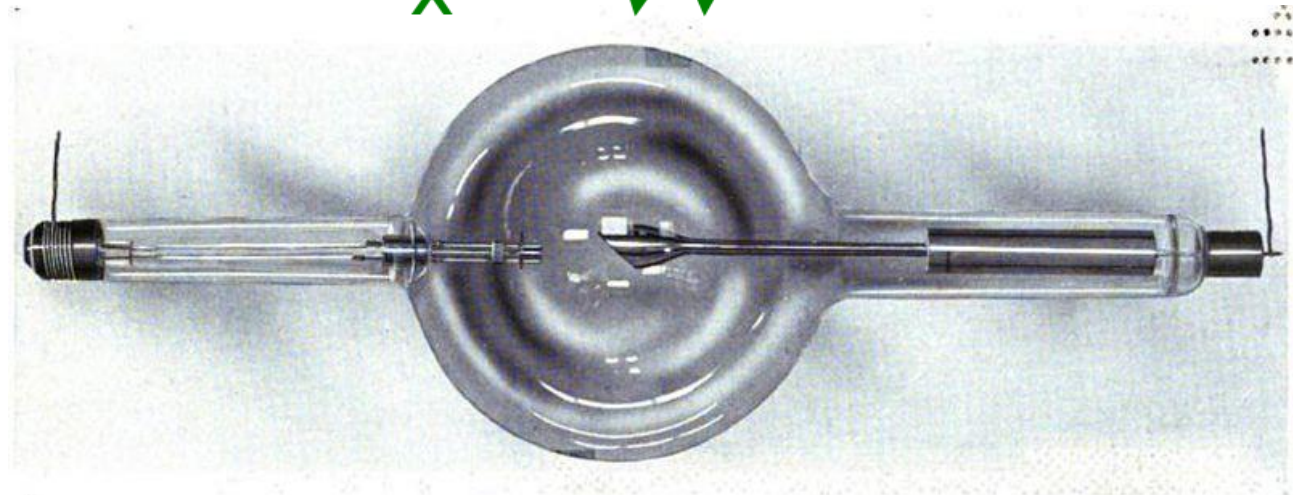
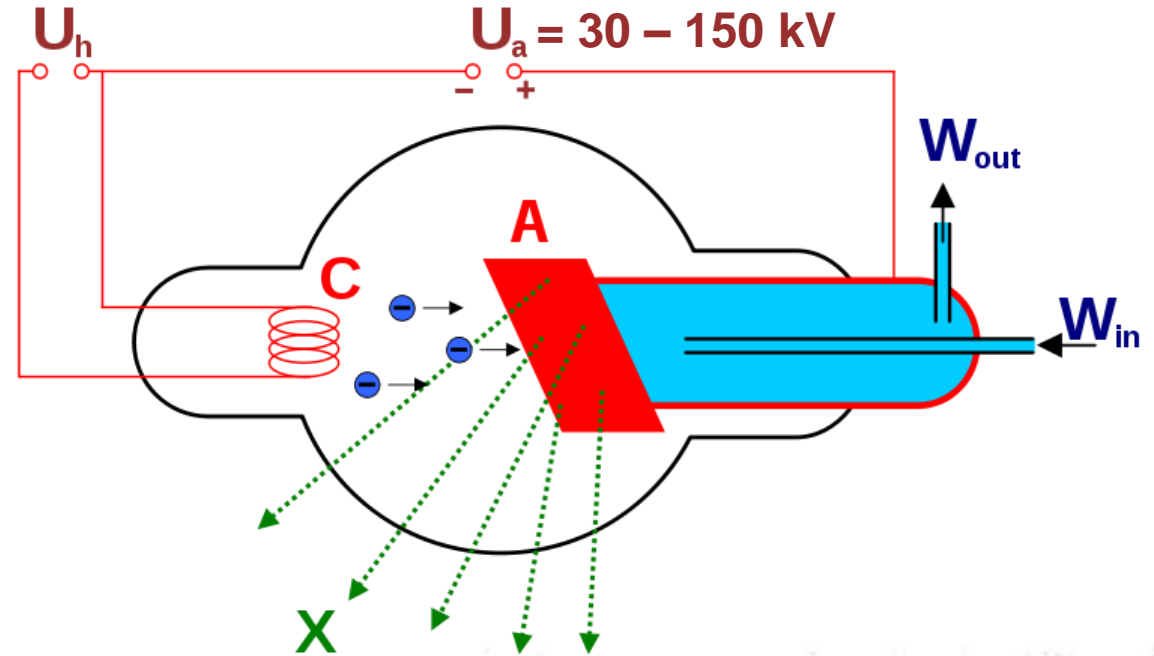
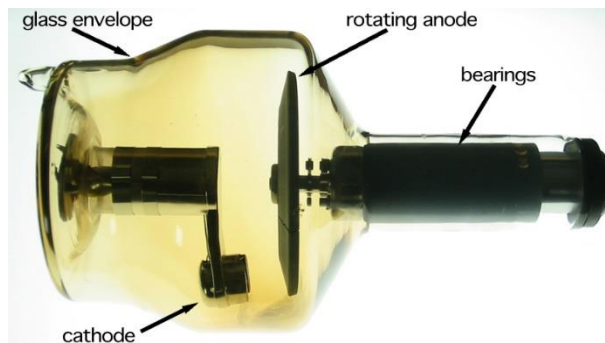
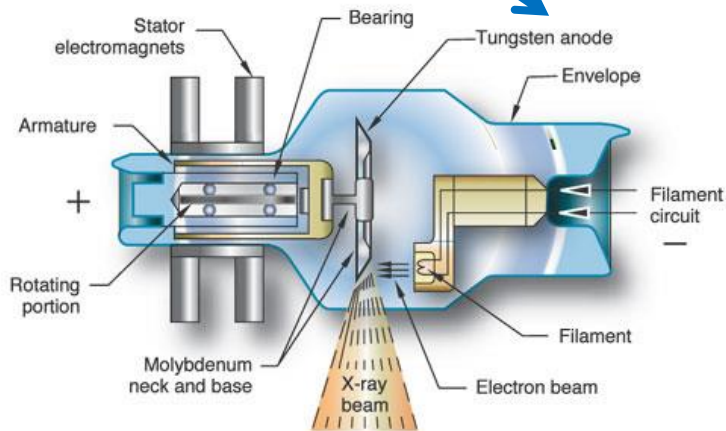


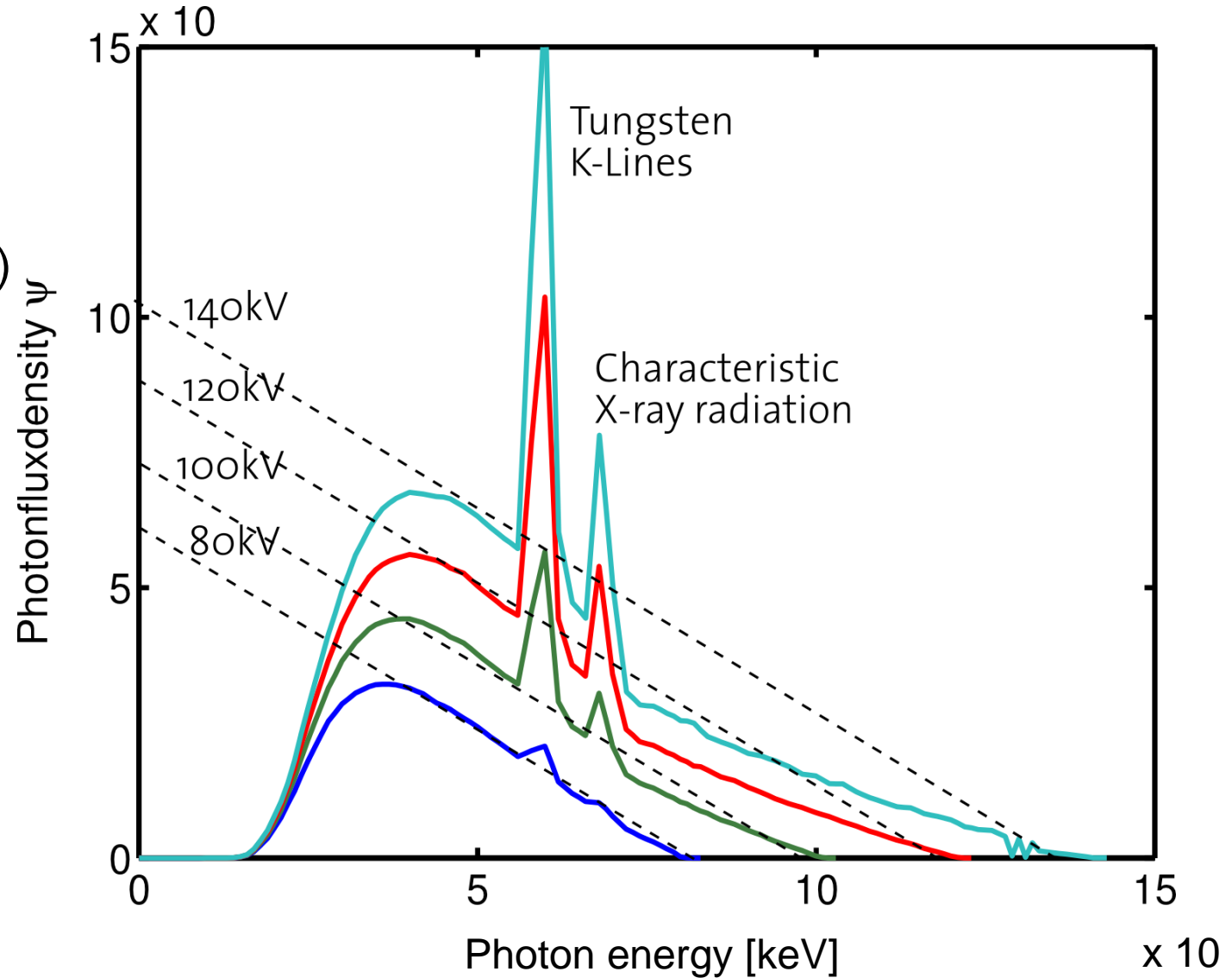
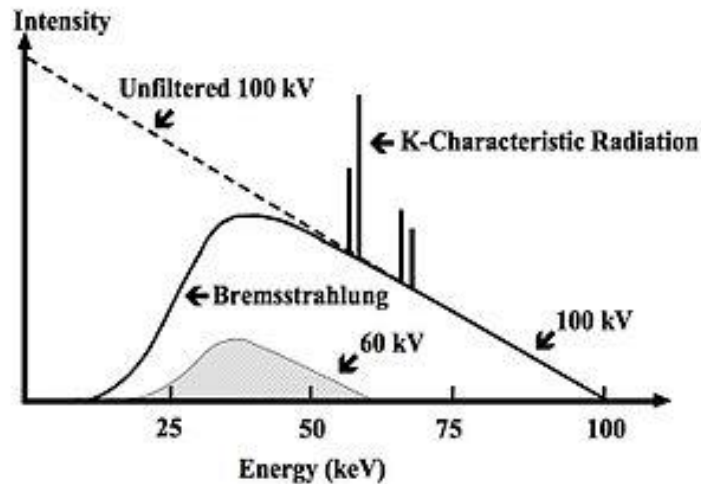
# Rentgenka

- anoda Cu, Co, Mo, W
- ~1% energie → rtg. záření
- rotující anoda



# Spektrum rentgenového záření

1. brzdné záření  
→ spojité
2. charakteristické záření  
→ diskrétní (K, L, M,...)



# Spektrum rentgenového záření

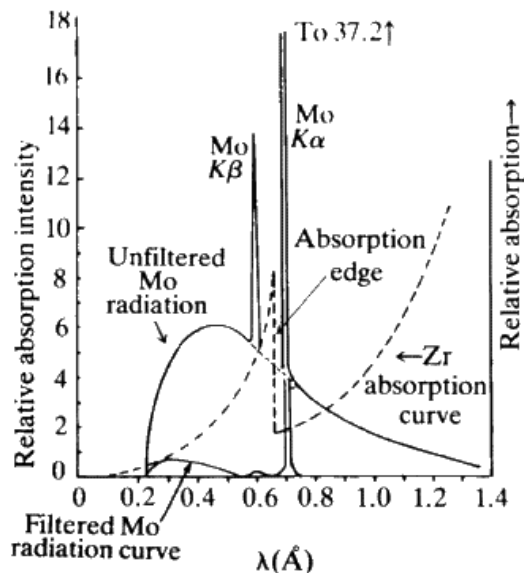
- rentgenka

$$I_{cont} = AiZV^m$$

$$m \approx 2$$

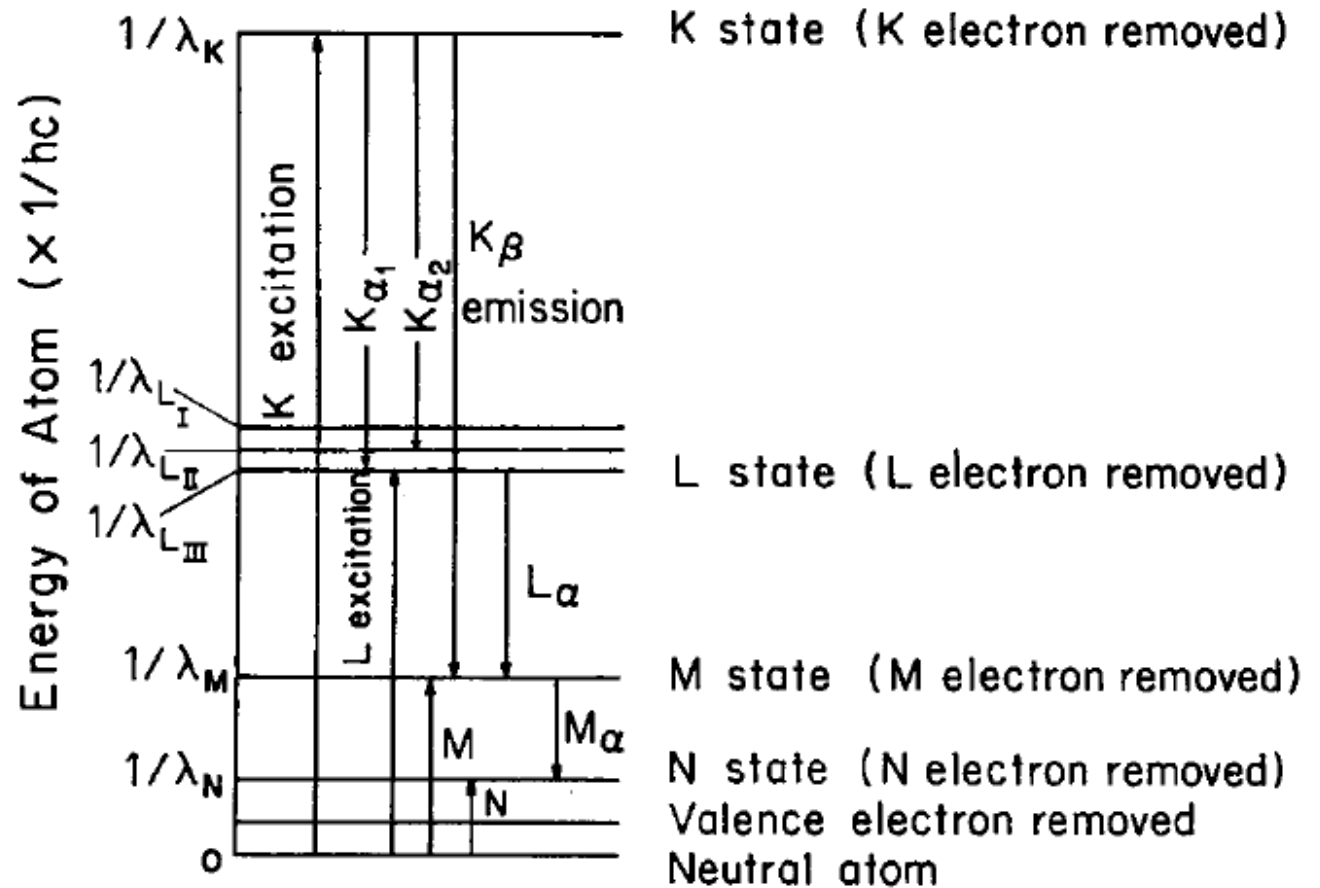
$$I_{K-line} = Bi(V - V_k)^n$$

$$n \approx 2$$



Mo anoda, Zr  $\beta$  filtr

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



# Absorpce rentgenového záření

- absorpce

$$\frac{dI}{dx} = -\mu I$$

- lineární absorpční koeficient  $\mu$

$$I(x) = I_0 e^{-\mu x}$$

- hmotnostní absorpční koeficient  $\mu/\rho$

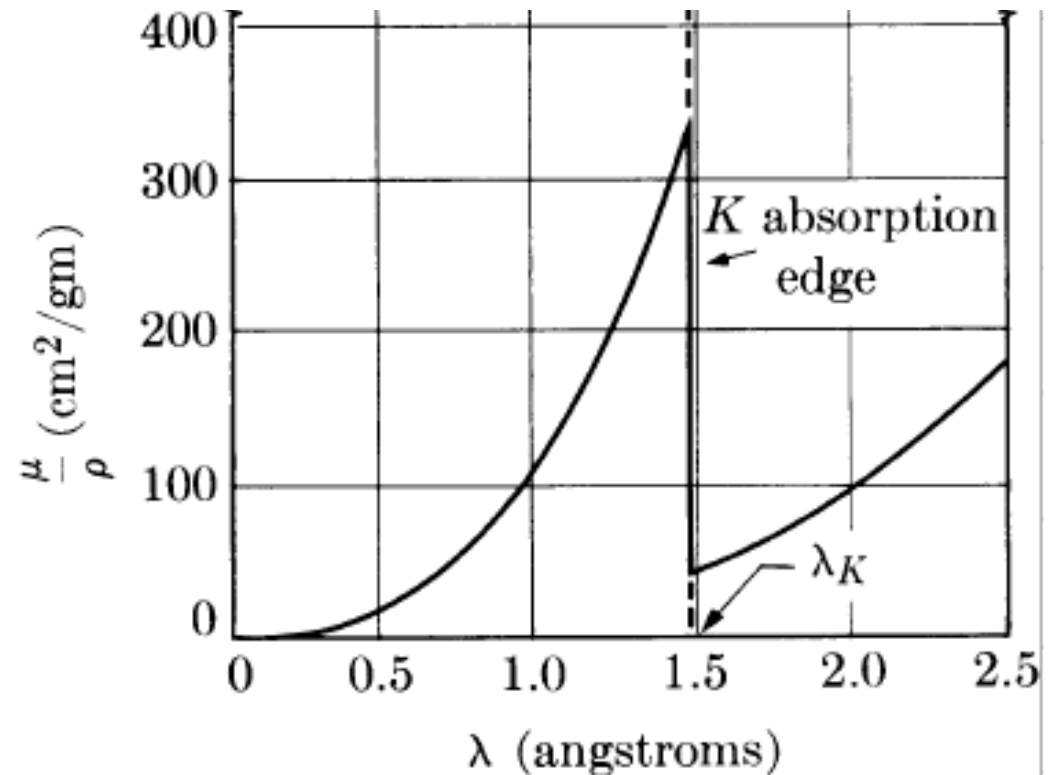
$$I(x) = I_0 e^{-\frac{\mu}{\rho} \rho x}$$

$$\frac{\mu}{\rho} = k \lambda^3 Z^3$$

- látka složená z více typů atomů ( $w_i$  hmotnostní koncentrace)

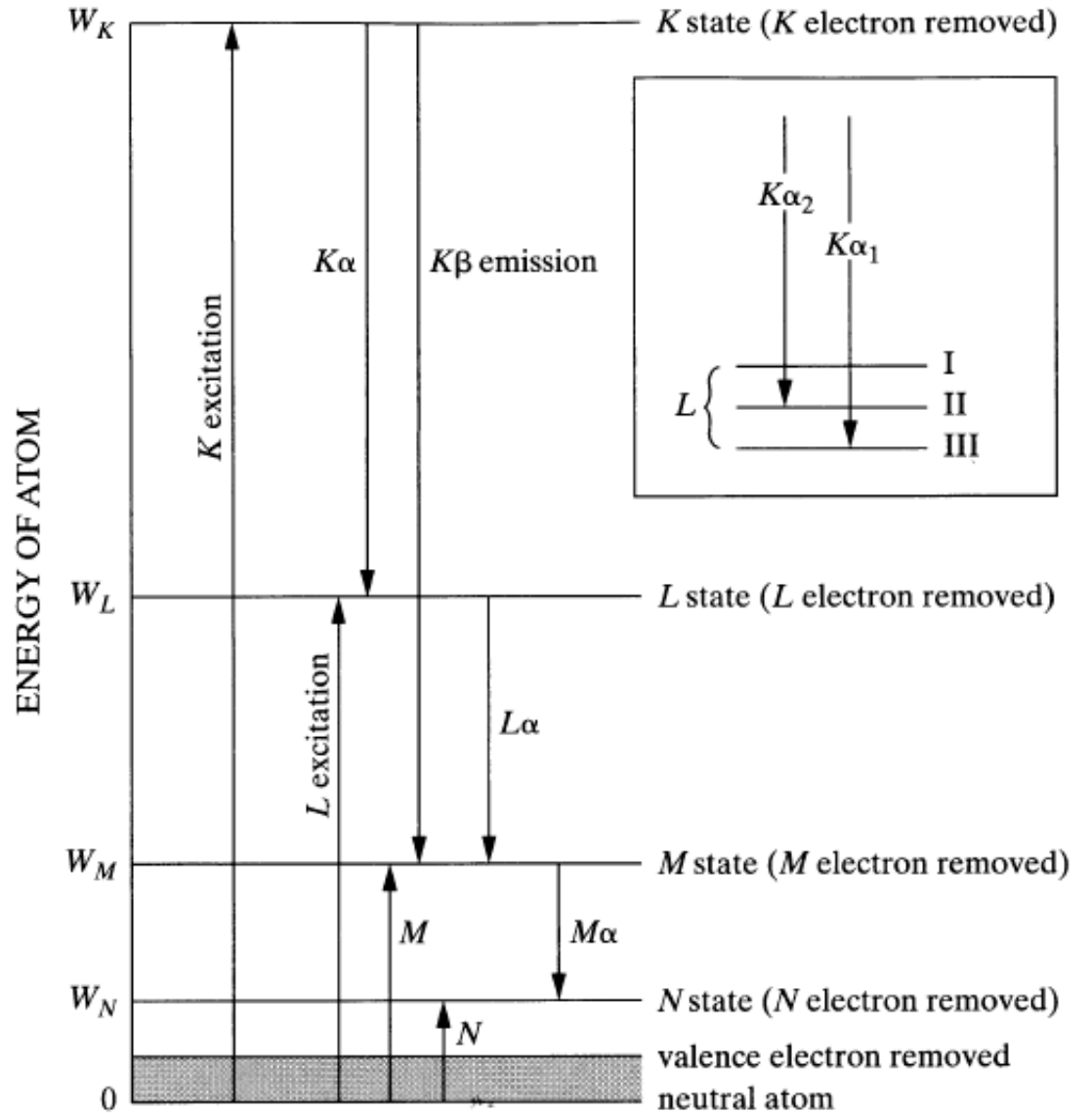
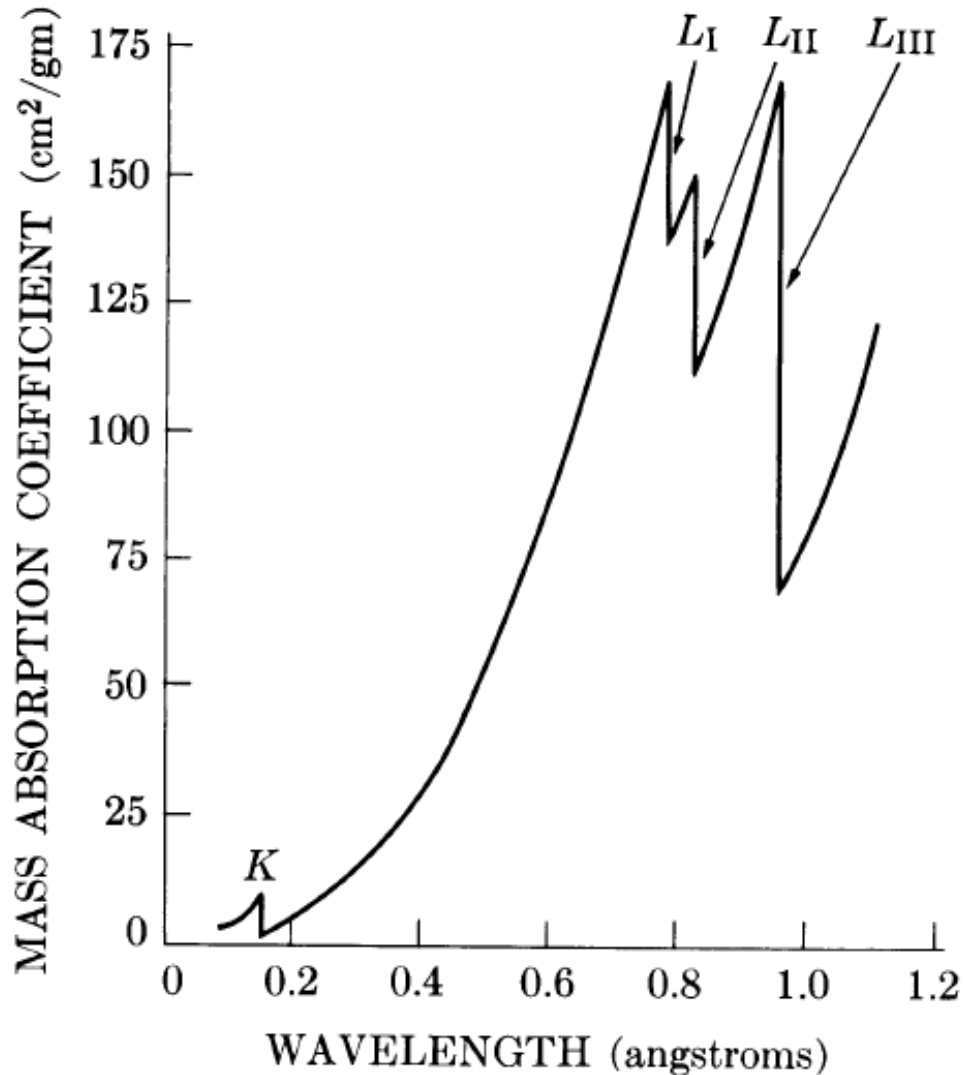
$$\frac{\mu}{\rho} = \sum_i w_i \frac{\mu_i}{\rho_i}$$

Ni – hmotnostní absorpční koeficient



# Absorpce rentgenového záření

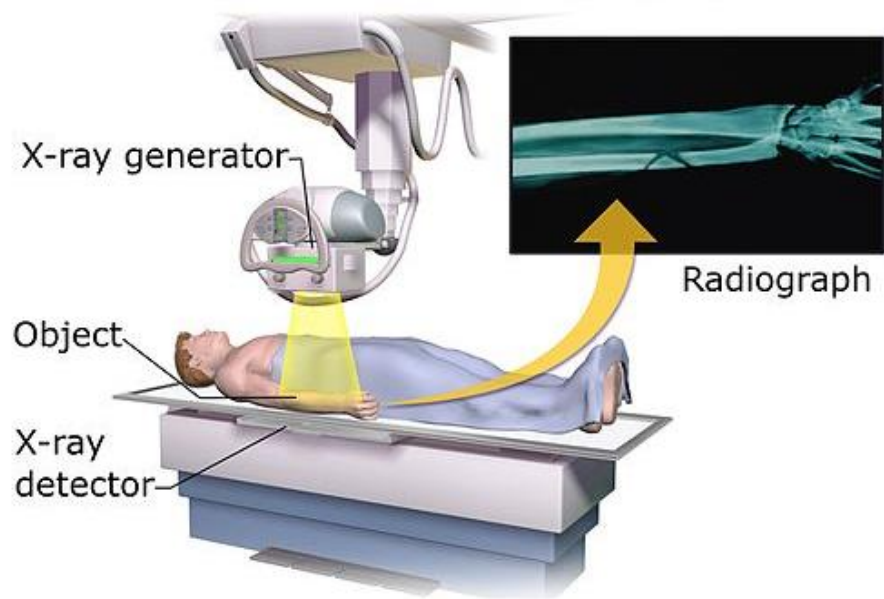
Pb – hmotnostní absorpční koeficient



# Rentgenografie (radiografie)

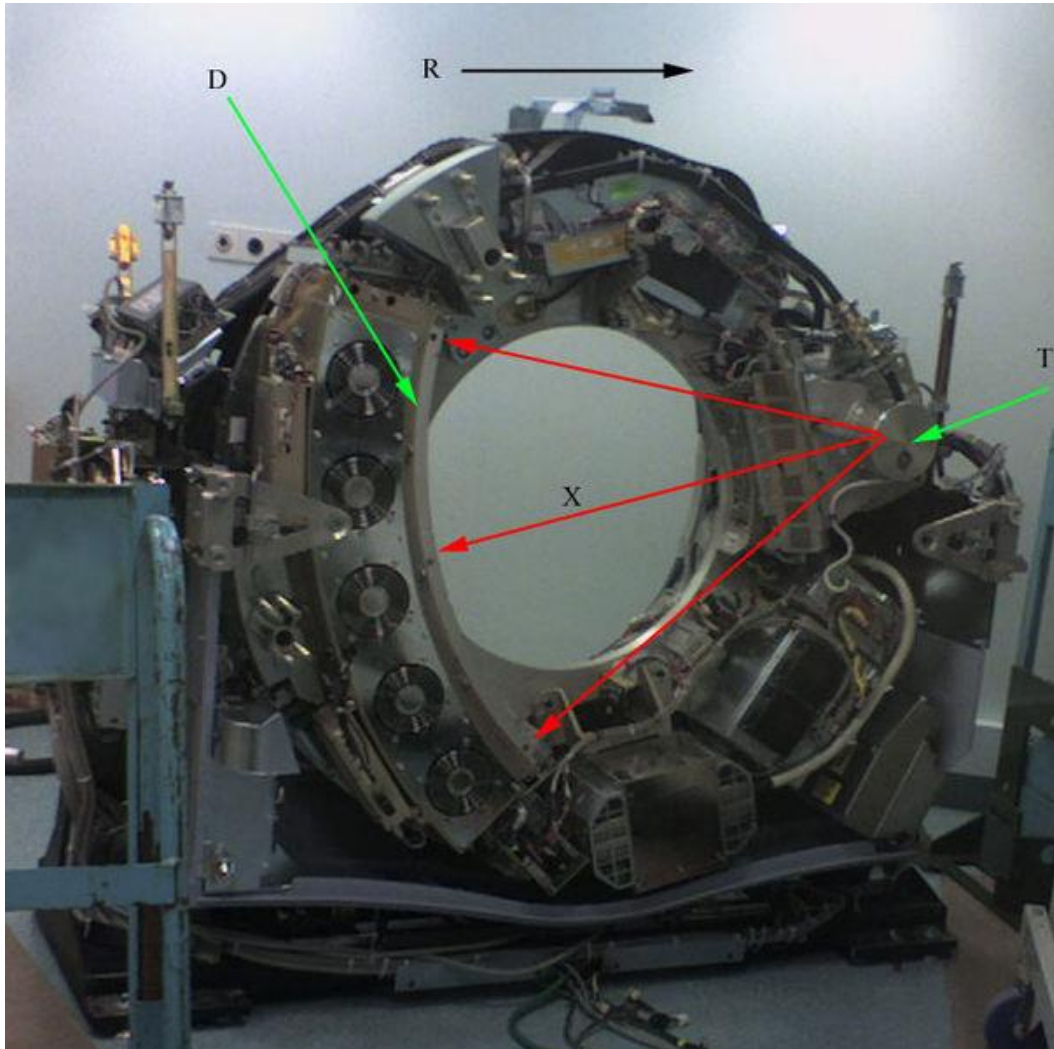
- hmotnostní absorpční koeficient

$$\frac{\mu}{\rho} = k\lambda^3 Z^3$$

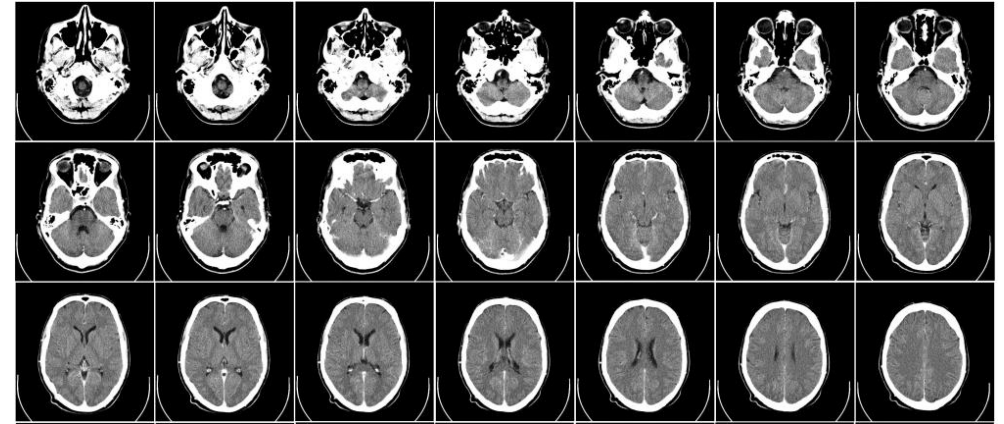




# CT (X-ray computed tomography)



T – rentgenka, D – detektory rtg. záření,  
X – rtg. svazky, R - rotace



# Radonova transformace

- absorpce vzorku  $f(x, y)$

$$I = I_0 \exp\left(-\int_{-\infty}^{\infty} f(x, y) ds\right)$$

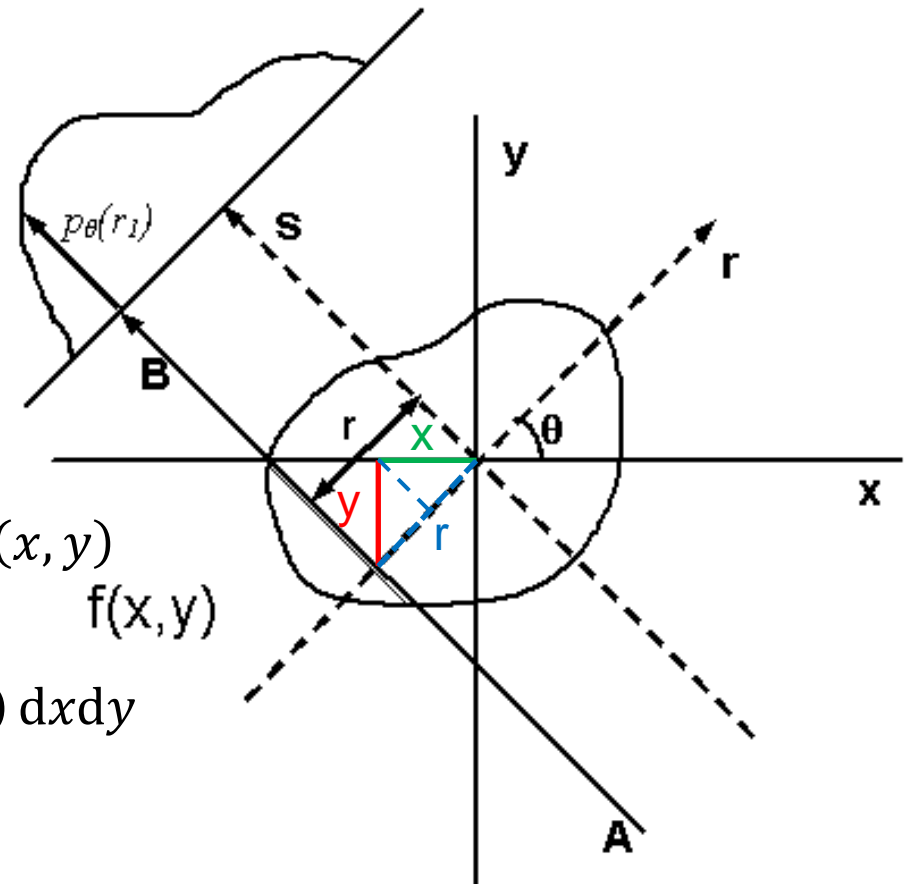
- celkové zeslabení signálu

$$p_{\theta}(r) = \ln\left(\frac{I}{I_0}\right) = -\int_{-\infty}^{\infty} f(x, y) ds$$

$$r = x \cos \theta + y \sin \theta$$

- Radonova transformace (sinogram) funkce  $f(x, y)$

$$p_{\theta}(r) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(x, y) \delta(x \cos \theta + y \sin \theta - r) dx dy$$





# Radonova transformace

- Radonova transformace (sinogram) funkce  $f(x, y)$

$$p_{\theta}(r) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(x, y) \delta(x \cos \theta + y \sin \theta - r) dx dy$$

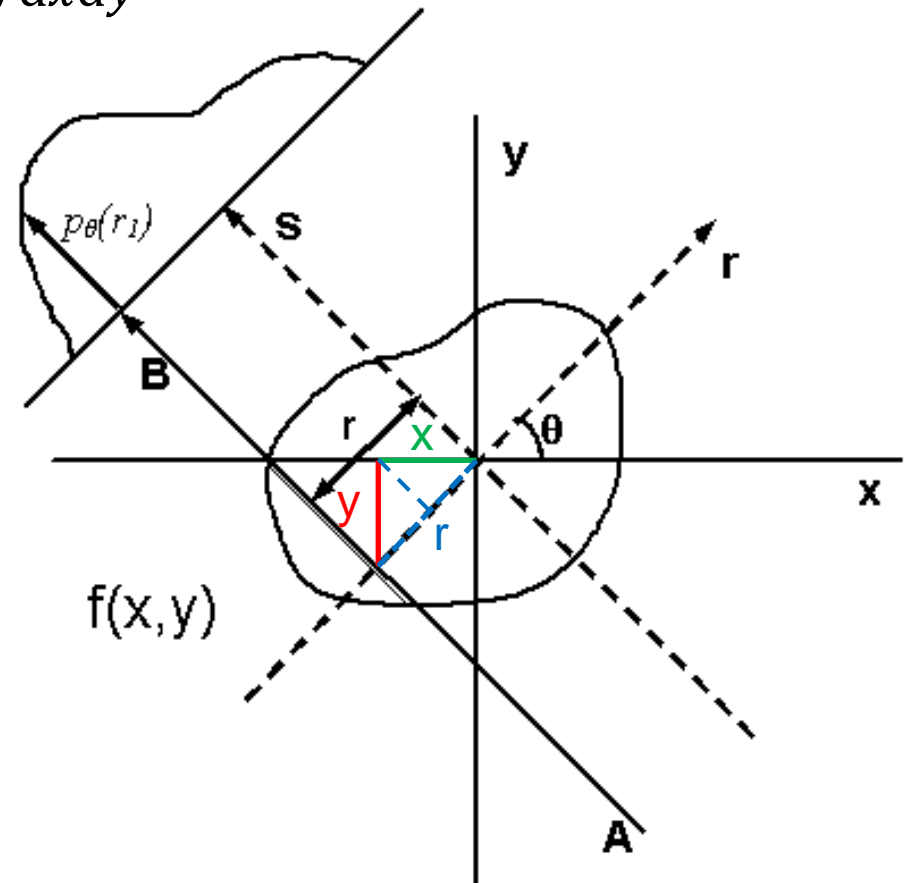
- inverzní Radonova transformace

$$f(x, y) = \frac{1}{2\pi} \int_0^{\pi} g_{\theta}(x \cos \theta + y \sin \theta) d\theta$$

$$g_{\theta} = \frac{d}{dr} \left[ \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{p_{\theta}(\rho)}{r - \rho} d\rho \right]$$



derivace Hilbertovy transformace projekce  $p_{\theta}$



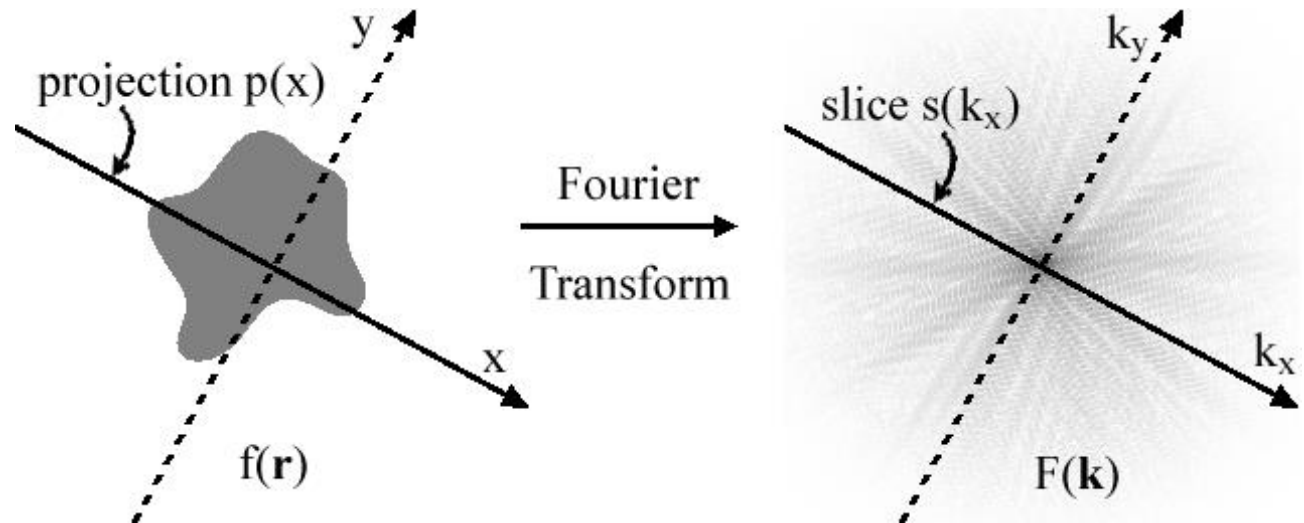
# Radonova transformace

- projekční teorém  $F_1 P_1 f(x, y) = S_1 F_2 f(x, y)$

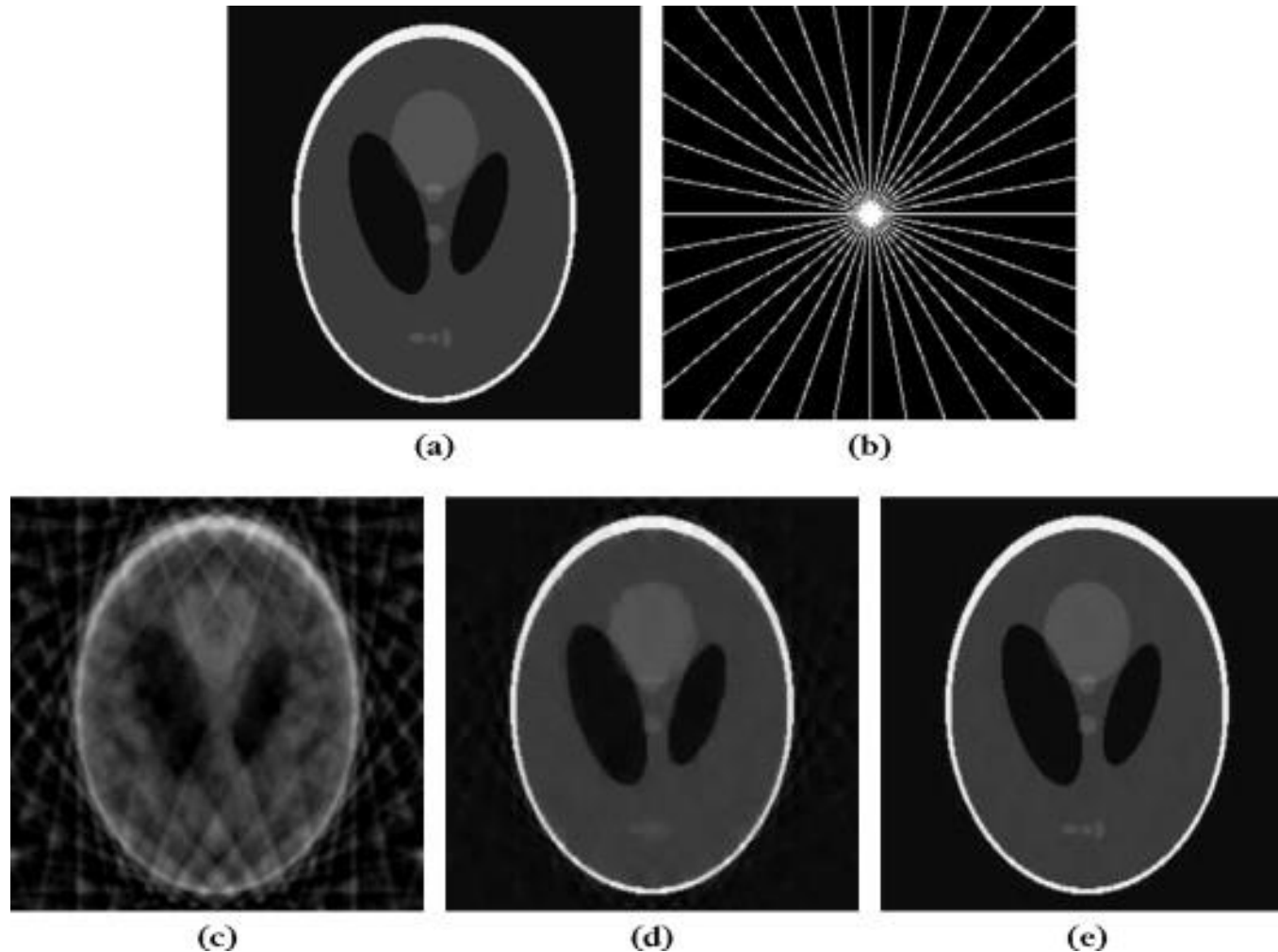
$F_{1/2}$  – Fourierova transformace (1D / 2D)

$P_1$  – operátor projekce na jednorozměrnou přímku

$S_2$  – operátor řezu 2D  $\rightarrow$  1D



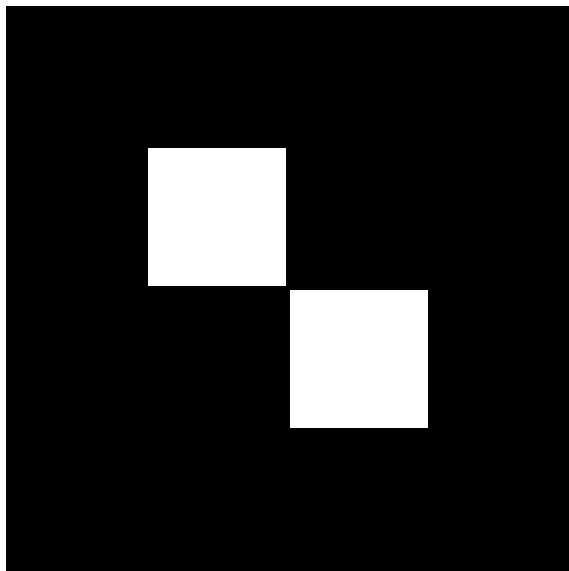
# Radonova transformace



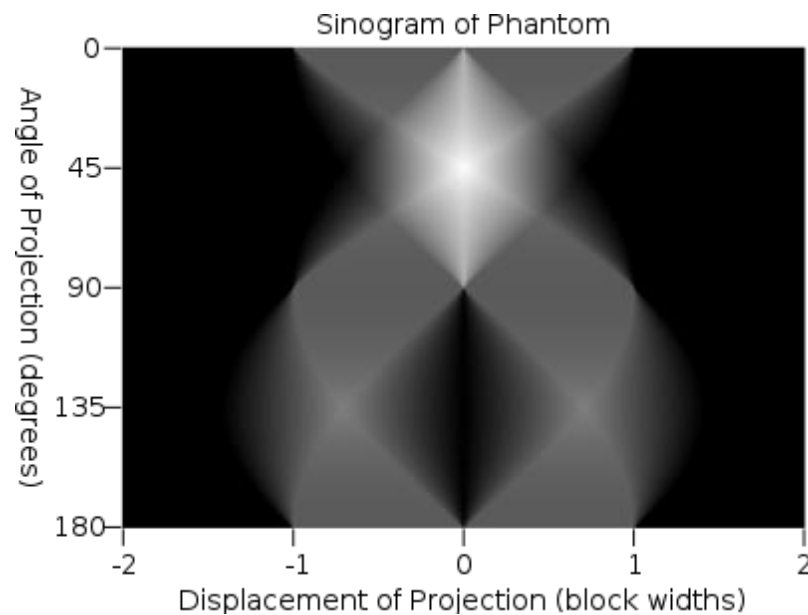
- (a) Original phantom image, (b) Frequency plane showing in white the frequency rays in  $\Omega$ ,  
(c) Reconstruction with a linear orthogonal projection computed with a backprojection,  
(d) Lagrangian pursuit estimation in a Haar translation-invariant wavelet dictionary,  
(e) Inversion with a total variation regularization

# Radonova transformace

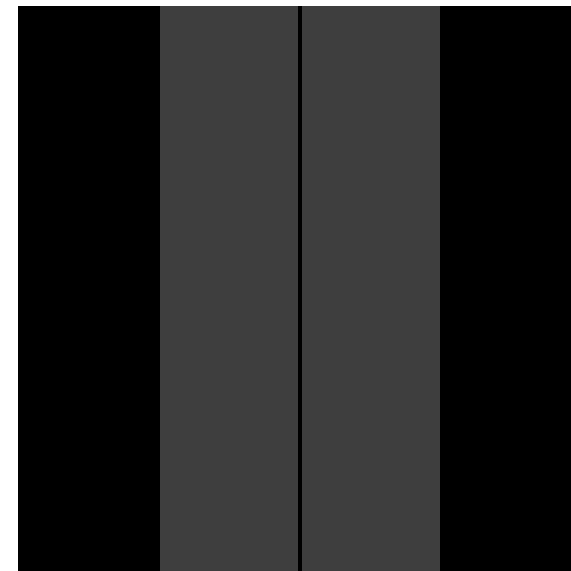
předmět



Radonova transformace  
(sinogram)

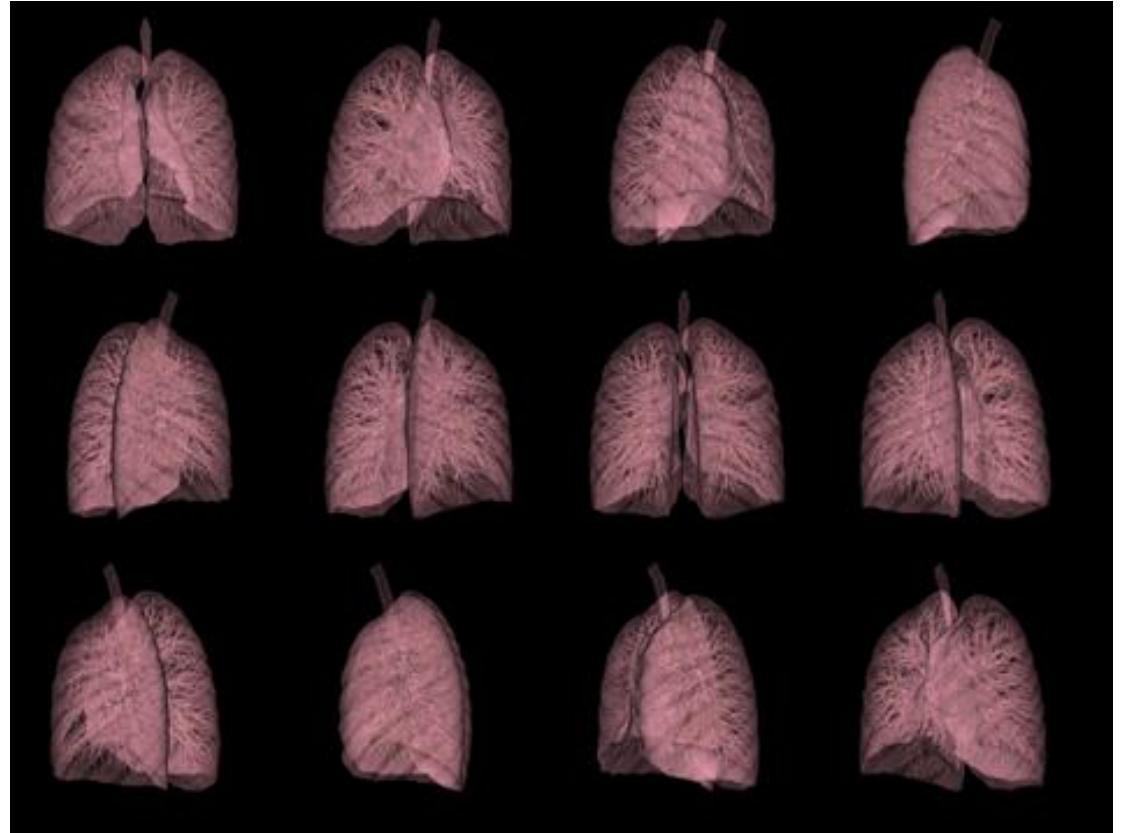
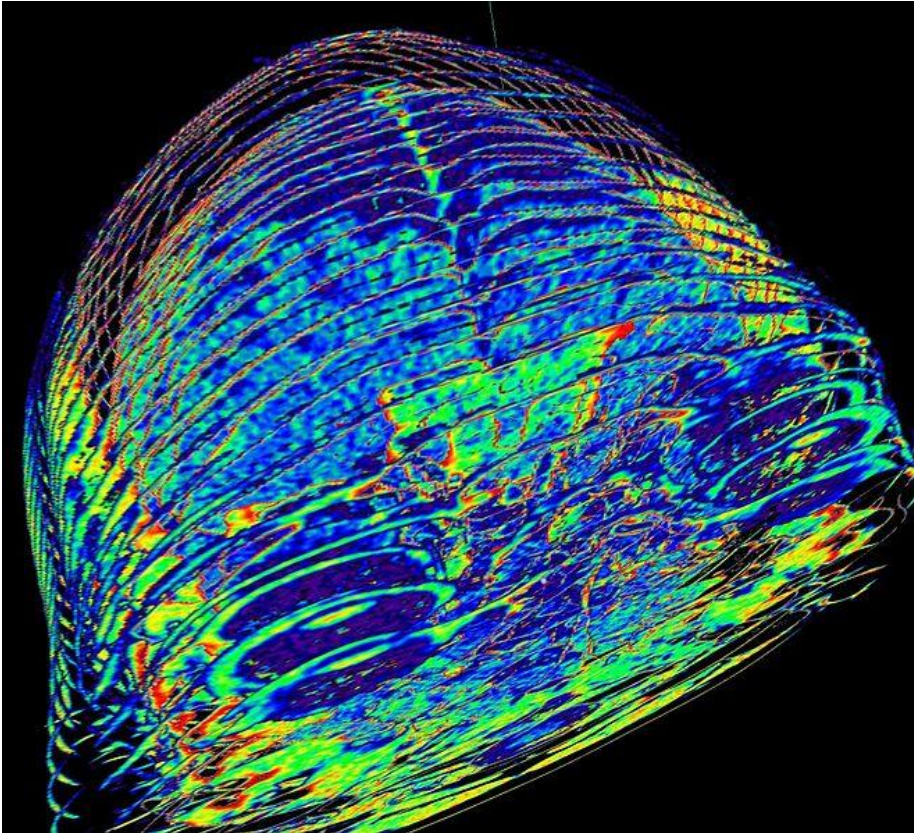


rekonstrukce  
(inverzní Radonova transformace)



# CT – tenké řezy

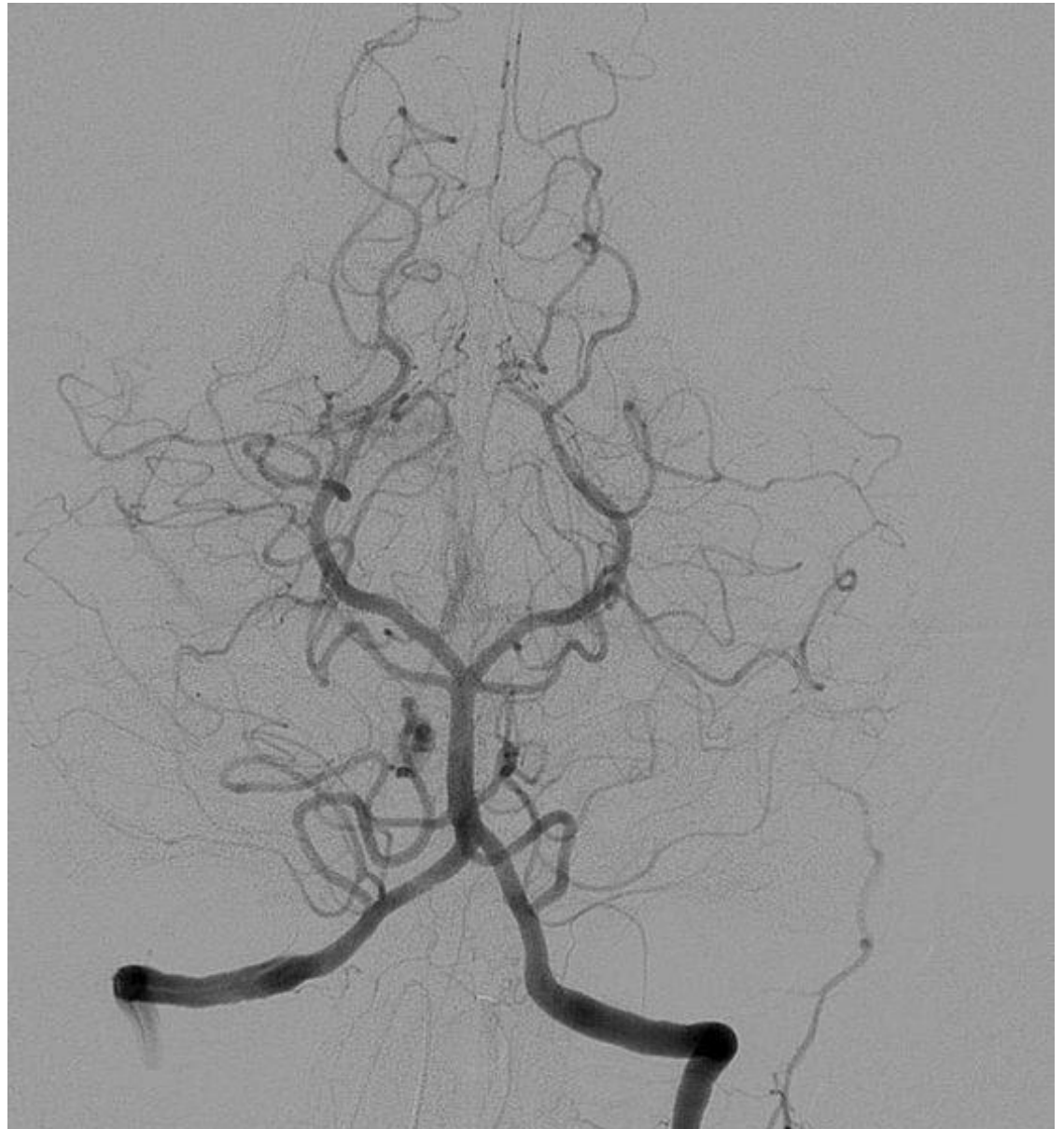
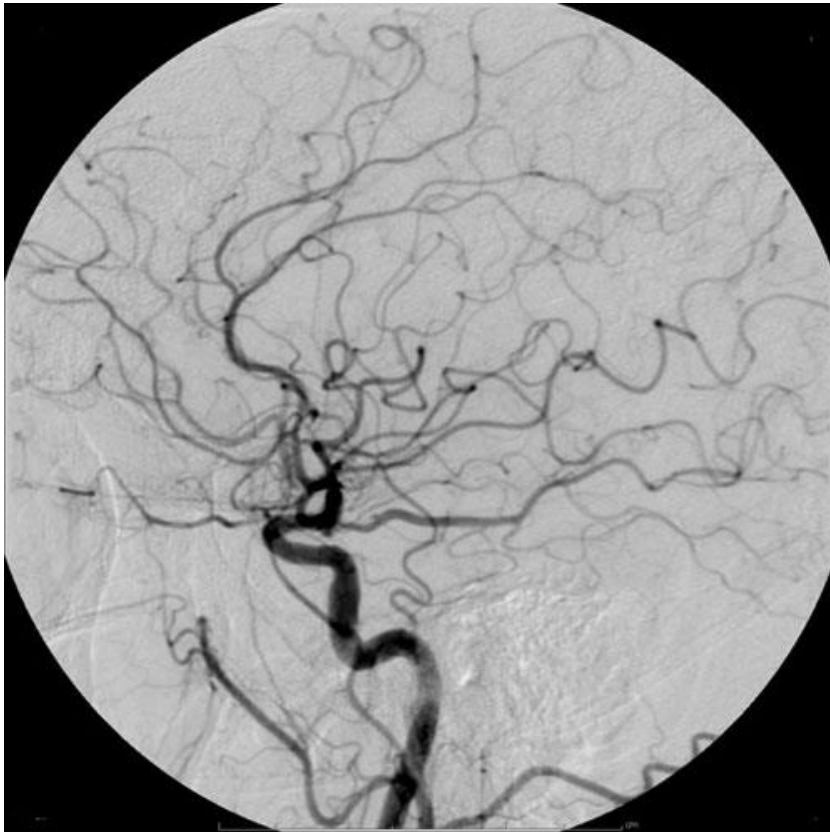
- tenké řezy 5 mm





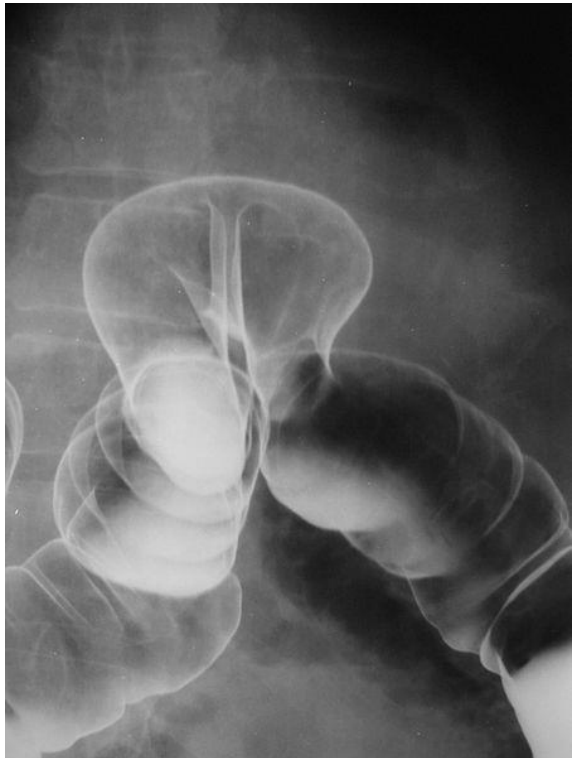
# CT – radio-kontrastní látky

- sloučeniny jódu ( $Z_I = 53$ )
- neškodné pro lidské tělo
- kontrastní zobrazení cév, žil, tepen



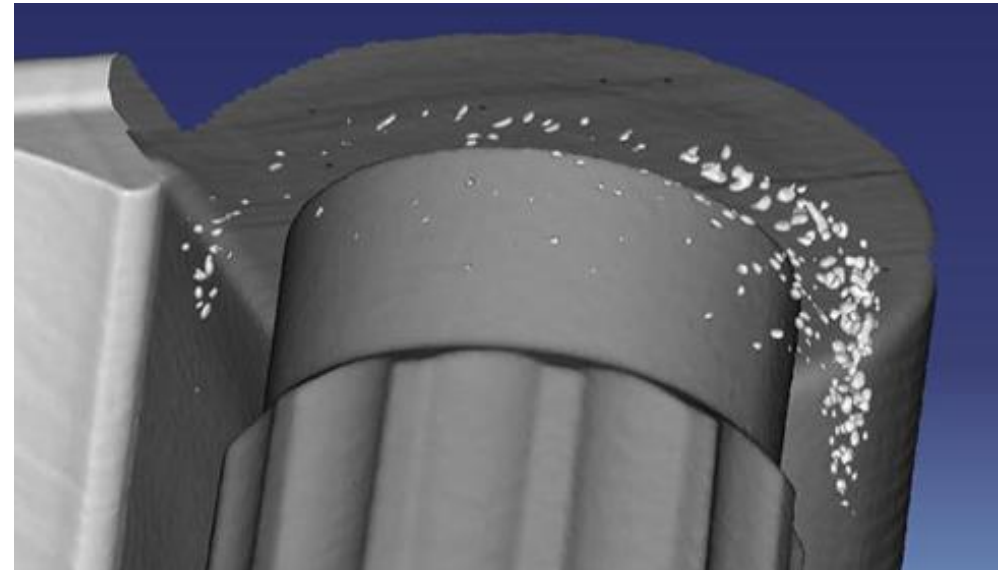
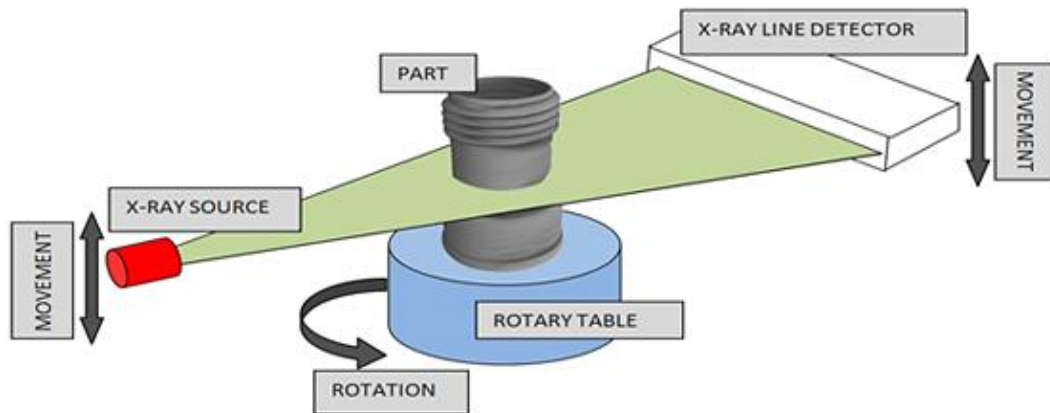
# CT – radio-kontrastní látky

- $\text{BaSO}_4$  ( $Z_{\text{Ba}} = 56$ )
- ve vodě nerozpustný bílý prášek
- kontrastní zobrazení trávicího systému



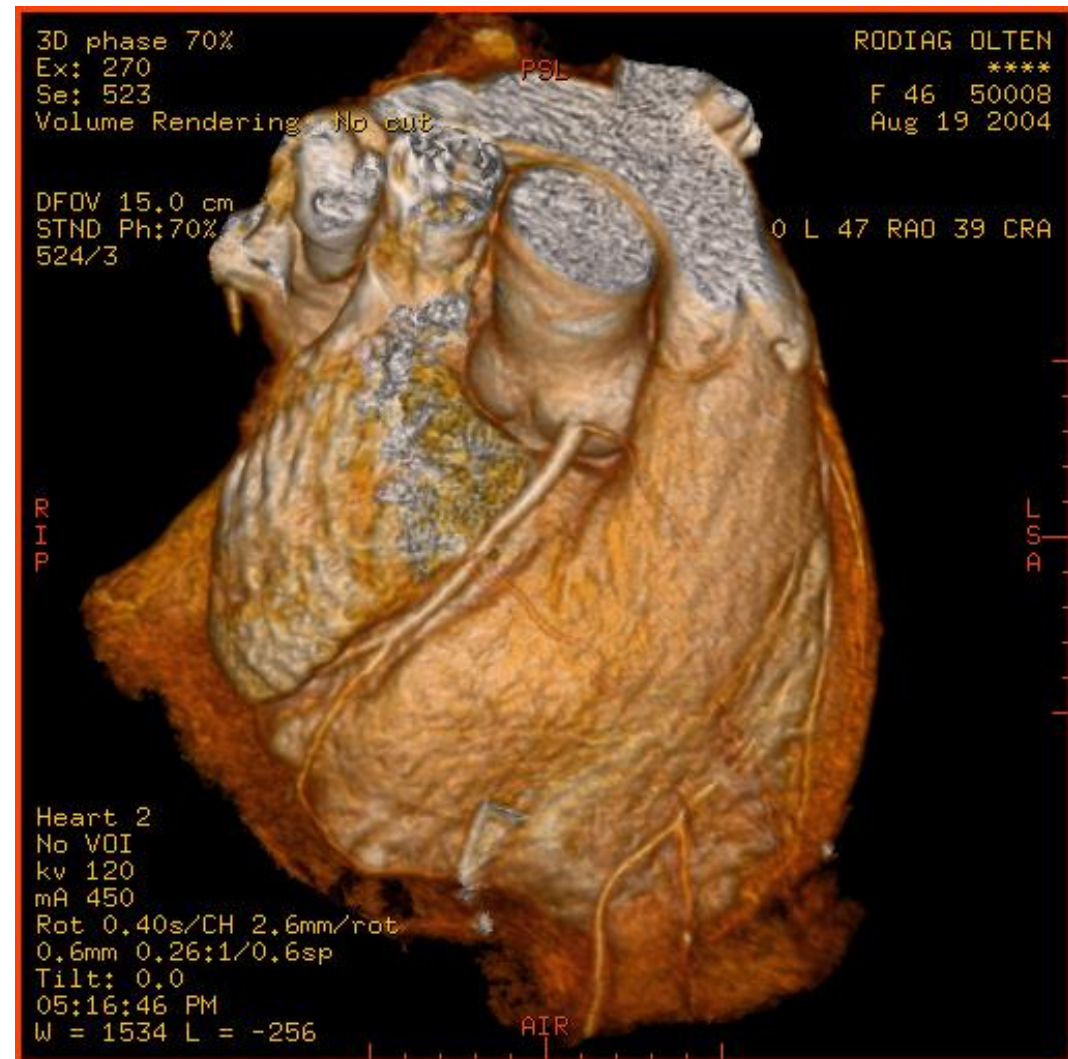
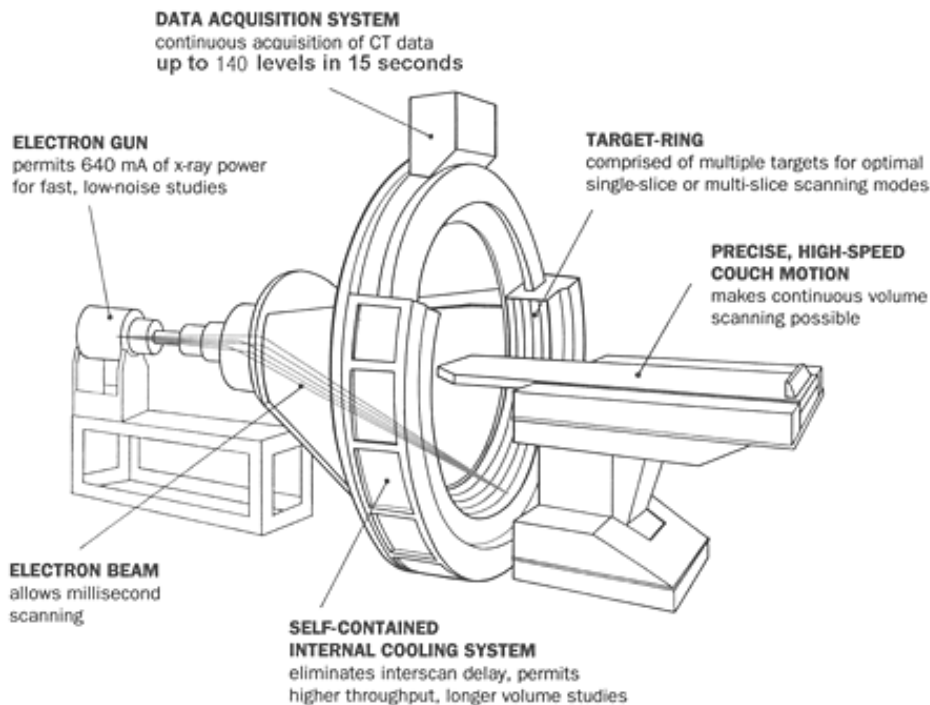
# CT – průmyslové využití

- kónický svazek rtg. záření
- rotující vzorek
- nedestruktivní test, vytvoření 3D modelu součástky



# EBT (electron beam tomography)

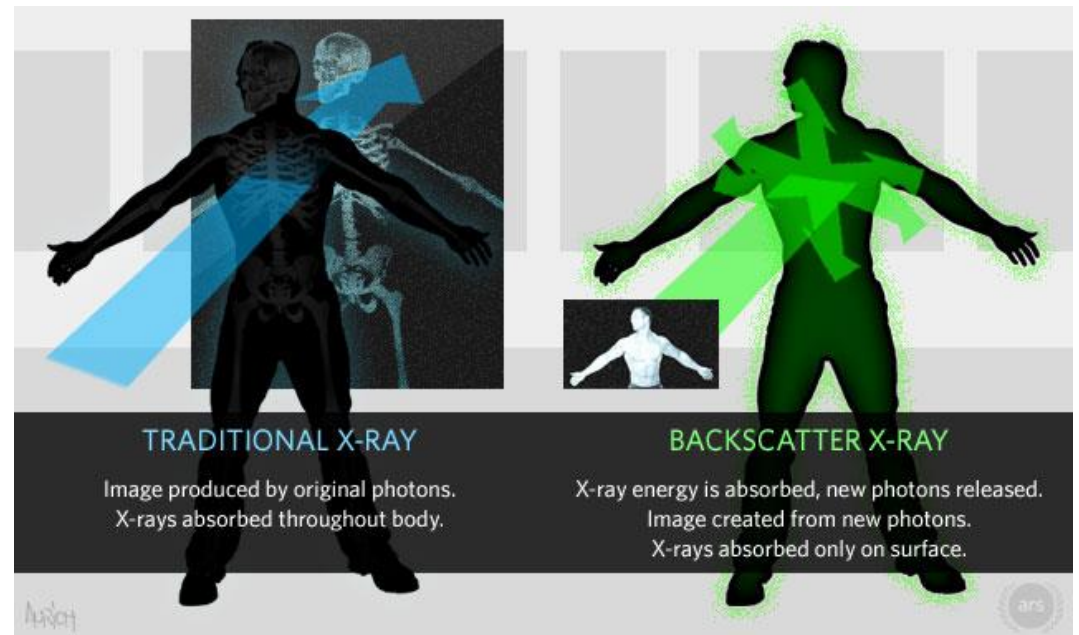
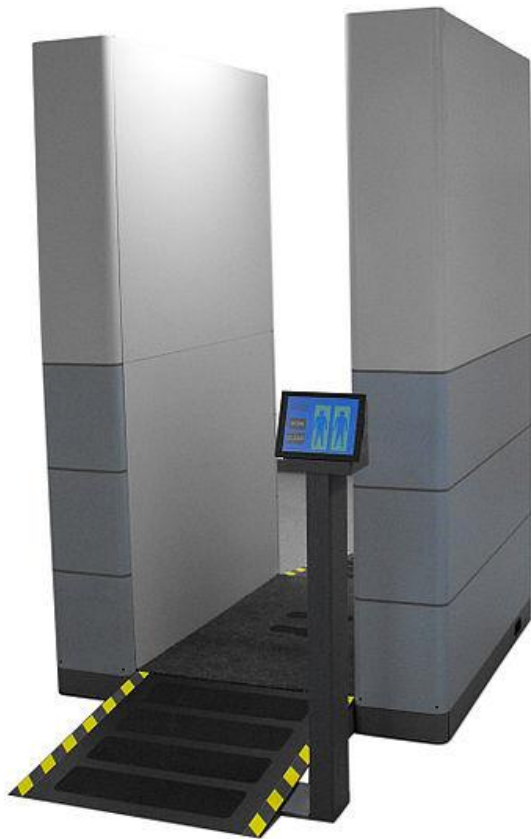
- svazek elektronů je vychylovaný magnetickým polem  
→ na prstenci okolo pacienta se generuje rtg. záření
- stacionární, vyšší rychlost
- zobrazení srdce





# Zpětně odražené rentgenové záření

- detekce rtg. záření deflektovaného Comptonovým rozptylem
- bezpečnostní skenery





# XRF (X-ray fluorescence)

- charakteristické rtg. záření (indukované rtg. nebo  $\gamma$  zářením)
- chemická analýza

