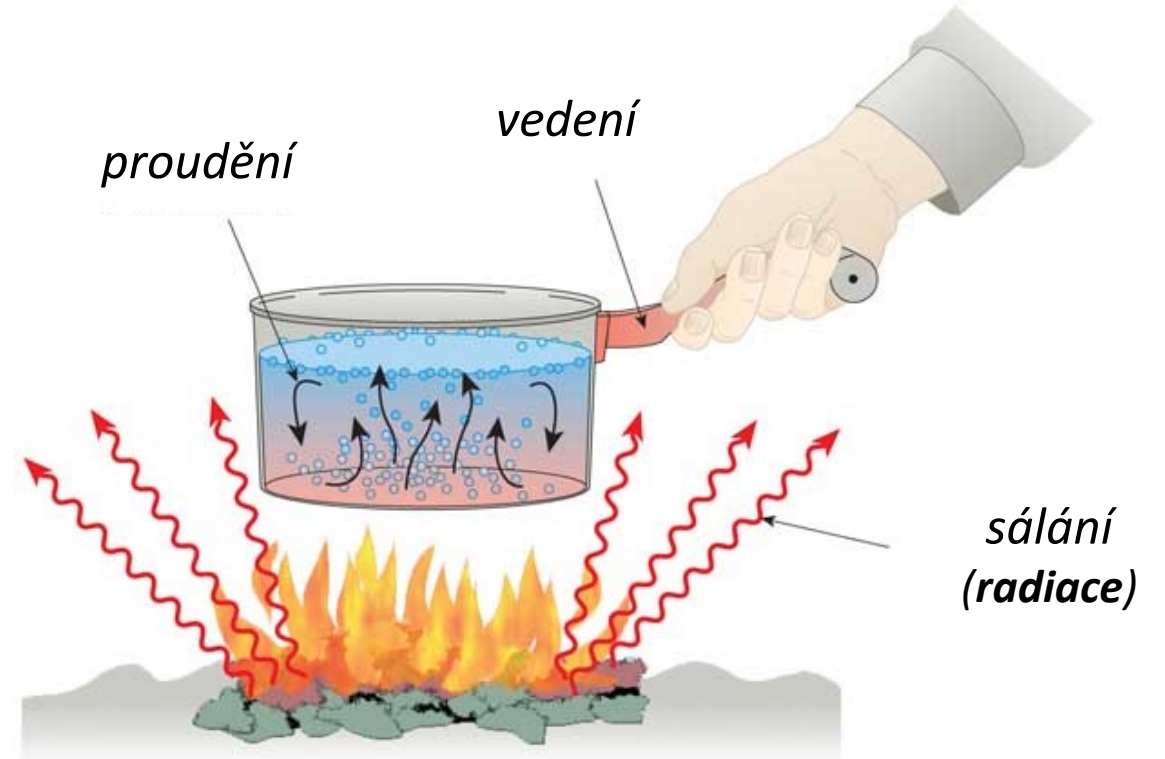


Základy fyziky ionizujícího záření

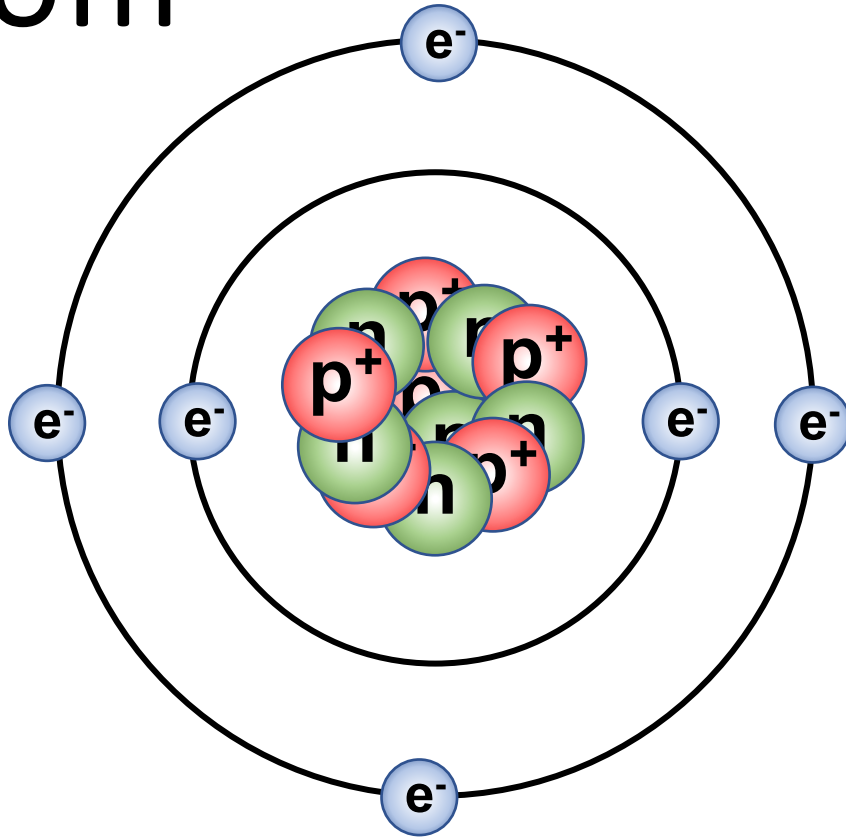


Záření

- Forma přenosu energie
- Např. teplo přenášené sáláním (radiace)
- Záření nepotřebuje pro své šíření hmotné prostředí
- Šíří se ve vakuu
- Vzniká v atomu



Atom




Jádro


- $r = 10^{-15}$ m
- protony, neutrony

Obal

- $r = 10^{-10}$ m
- elektrony

 Elektrony – záporný náboj,

$$q = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}, \quad m_0 = 9,109 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

 Protony – kladný náboj,

$$q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}, \quad m_0 = 1,673 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

 Neutrony – neutrální,

$$q = 0 \text{ C}, \quad m_0 = 1,675 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

Silové interakce

Gravitační síla

- nejslabší interakce, není omezena vzdáleností, mezi e^- a p^+ $\rightarrow F = 10^{-47}$ N

Elektromagnetická síla

- není omezena vzdáleností, podmínkou elektrický náboj, drží e^- v obalu, odpuzuje p^+ jádře

Silná jaderná interakce

- působí mezi jadernými částicemi (p^+ a n), dosah 10^{-15} m, drží jádro pohromadě

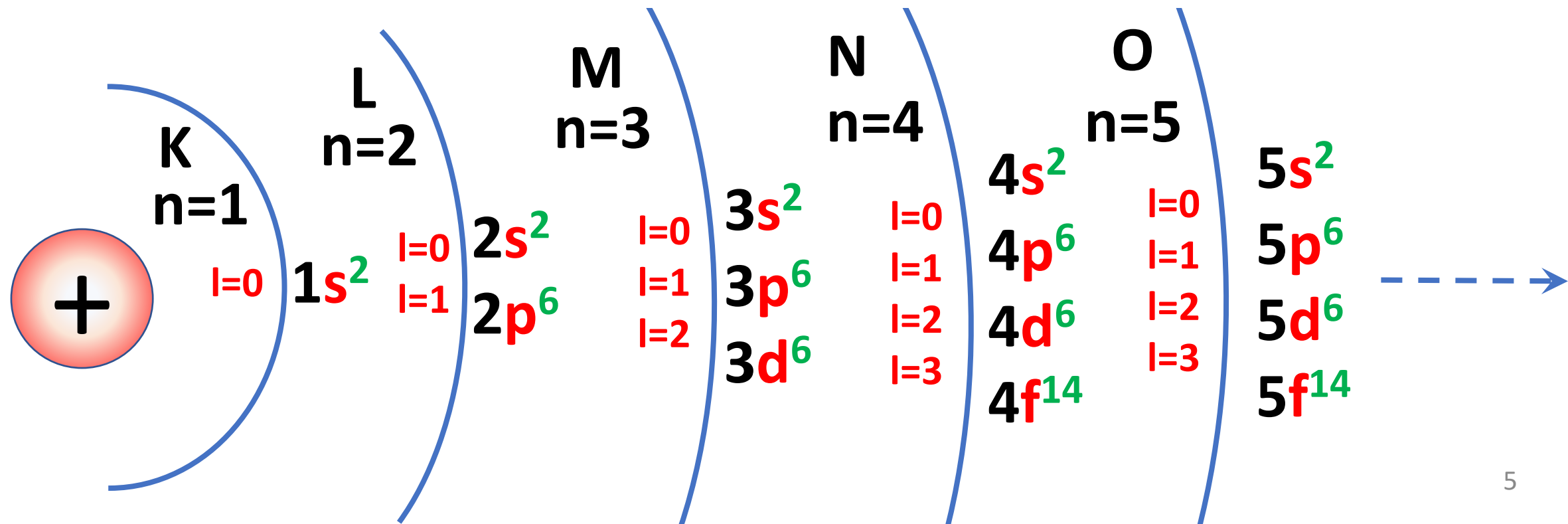
Slabá jaderná interakce

- dosah 10^{-18} m, ovlivňuje stabilitu jader

Elektronový obal

Planetární model – energetické hladiny

- *Niels Bohr, r. 1913, spektroskopické vlastnosti atomů*

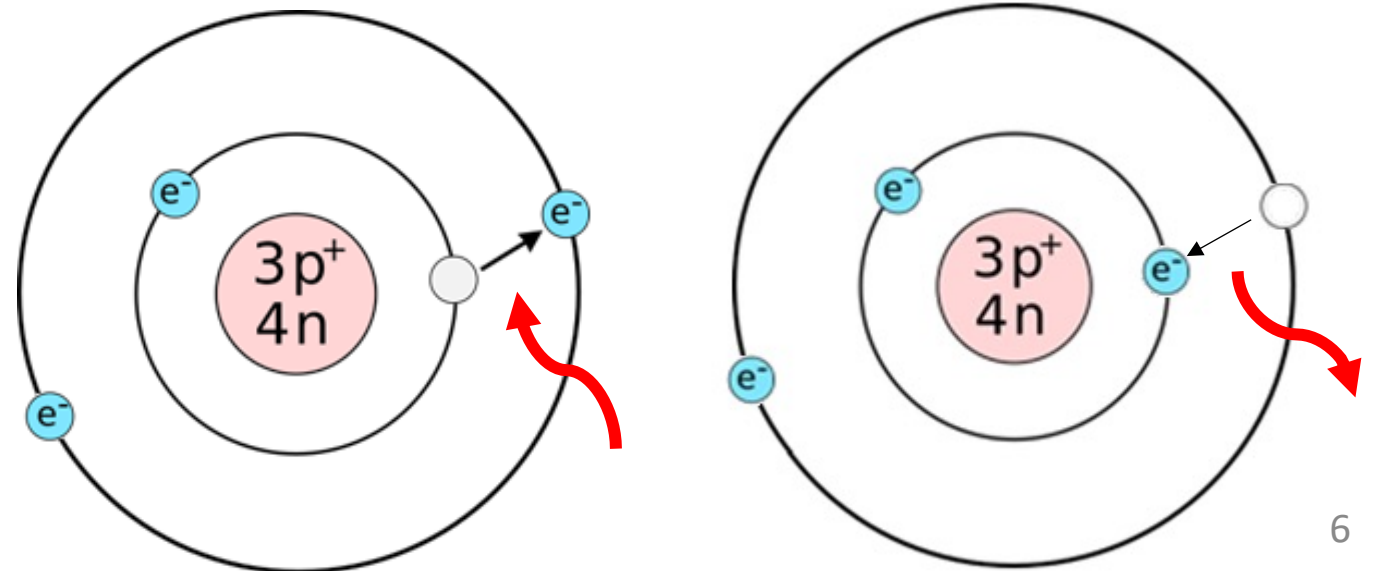
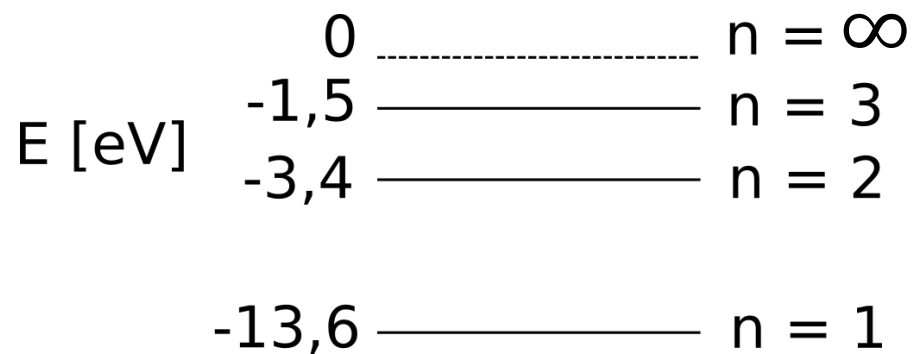


Excitace

Energetické hladiny – hodnota energie E v elektronvoltech (eV)

Excitace – e^- absorbuje $E \rightarrow$ přechod e^- na vyšší hladinu (např. K \rightarrow L)

Deexcitace – přechod e^- na volné místo na nižší hladině \rightarrow vyzáří E

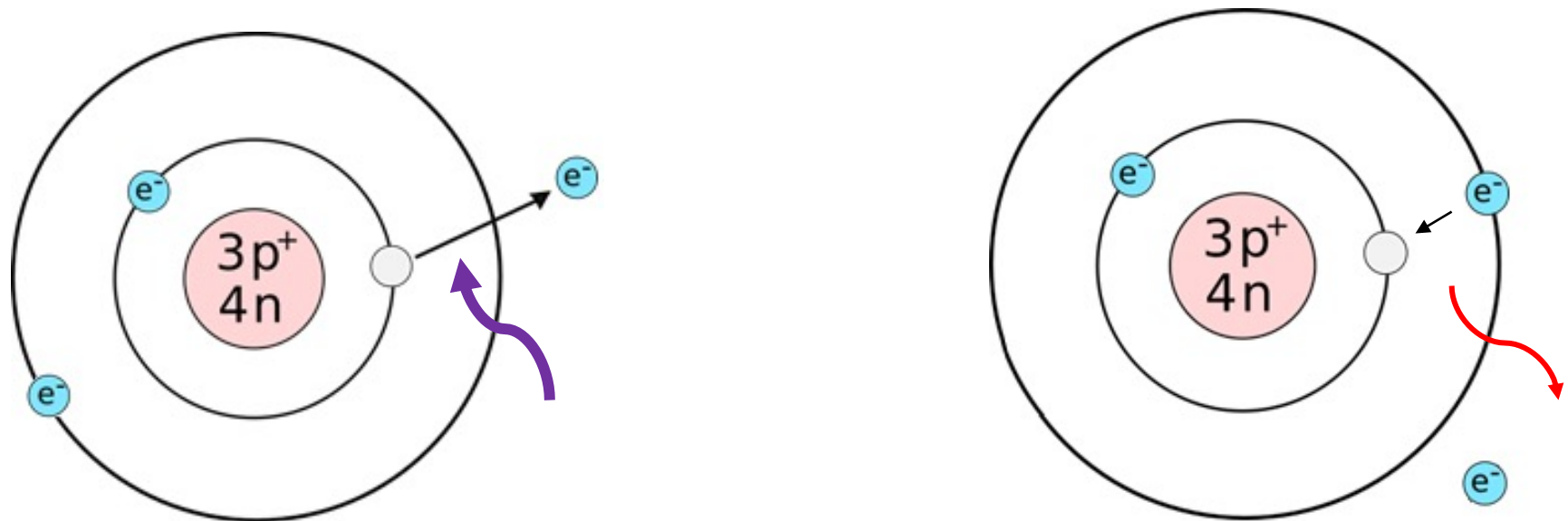


Ionizace

Ionizace – e^- opouští elektronový obal, atom ztrácí elektroneutralitu

Ionizující záření – záření s $E > 5 \text{ keV}$, ionizuje i e^- z nižších hladin

Deexcitace – e^- z vyšší E hladiny zaplní prázdné místo \rightarrow vyzáří E

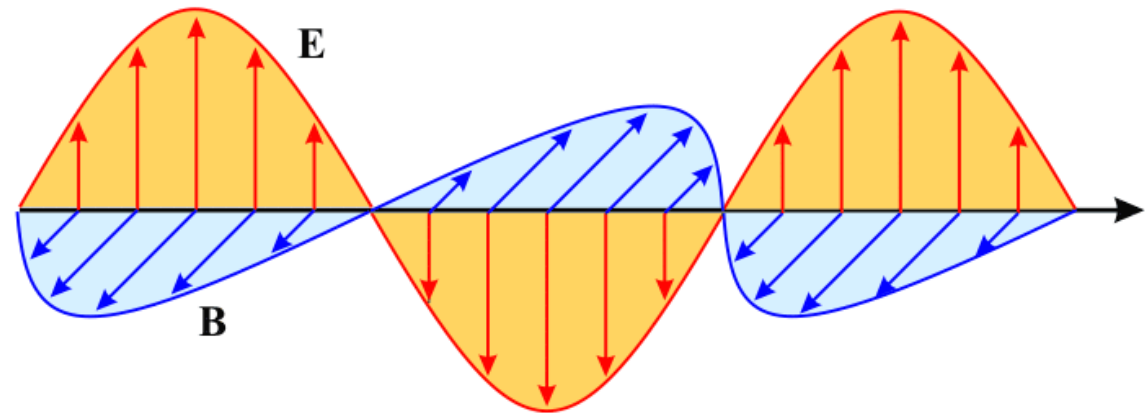


Elektromagnetické záření

- Elektrická a magnetická složka
- Forma přenosu energie
- Foton = kvantum energie

- $E = h \cdot \nu = h \cdot \frac{c}{\lambda}$

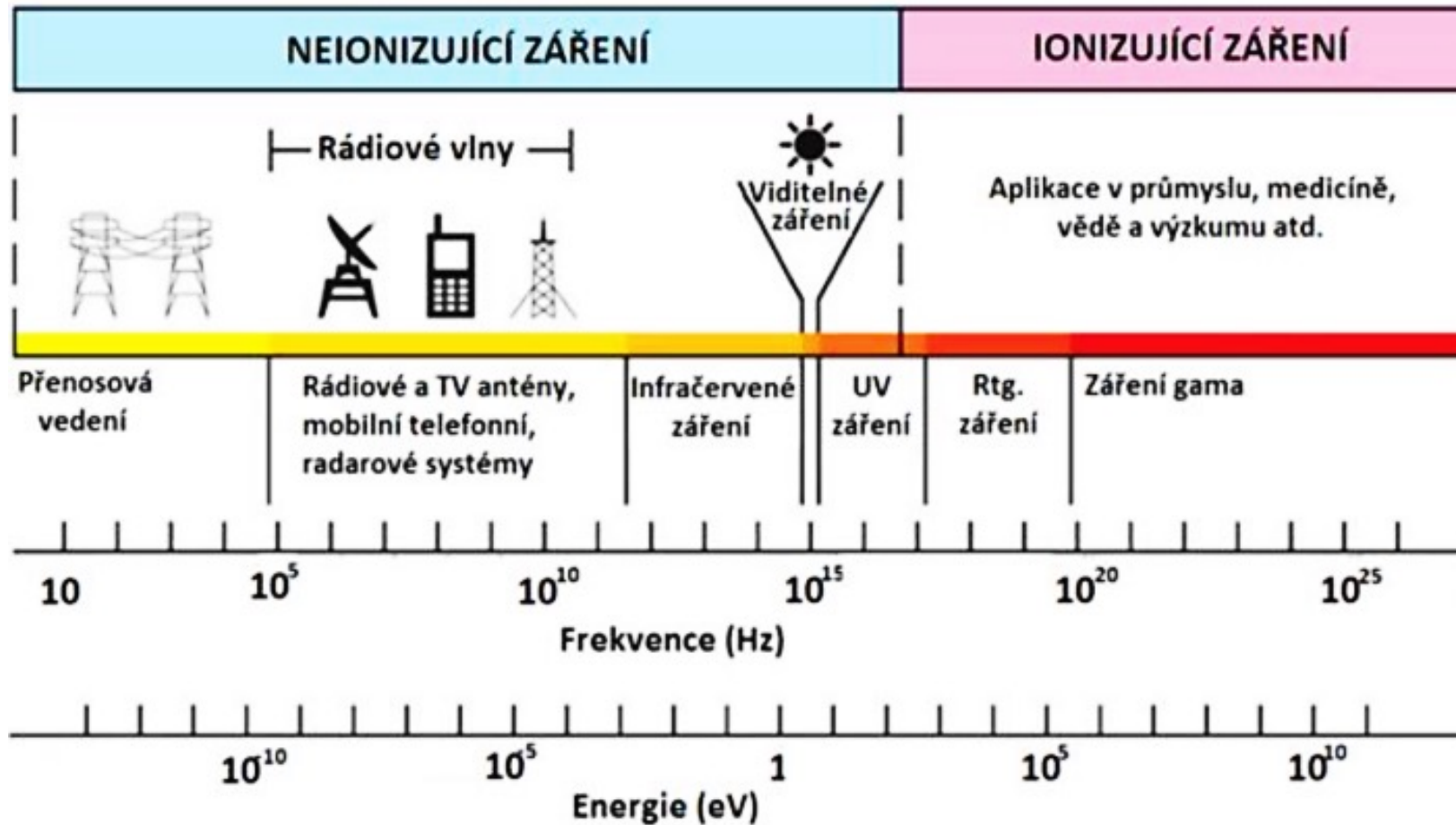
- h – Planckova konstanta
- ν – frekvence fotonu
- λ – vlnová délka
- c – rychlost světla



Elektromagnetické spektrum

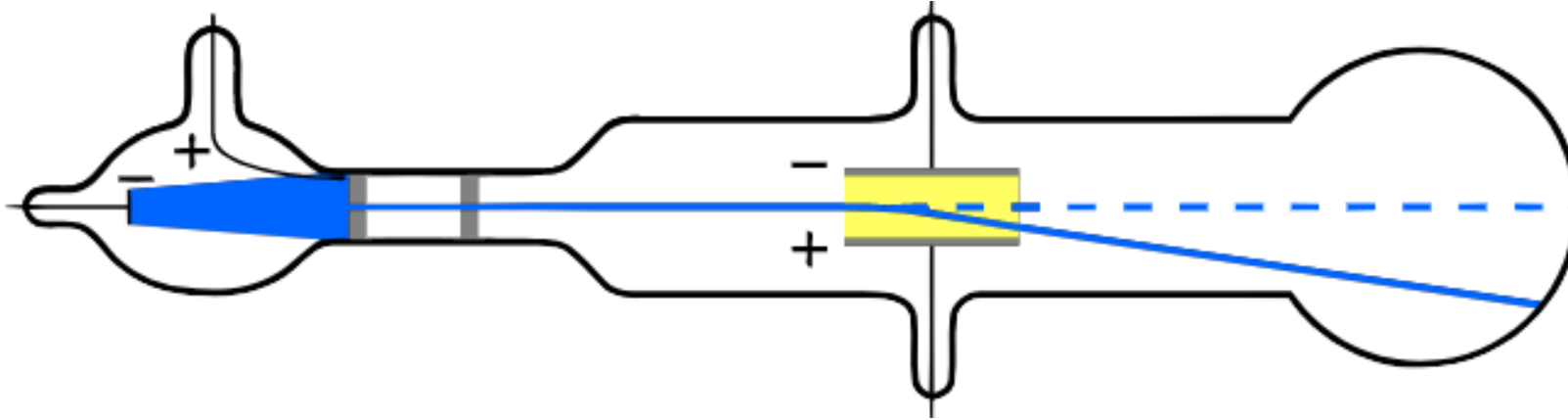


Výstražné symboly



Katodová trubice

- Katodová trubice – vakuum, katoda (-), anoda (+), vychylovací cívky

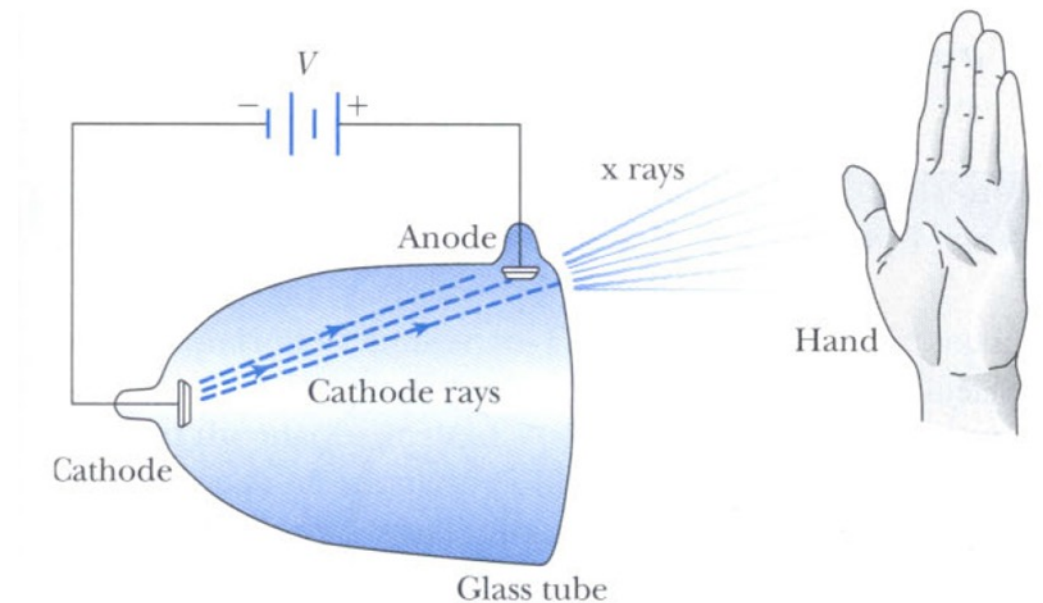


- Elektrony, záporný náboj, vychylovány magnetickým polem

RTG – historický úvod

Wilhelm Röntgen, r. 1895

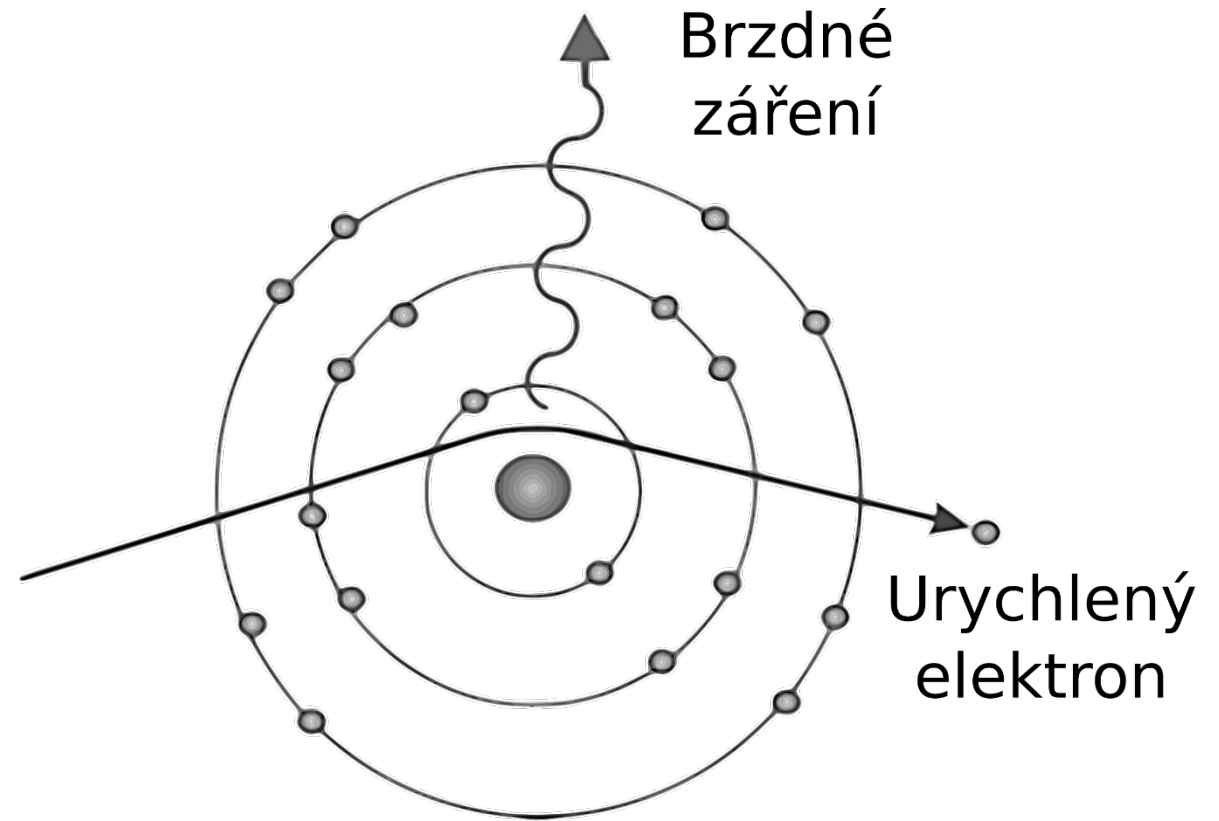
- Zkoumal katodové záření (proud elektronů)
- Objevil další záření
 - Paprsky X
 - Nešlo je vychylovat magnetickým polem.
 - Více znehodnocovalo fotografický papír než běžné světlo.



RTG záření

Brzdné

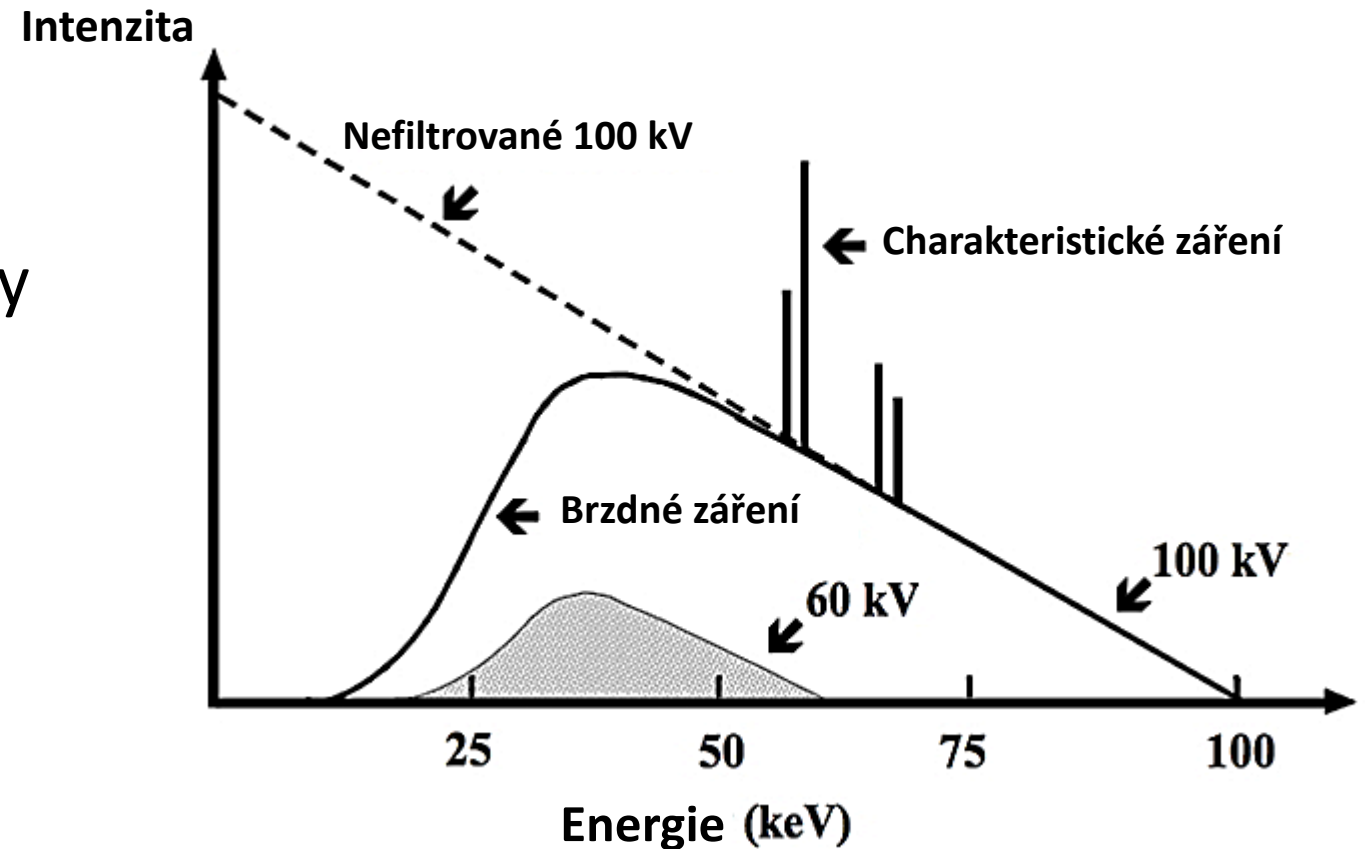
- Urychlené e^- dopadají na anodu
- přitažlivost jádra \rightarrow změna směru \rightarrow ztráta $E \rightarrow$ RTG záření
- Spojité E spektrum fotonů
- Radiodiagnostika, radioterapie



RTG záření

Brzdné

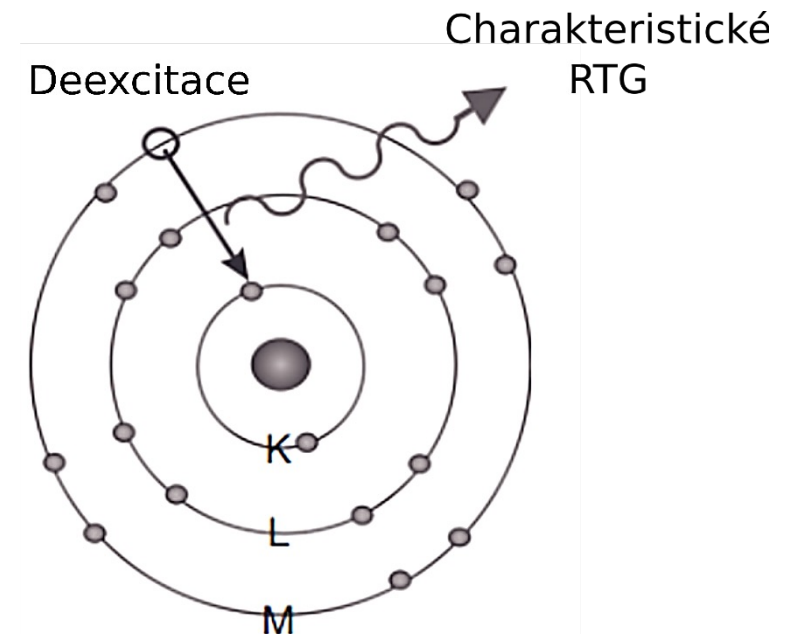
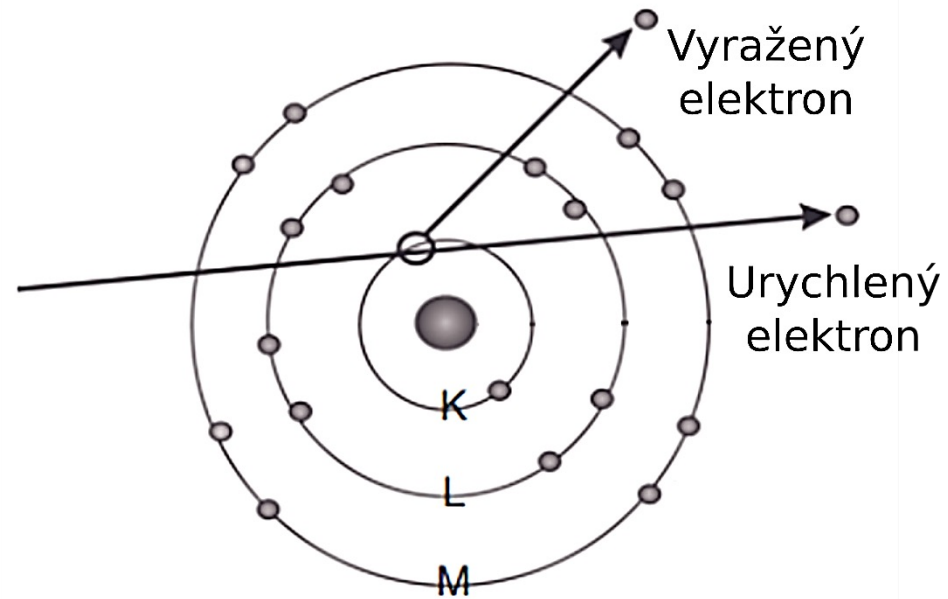
- Spojité spektrum
- Liší se pro různá napětí RTGky
- Nízké energie jsou filtrovány
 - zbytečná radiační zátěž
 - nepřispívá kvalitě obrazu



RTG záření

Charakteristické záření

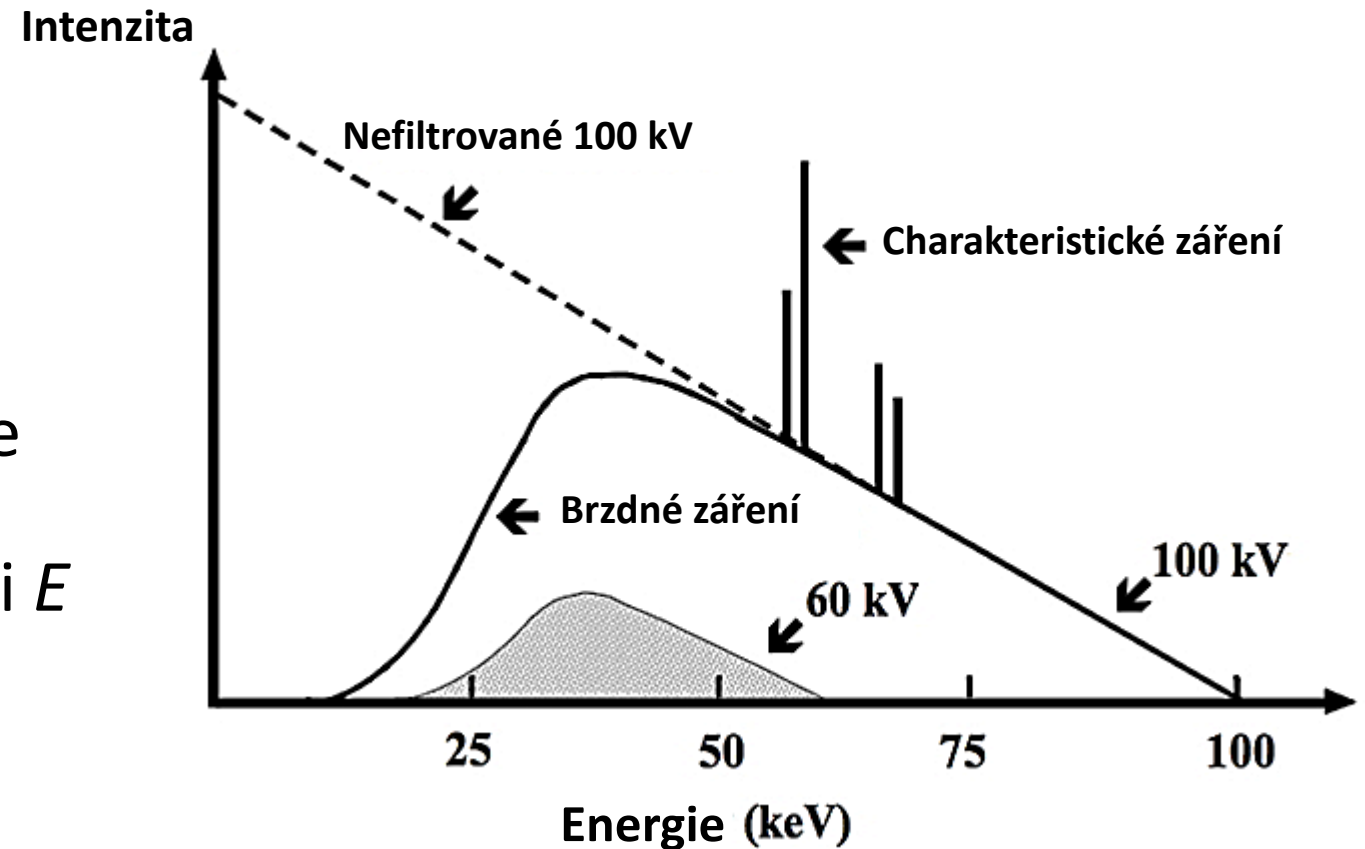
- Závisí na materiálu anody
- Urychlené e^-
 - excitace (do vyšší E hladiny)
 - ionizace (vyražení z obalu)
- Přejít e^- prázdné místo
 - deexcitace (do nižší E hladiny)
 - Charakteristické RTG
 - Čárové spektrum



RTG záření

Charakteristické záření

- Závisí na materiálu
- Čárové spektrum
- Při vyšších napětích na RTGce
- Odpovídá přechodům e^- mezi E hladinami
- Spektroskopie



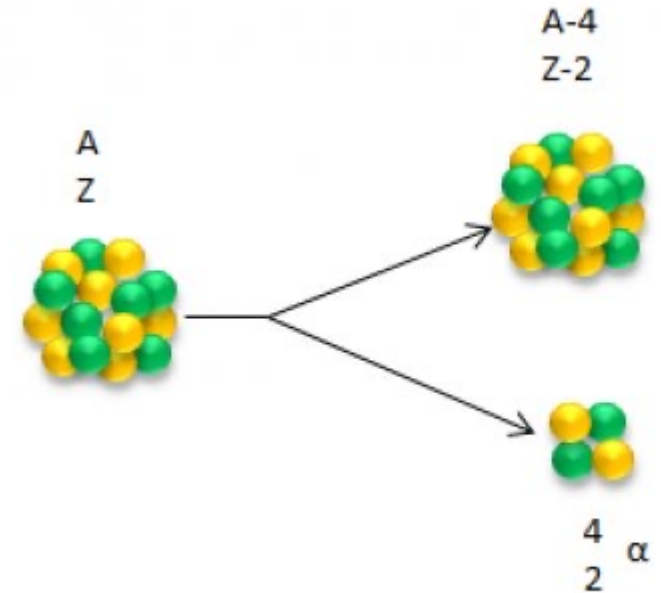
Zdroje ionizujícího záření

Umělé

- Urychlovače → pouze nabité částice
 - zobrazovací technika, umělé radioaktivní prvky
- Jaderný reaktor → řízená štěpná reakce

Přírodní

- Zemská kůra → přirozené radioaktivní jaderné přeměny
- Kosmické záření → dopadá z vesmíru

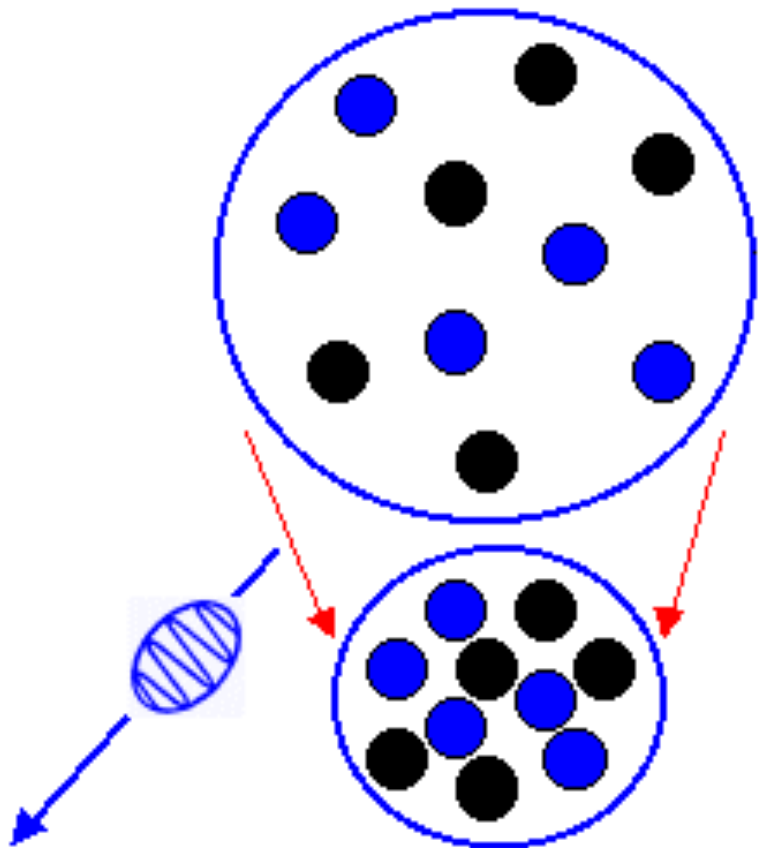


Druhy ionizujícího záření

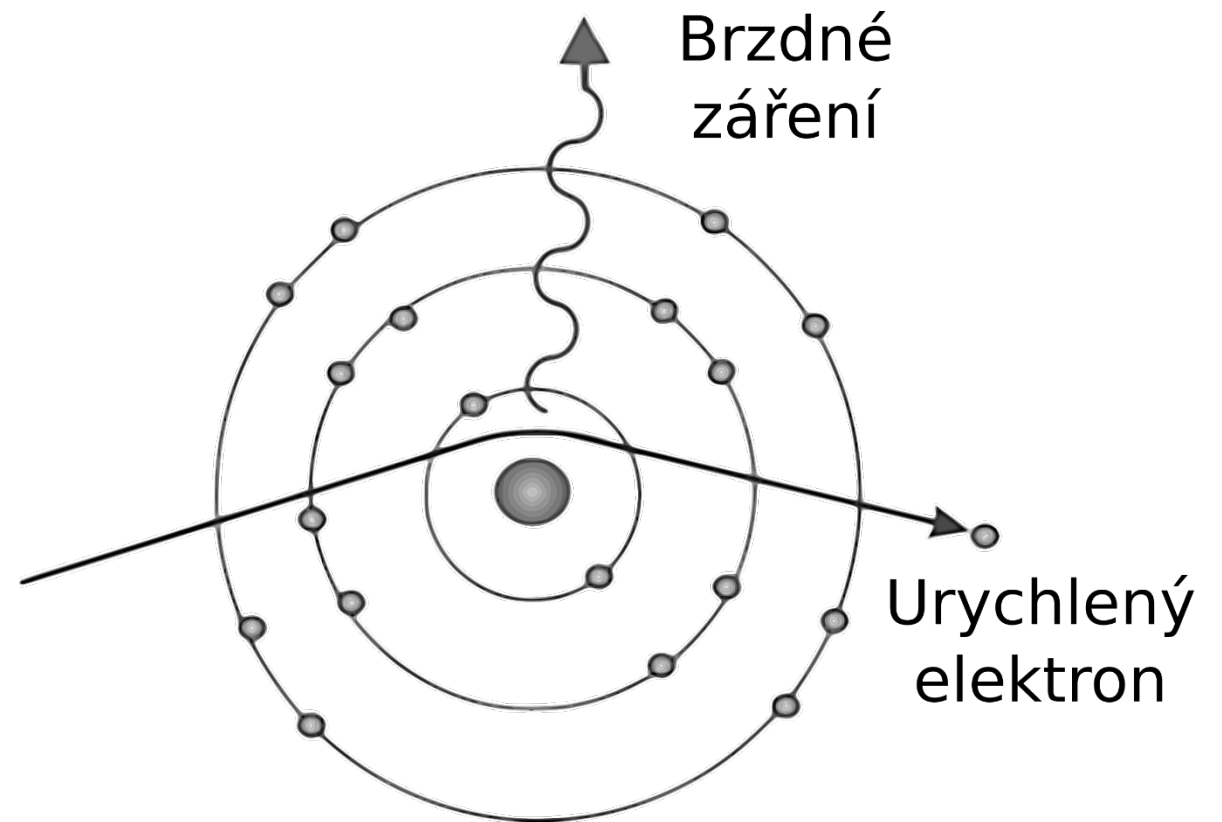
Korpuskulární (částicové)	Alfa	– jádra helia ($2p^+ + 2n$), těžká, kladný náboj	Přímo ionizující (částice s nábojem)
	Beta	– elektrony (β^-), záporný náboj	
	Neutronové	– neutrony, bez náboje	Nepřímo ionizující (bez náboje)
Fotonové (elektro- magnetické)	Gama	– fotony, vznik při rozpadu jader, bez náboje	
	RTG	– fotony, vznik v jaderném obalu, bez náboje	

Elektromagnetické záření

- Gama, z excitovaného jádra



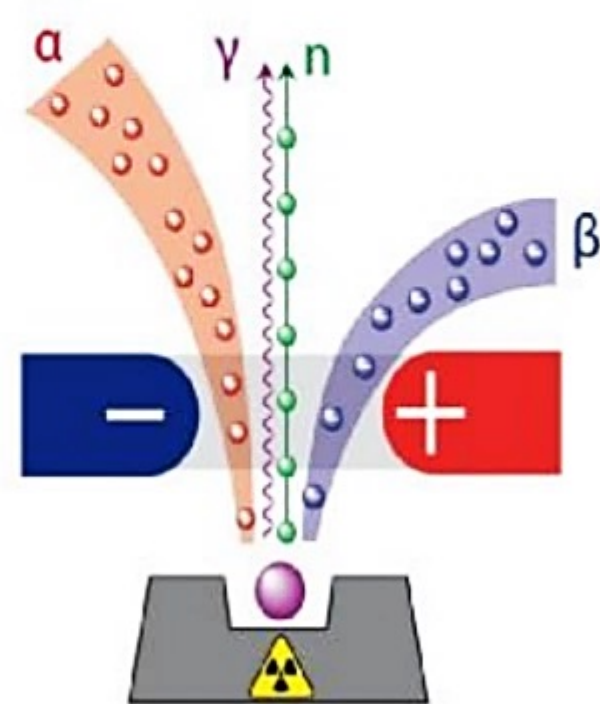
- RTG, z atomového obalu



Vlastnosti ionizujícího záření

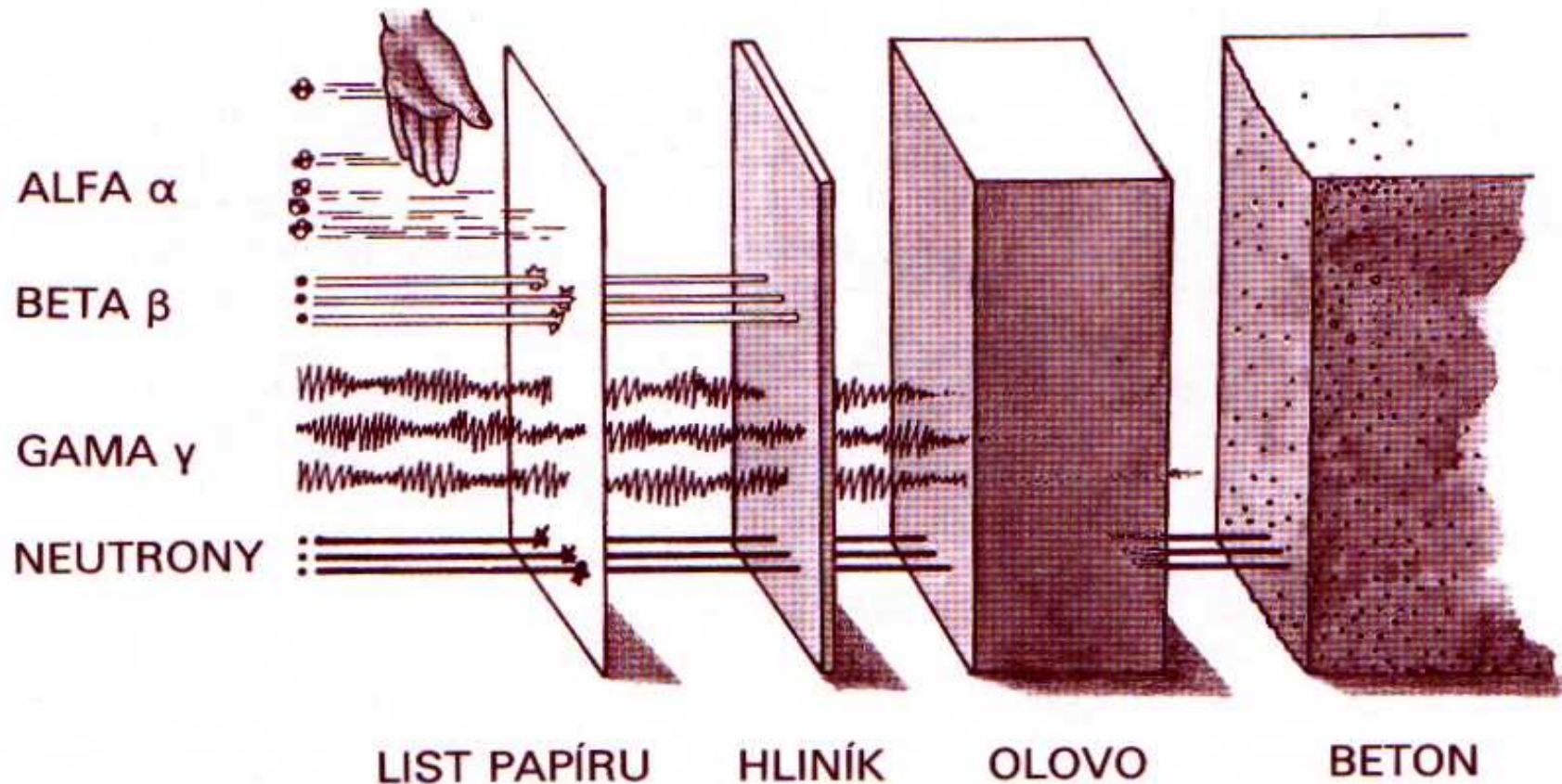
Vliv magnetického pole na záření

- **Alfa** – jádra helia ($2p^+ + 2n$), nejtěžší částice, kladný náboj
- **Beta** – elektrony, záporný náboj
- **Neutronové** – neutrony, bez náboje
- **Fotonové** – gama / RTG, bez náboje



Vlastnosti ionizujícího záření

Penetrace IZ různými materiály



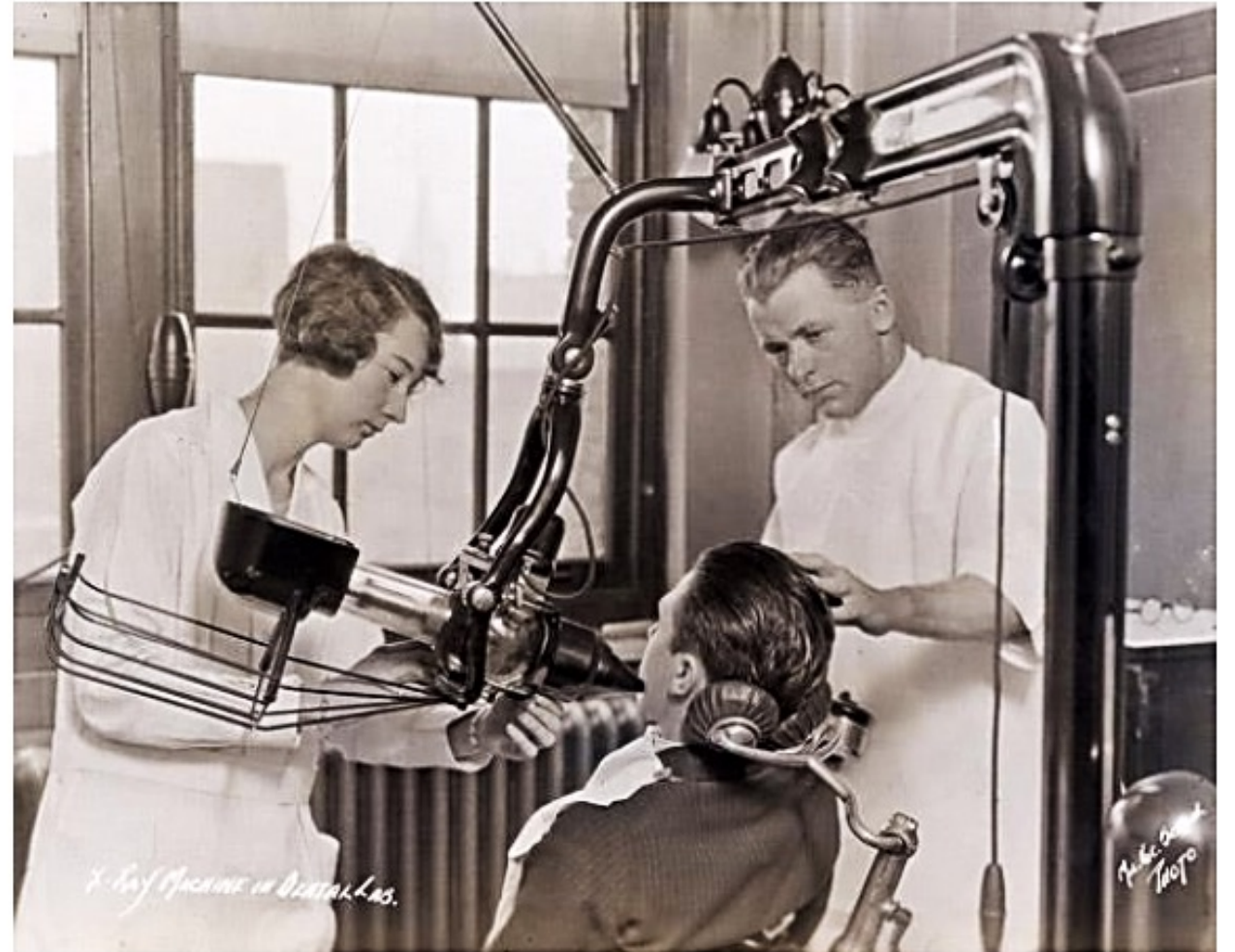
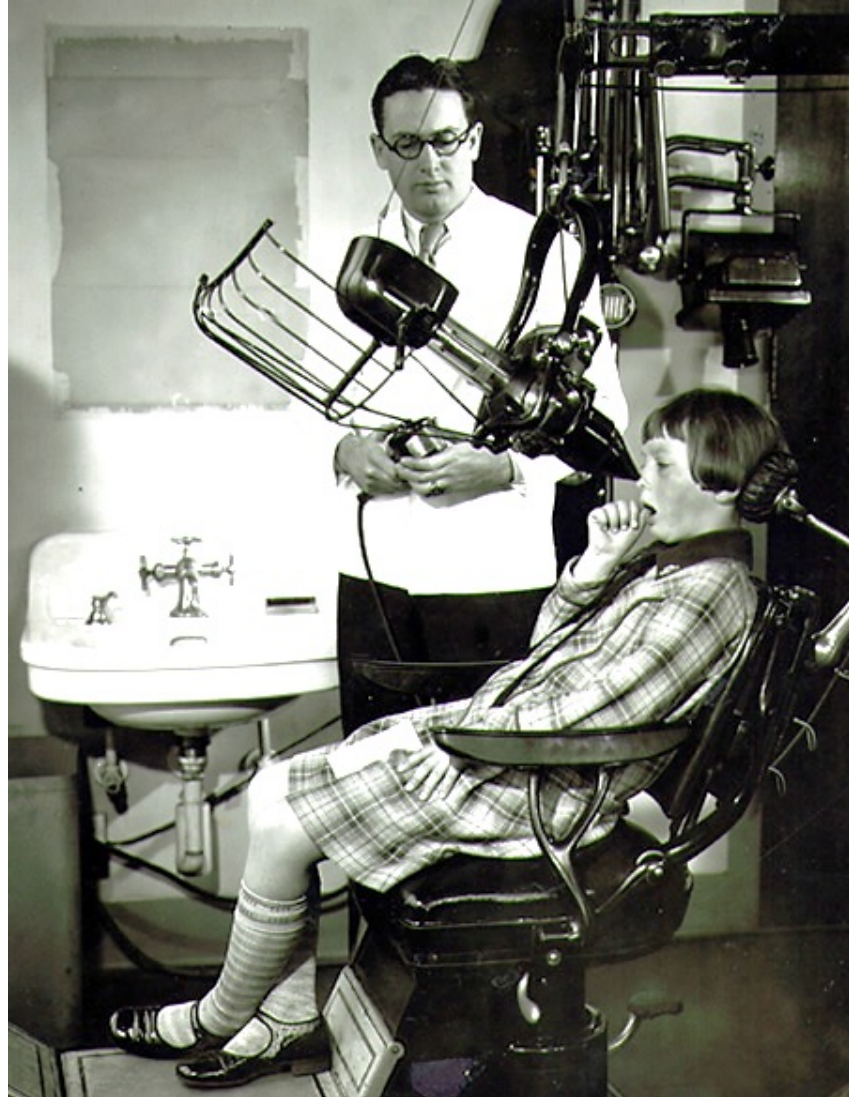
$$I = I_0 \cdot e^{-\mu d}$$

μ – součinitel zeslabení
 d – tloušťka

Zeslabení IZ pomocí Pb

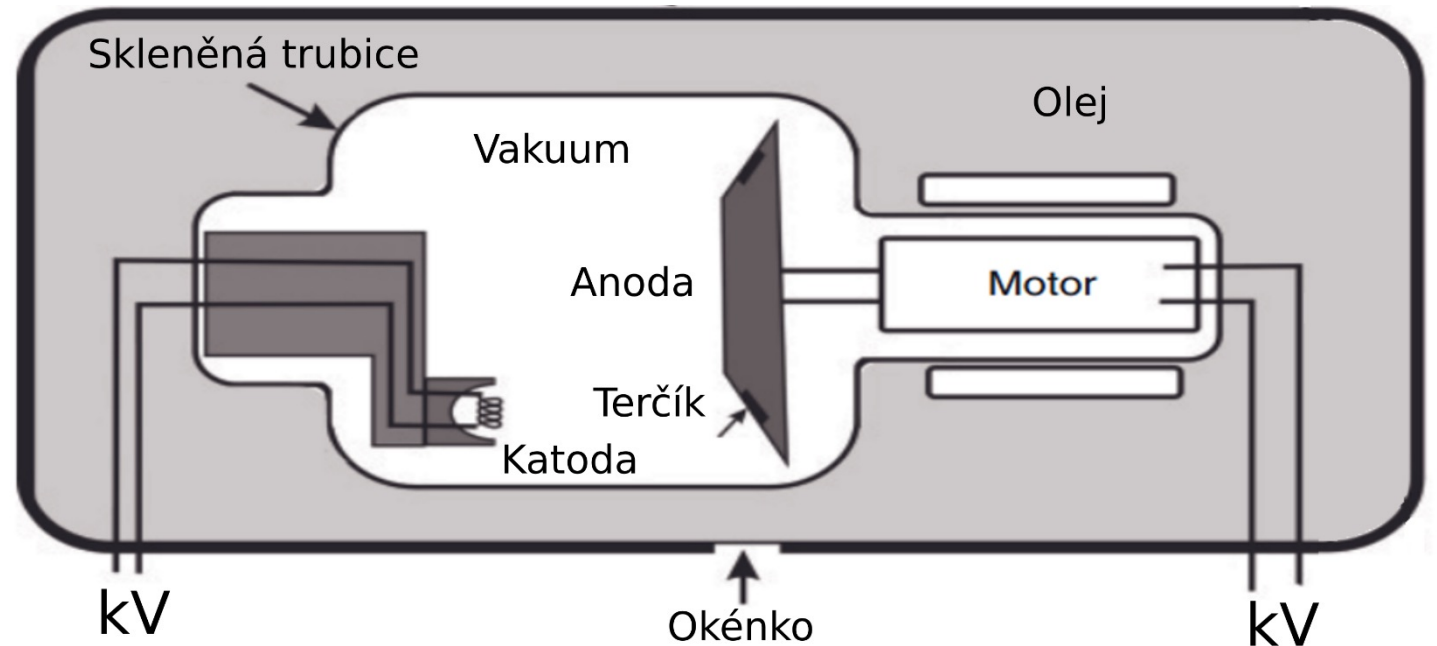
d [mm]	zeslabení
0,5	8-10 x
0,35	4-5 x
0,25	3-4 x

RTG – přístroj



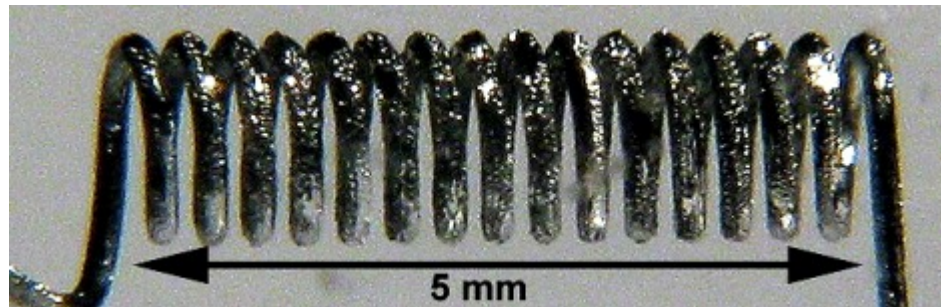
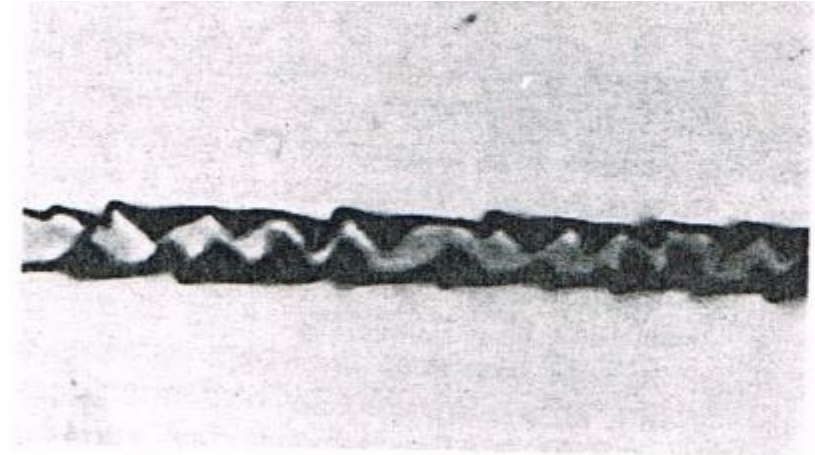
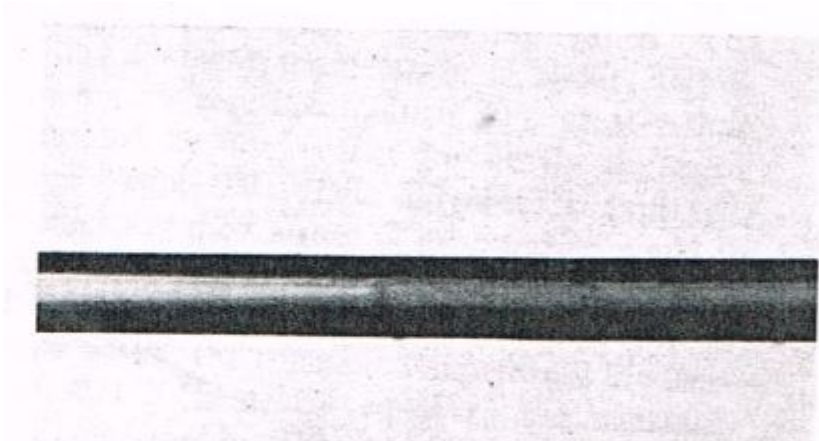
RTG – rentgenka

- Napětí mezi anodou a katodou v kV → dostatek volných e^- → brzdí/excituje e^- v anodě → vyzáření RTG (1 %) + tepelné záření
- Anoda → urychlovač e^- , otáčena rotorem – zabraňuje přehřátí
- Olej → chladí rentgenku



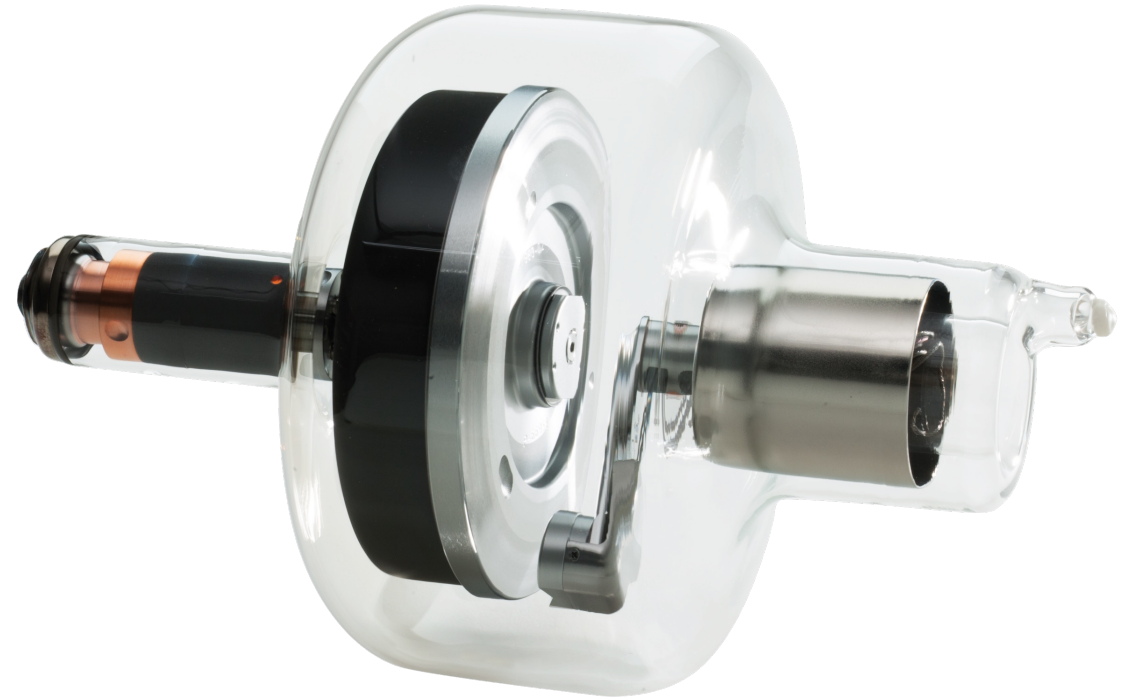
RTG – rentgenka

- Katoda, žhavicí vlákno



RTG – rentgenka

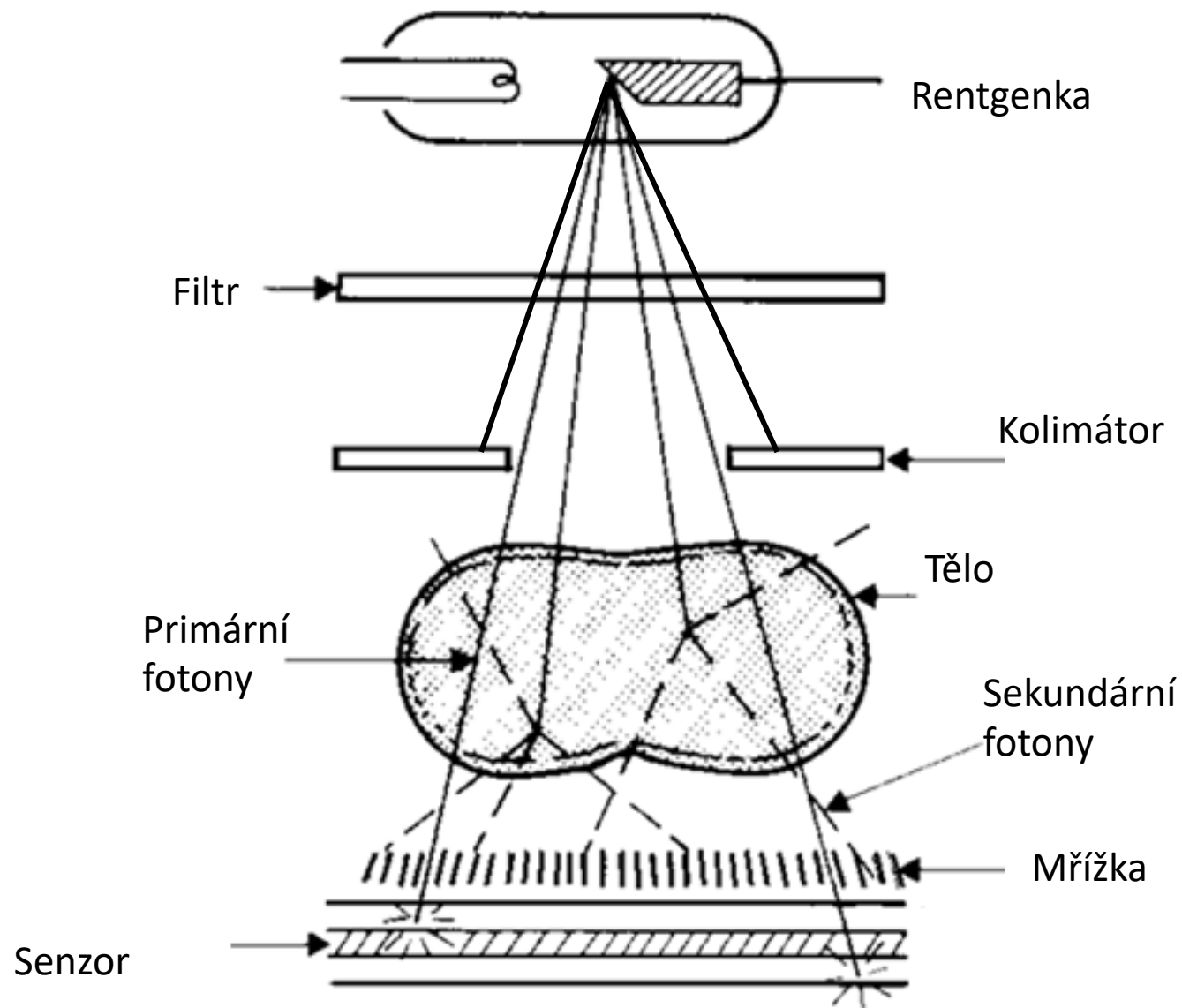
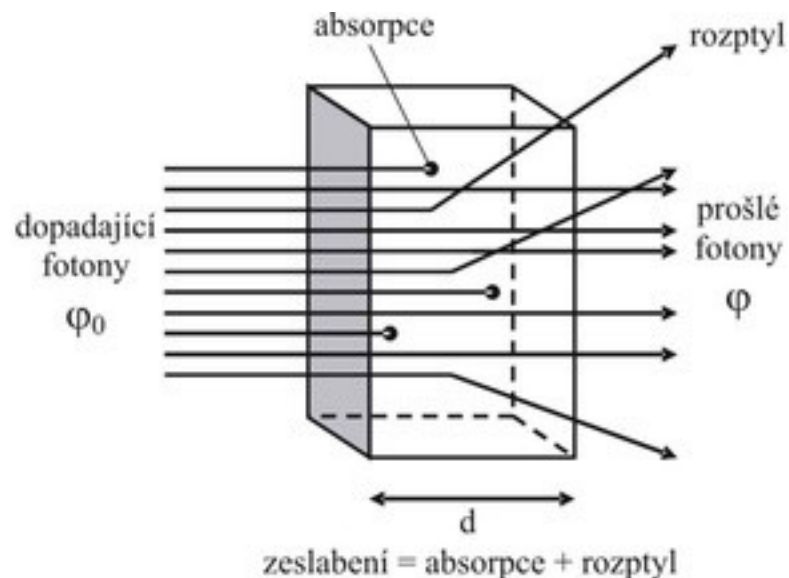
- Anoda, rotační elektroda



RTG – rentgenka

Princip zobrazení

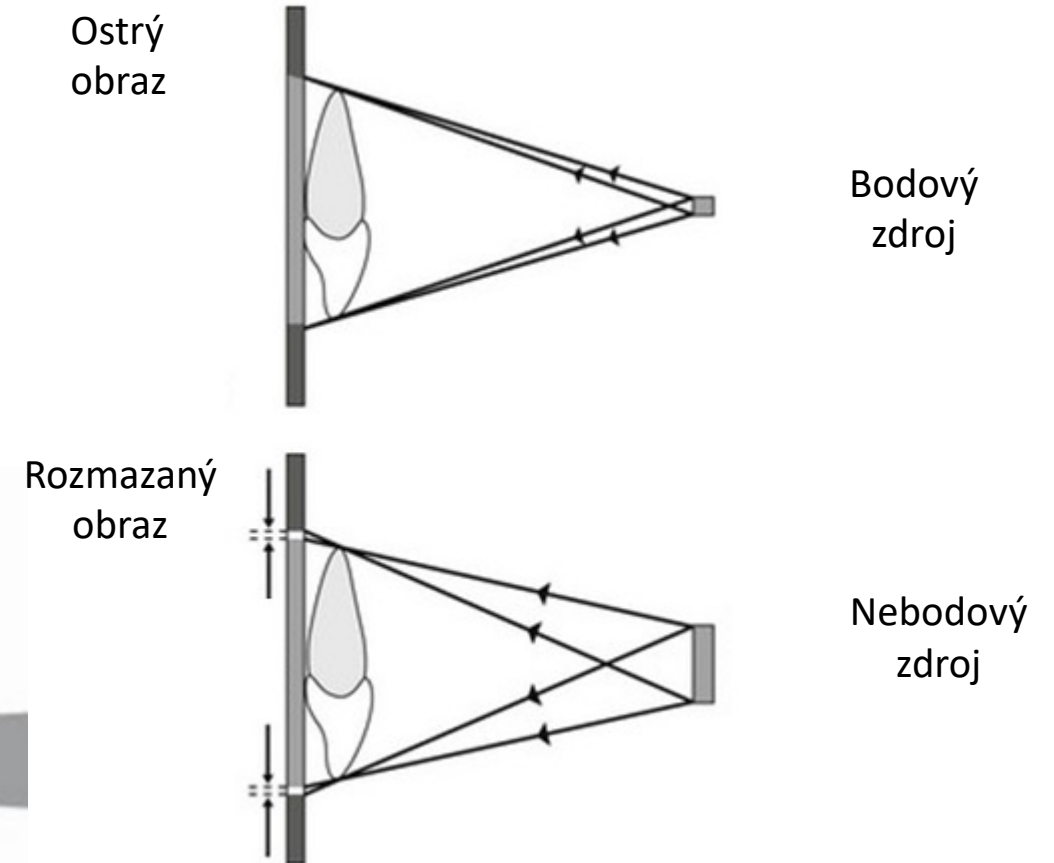
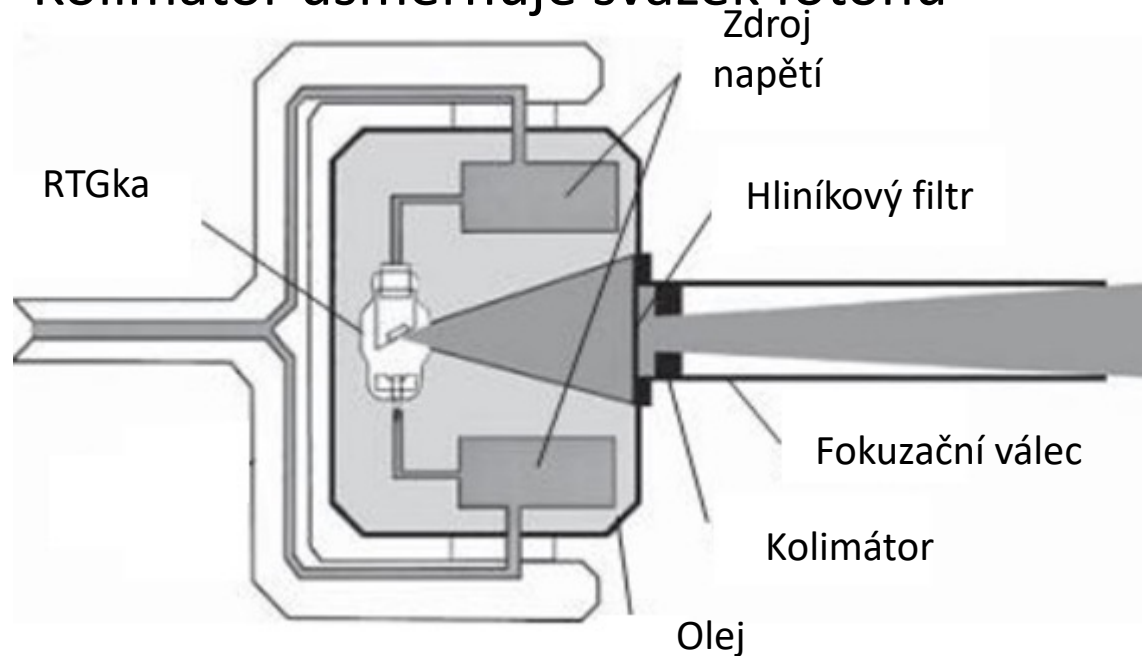
- RTG fotony interagují s tkání
- Filtr – redukuje radiační zátěž
- Kolimátor – usměrňuje paprsek
- Senzor – detekce fotonů



RTG – rentgenka

Princip zobrazení

- Uložení rentgenky v hlavě RTG přístroje
- Filtr propouští dané spektrum RTG fotonů
- Kolimátor usměrňuje svazek fotonů



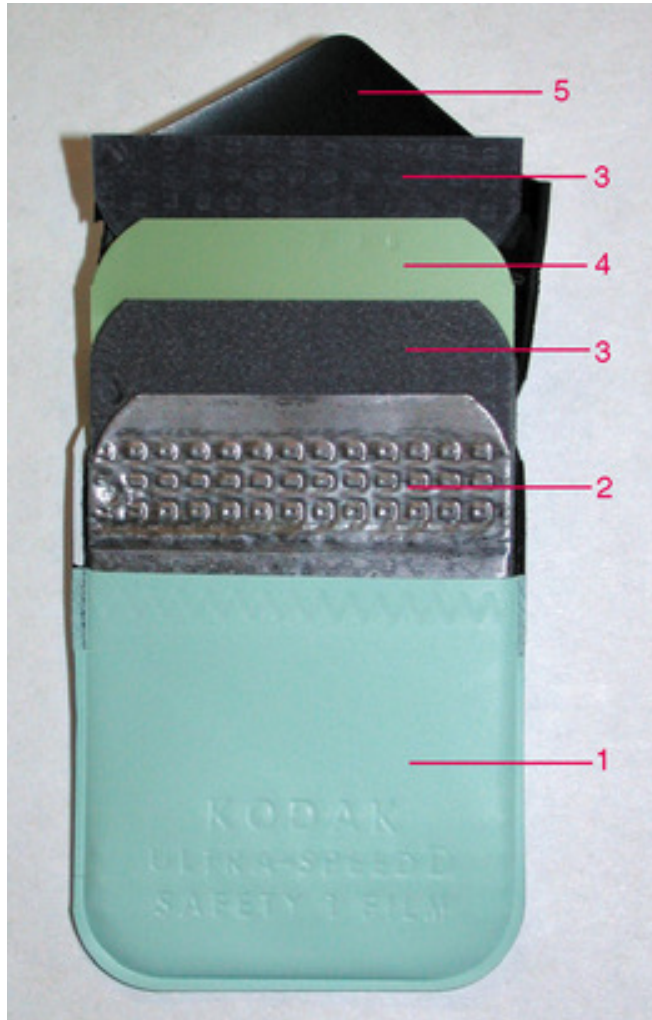
RTG – rentgenka

1, 5 – plast

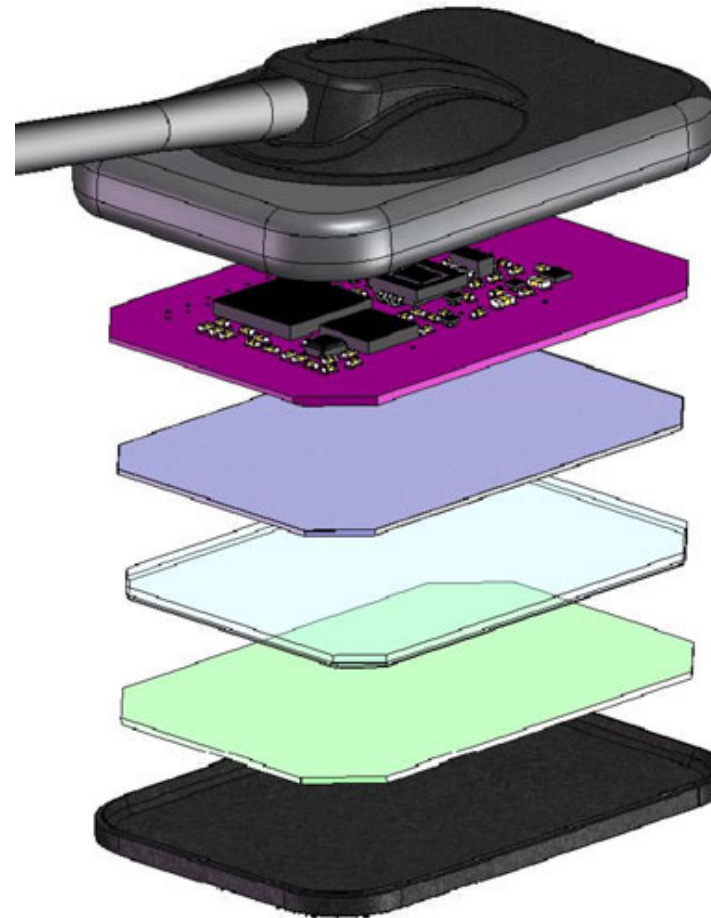
2 – kov

3 – papír

4 – film



Nepřímá digitalizace



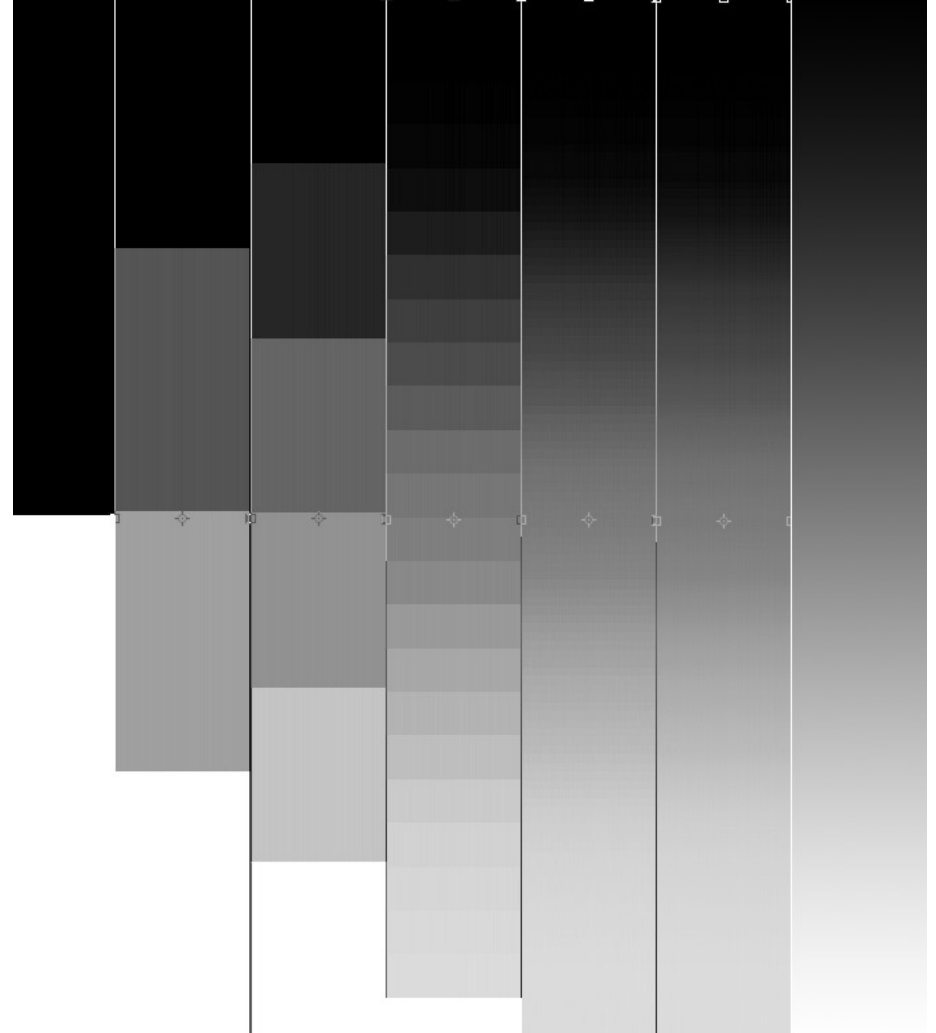
- Elektronika
- CMOS
- Optický přenos
- Scintilační vrstva
- Obal

Přímá digitalizace

RTG digitalizace

Princip zobrazení

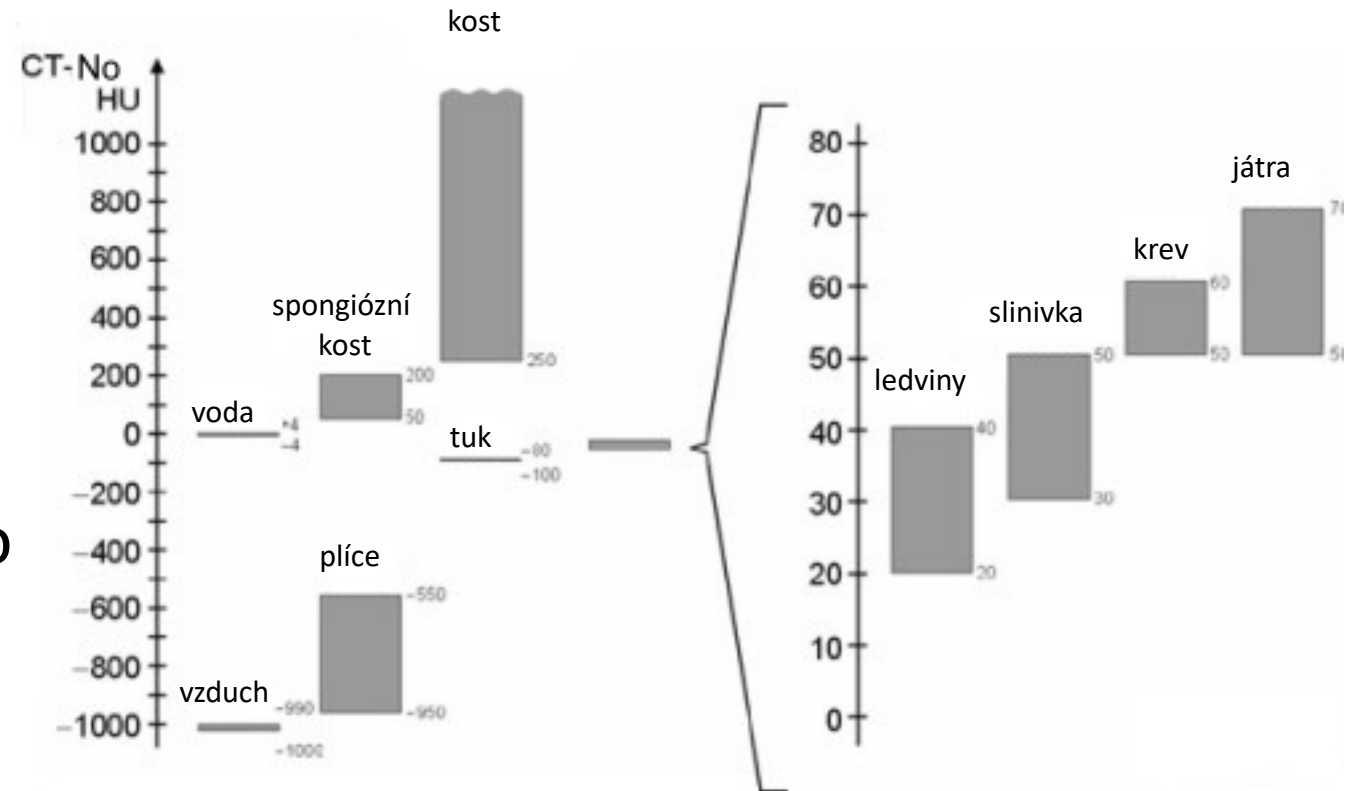
- Škálování do stupňů šedé
- Intenzita prošlého záření rozdělena do škály → 8 bitů = 256 stupňů šedi
- Zobrazovací standard DICOM
monitory → intenzita pixelů pro daný stupeň šedi



RTG digitalizace

CT zobrazení

- Rozdílná absorpce tkání
- Hounsfieldova jednotka
- přes 2000 úrovní šedi
- Nutné nastavení škály šedé pro digitální monitory
- Šířka okna W, střed okna C



Závěr

- **Ionizace** – vyražení elektronu z atomového obalu
- **Ionizující záření**
 - záření s dostatkem energie k ionizaci atomu (vyražení e^-)
 - korpuskulární – částicové (α , β , n) a fotonové – elektromagnetické (γ , RTG)
 - přímo (α , β) a nepřímo ionizující (n , γ , RTG)
- **RTG** – elektromagnetické (fotonové) IZ, vzniká v atom. obalu