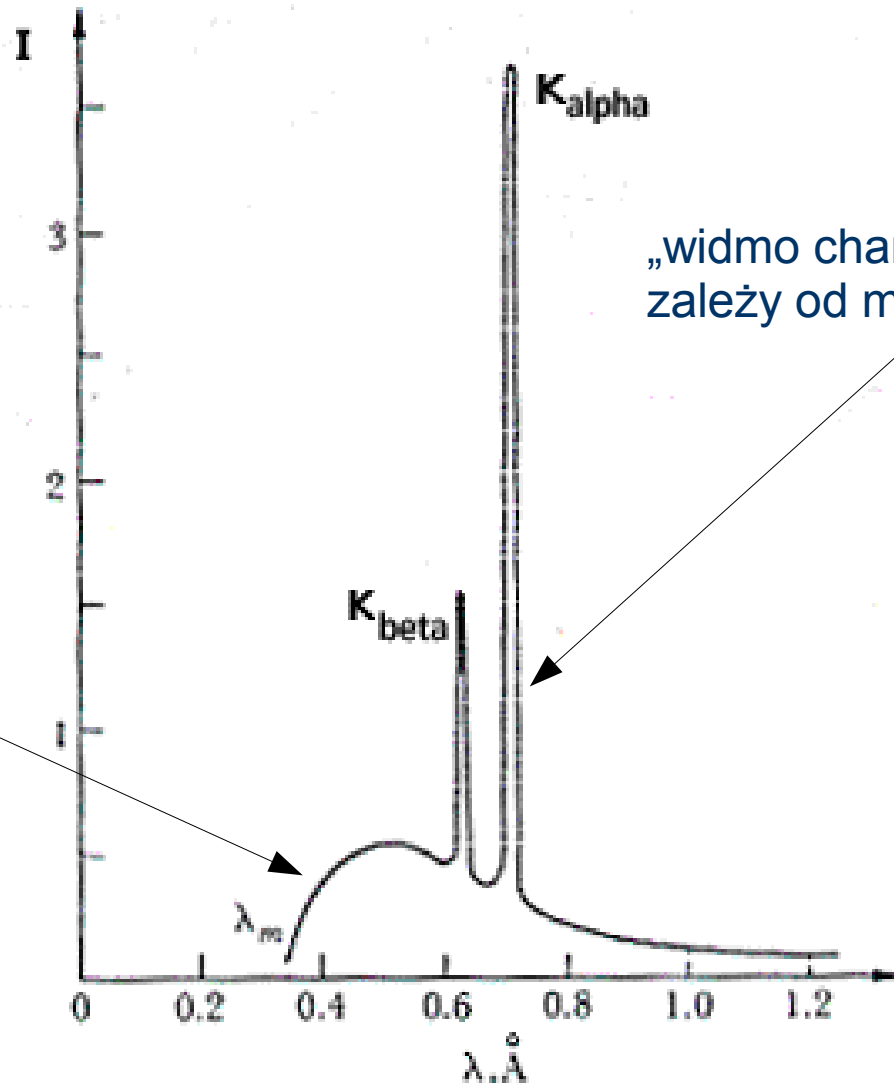
Np. wolfram





Promieniowanie rentgenowskie

„widmo ciągłe” -
nie zależy od
materiału anody



„widmo charakterystyczne” -
zależy od materiału anody

Promieniowanie rentgenowskie

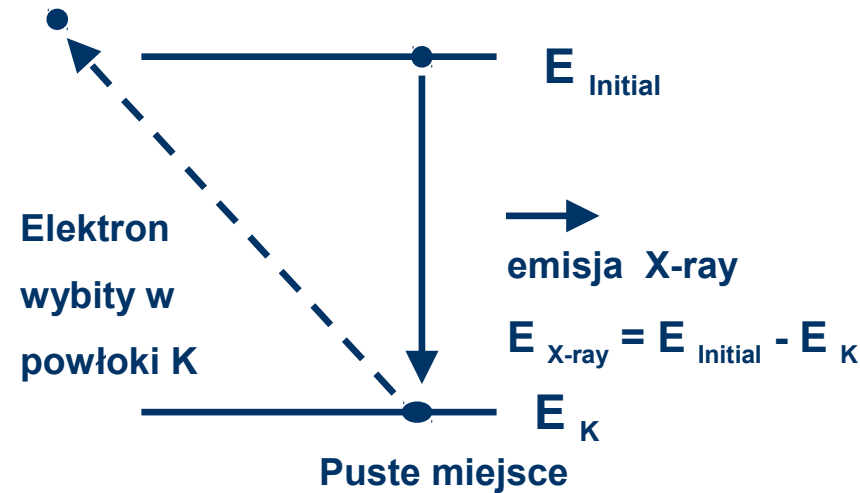
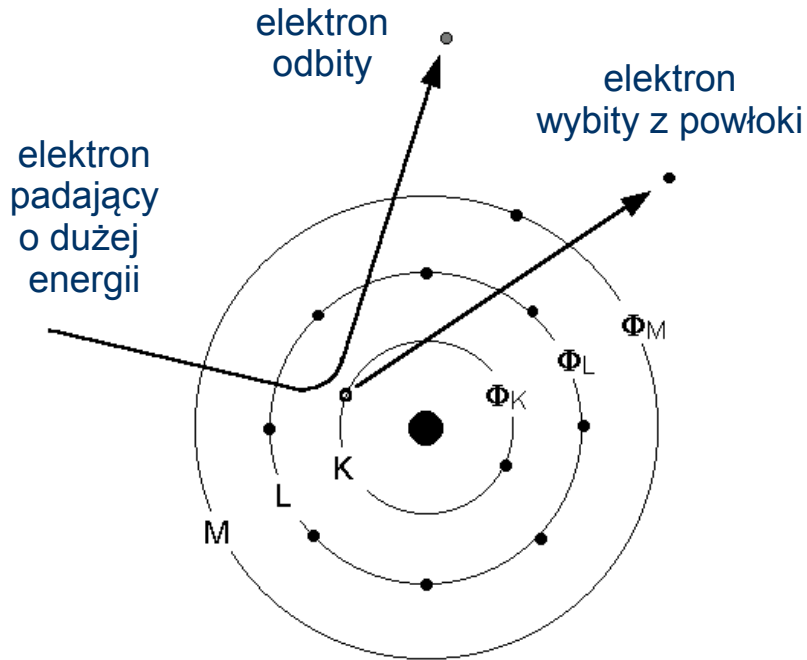
Jak powstaje promieniowanie rentgenowskie?

Promieniowanie rentgenowskie powstaje wtedy wiązka elektronów o **wystarczająco** wysokiej energii oddziałuje z materią.

Kiedy elektrony uderzają w materię (tarczę) możliwe są następujące procesy:

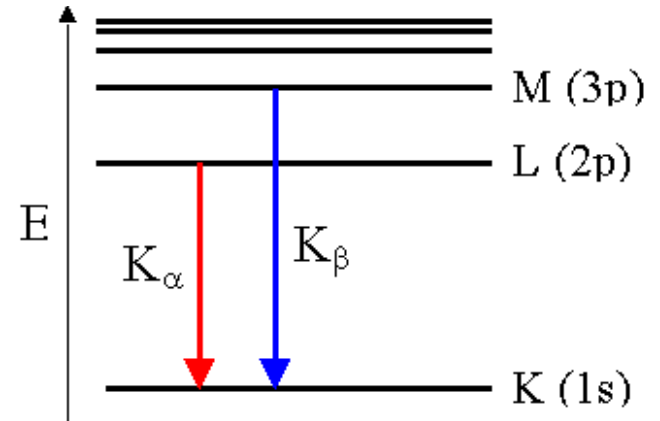
- elastyczne odbicie od tarczy (bez straty energii)
- uderzenie w elektrony zewnętrzne słabo związane z atomem wybijając je (tzw. elektrony wtórne)
- **wybijanie elektronów z powłok wewnętrznych czemu towarzyszy emisja tzw. promieniowania „charakterystycznego”**
- **nieelastycznie rozpraszanie elektronu i utrata części energii (hamowanie elektronów), emitowanie promieniowania elektromagnetycznego „ciągłego”.**

Promieniowanie rentgenowskie



Widmo charakterystyczne

- elektron wybija elektron z wewnętrznej powłoki (np. K)
- następnie elektron z wyższej powłoki „spada” na powłokę K emitując kwant promieniowania – foton

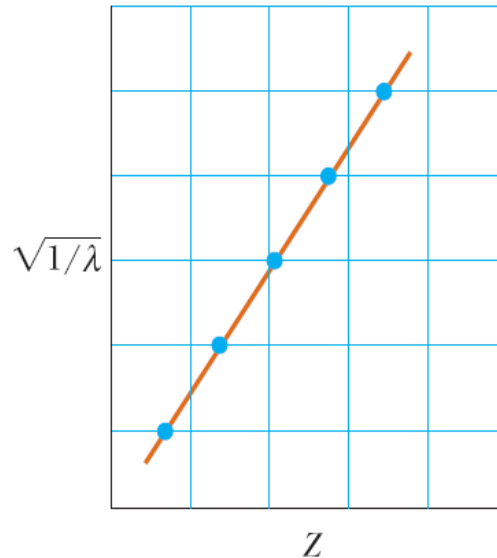


Promieniowanie rentgenowskie

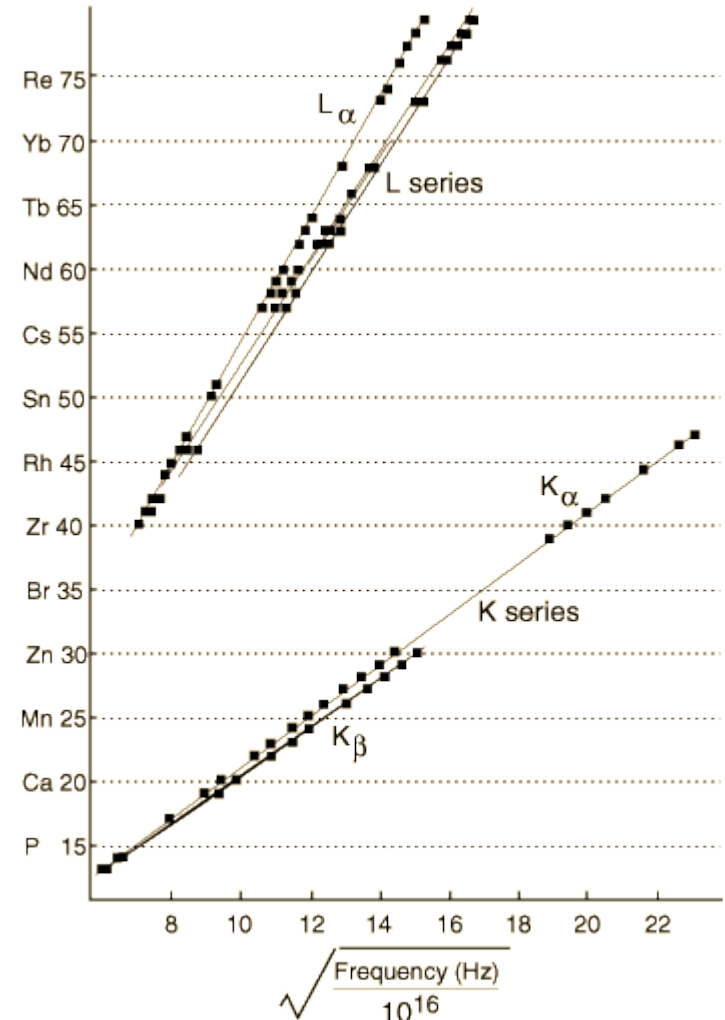
Widmo charakterystyczne (prawo Moseley'a)

$$E_K = -m_e Z_{eff}^2 \frac{k_2^2 e^4}{2 \left(\frac{h}{2\pi}\right)^2} = -Z_{eff}^2 E_0$$

$$E_K = -(Z - 1)^2 (13.6 \text{ eV})$$



Moseley Plot of Characteristic X-Rays



Adapted from Moseley's original data (H. G. J. Moseley, Philos. Mag. (6) 27:703, 1914)

Promieniowanie rentgenowskie

Widmo ciągłe

Energia kinetyczna elektronów jest częściowo lub całkowicie zamieniana na energię promieniowania rentgenowskiego. W zależności od rodzaju zderzenia elektrony tracą różne ilości energii i dlatego energia powstających kwantów promieniowania rentgenowskiego $h\nu$ obejmuje szeroki zakres wartości tworząc **widmo ciągłe**. Widmo to rozpoczyna się od pewnej progowej wartości:

tzw. **krótkofalowa granica widma** λ_{\min} , niezależna od materiału tarczy, zależna energii kinetycznej elektronów:

energia kinetycznej elektronów

$$E_k = \frac{mv^2}{2} = eU = h\nu_{\max} = \frac{hc}{\lambda_{\min}}$$

foton o max. energii

U - napięcie lampy przyspieszające elektrony
 m - masa elektronu
 h - stała Planck'a
 v - prędkość elektronu

$$\lambda_{\min} = \frac{hc}{eU}$$

– widoczne max. widma występuje w obszarze $\lambda = 1.5 \lambda_{\min}$

– całkowita intensywność spektrum proporcjonalna do napięcia w kwadracie U^2