

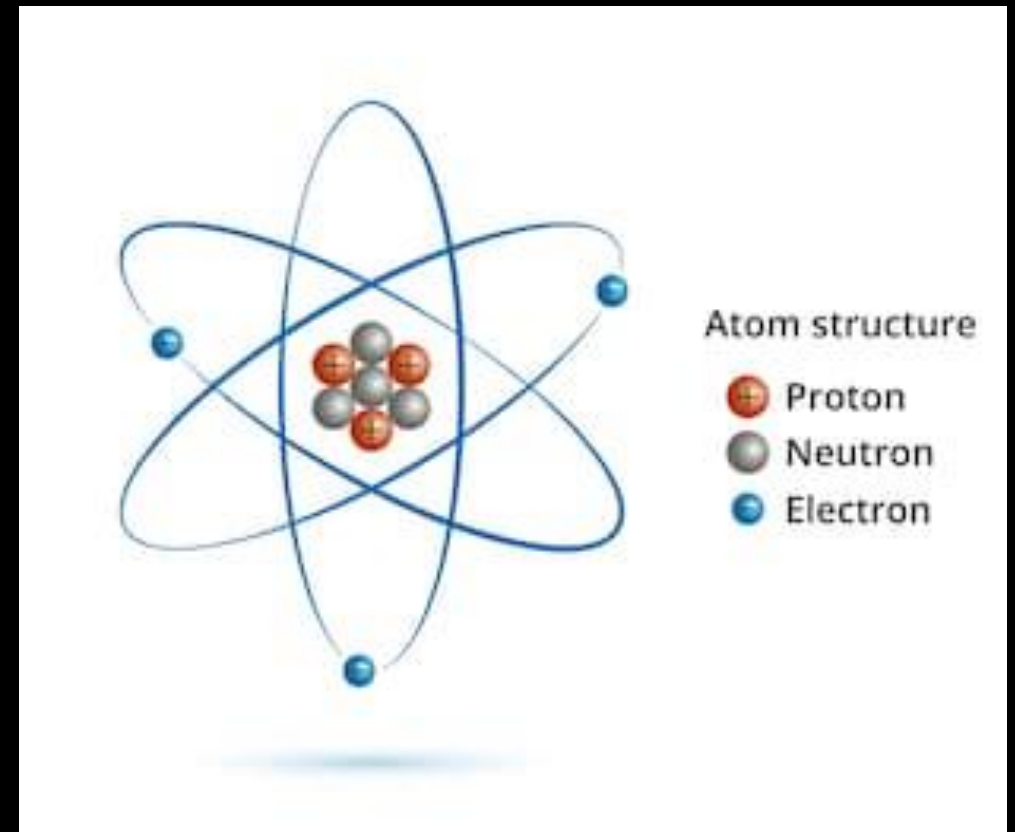
KURZ RADIACNÍ OCHRANY A DOZIMETRIE

Fyzikální část

Mgr. Ing. Marek Dostál, Ph.D.

STAVBA ATOMU

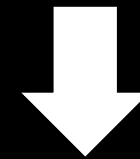
- Silná jaderná síla ($F \sim 10^{38}$, $r \sim r^{-7}$)
- Elektromagnetická ($F \sim 10^{36}$, $r \sim r^{-2}$)



RADIOAKTIVITA

- Časová nestabilita jádra atomu
- Emise částic/záření
- $^{209}_{83}\text{Bi}$ poslední stabilní prvek
- Přirozená / umělá
- Fy poločas přeměny

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$



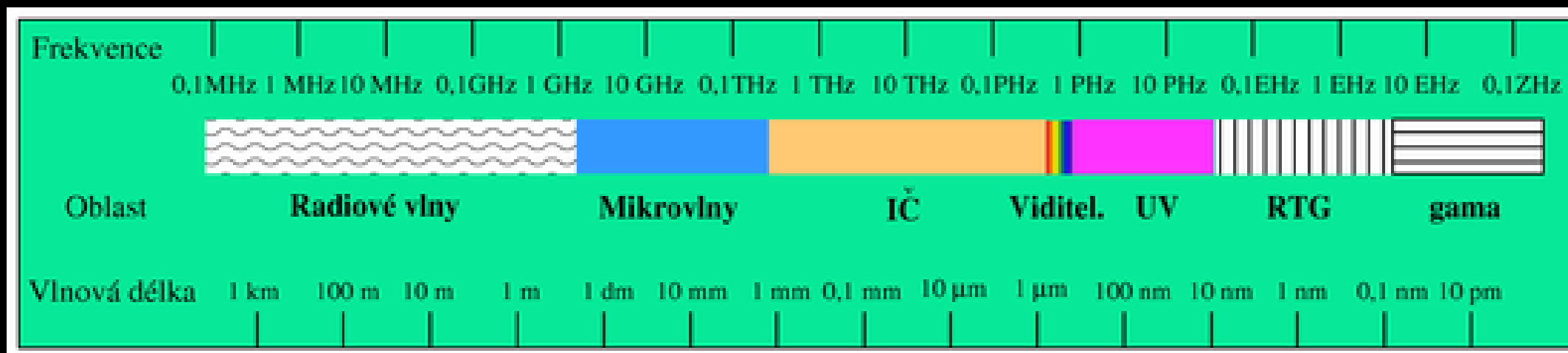
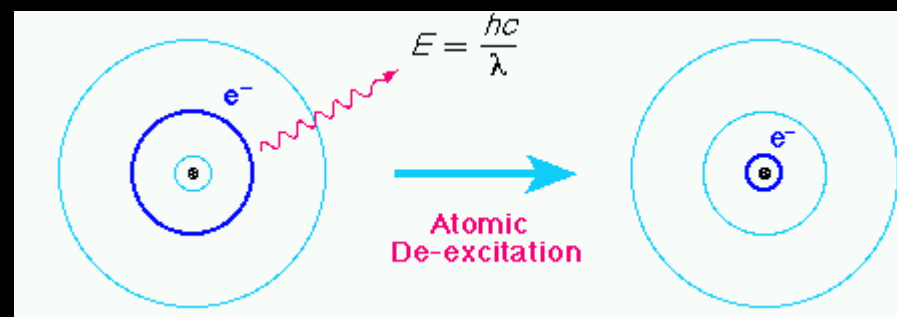
$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

IONIZUJÍCÍ ZÁŘENÍ

- Přímá IZ
 - Nabité částice
 - Dostatečná E
 - Protony
 - Elektrony
 - Pozitrony
 - Jádra prvků
- Nepřímá IZ
 - El. Neutrální
 - Ionizují sekundární částice
 - Fotony
 - Neutrony

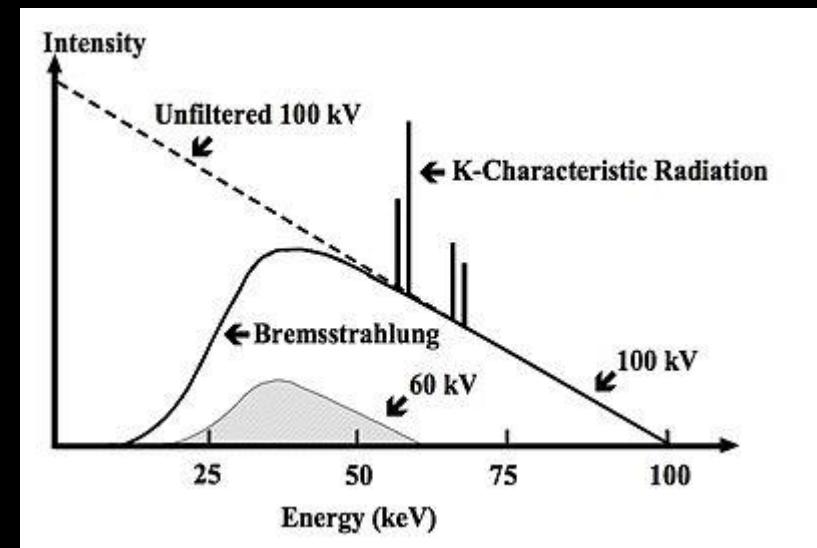
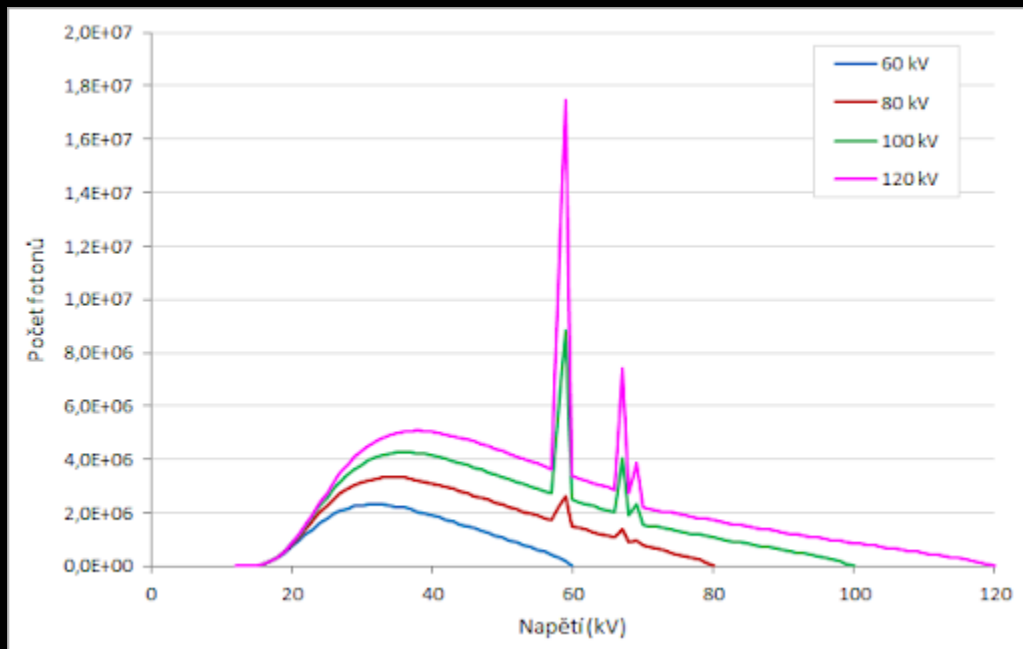
ELEKTROMAGNETICKÉ ZÁŘENÍ

- Deexcitace elektronu
- Deexcitace jádra ($Tc^m \rightarrow Tc$)
- Fotonové záření



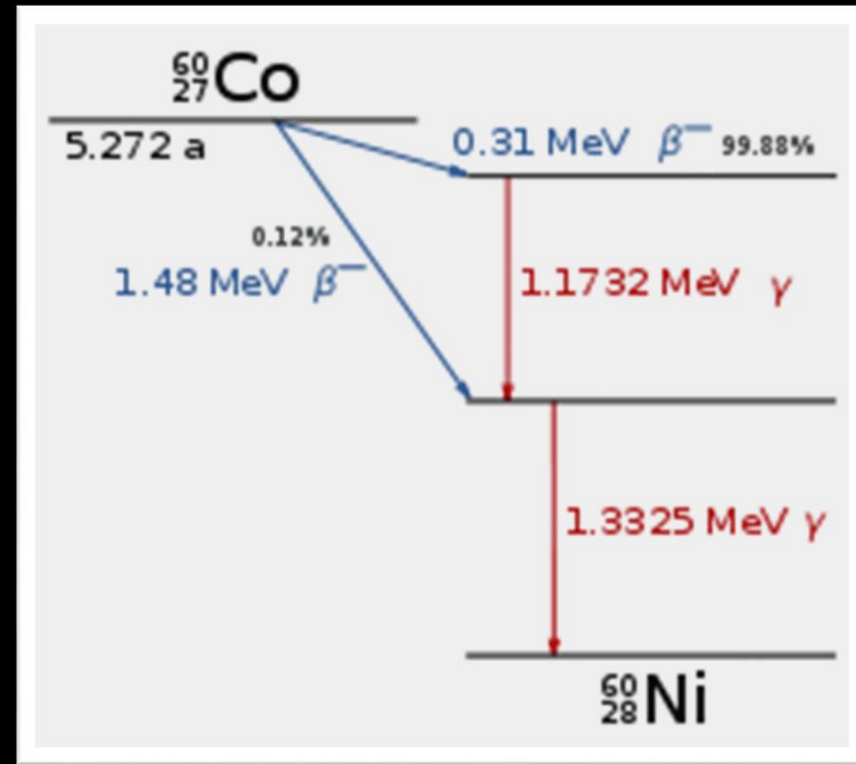
RTG ZÁŘENÍ

- Brzdné/charakteristické
- Filtrace



PŘEMĚNA γ

- Deexcitace jádra ($^{99m}\text{Tc} \rightarrow ^{99}\text{Tc}$)
- Často doprovodné záření (^{60}Co)



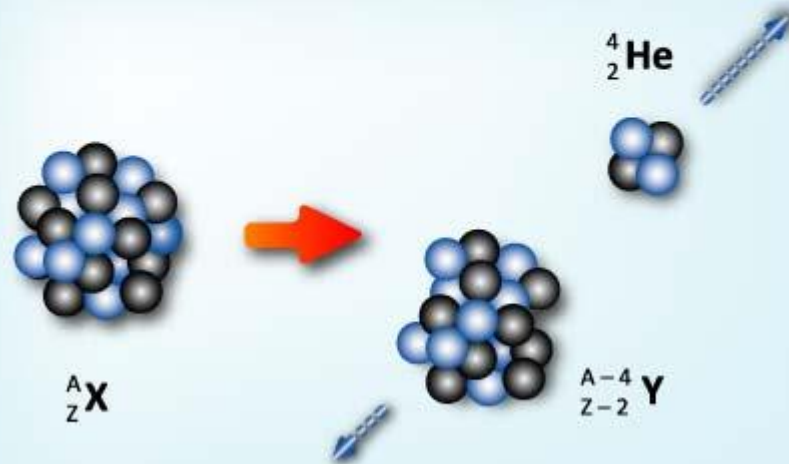
NEUTRONY

- El. Neutrální
- Dle E interakce

název		energie
chladné	pomalé	$< 0,002 \text{ eV}$
tepelné		$0,002 - 0,5 \text{ eV}$
rezonanční		$0,5 - 1000 \text{ eV}$
středních energií		$1 - 500 \text{ keV}$
rychlé		$0,5 - 10 \text{ MeV}$
vysokých energií		$10 - 50 \text{ MeV}$
velmi vysokých energií		$> 50 \text{ MeV}$

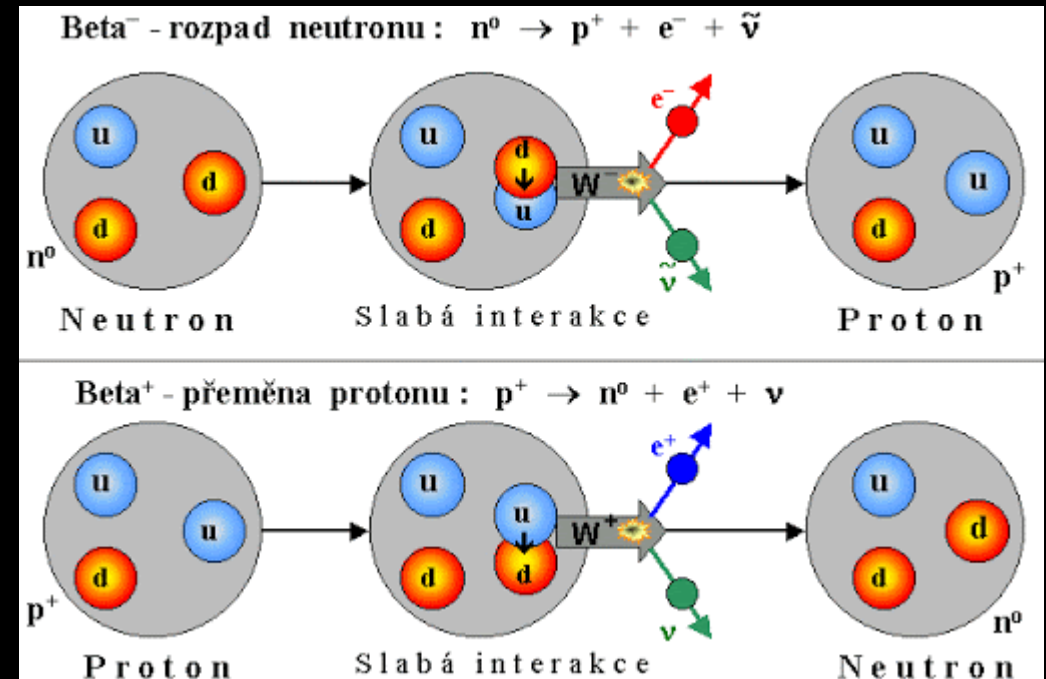
PŘEMĚNA α

- El. Nabité $2+$
- Těžké
- Rychlá ztráta $E >$ vysoká ionizace
- Vnější ozáření abs. v kůži
- Vnitřní kontaminace $>$ horší
- Dráha rel. přímá



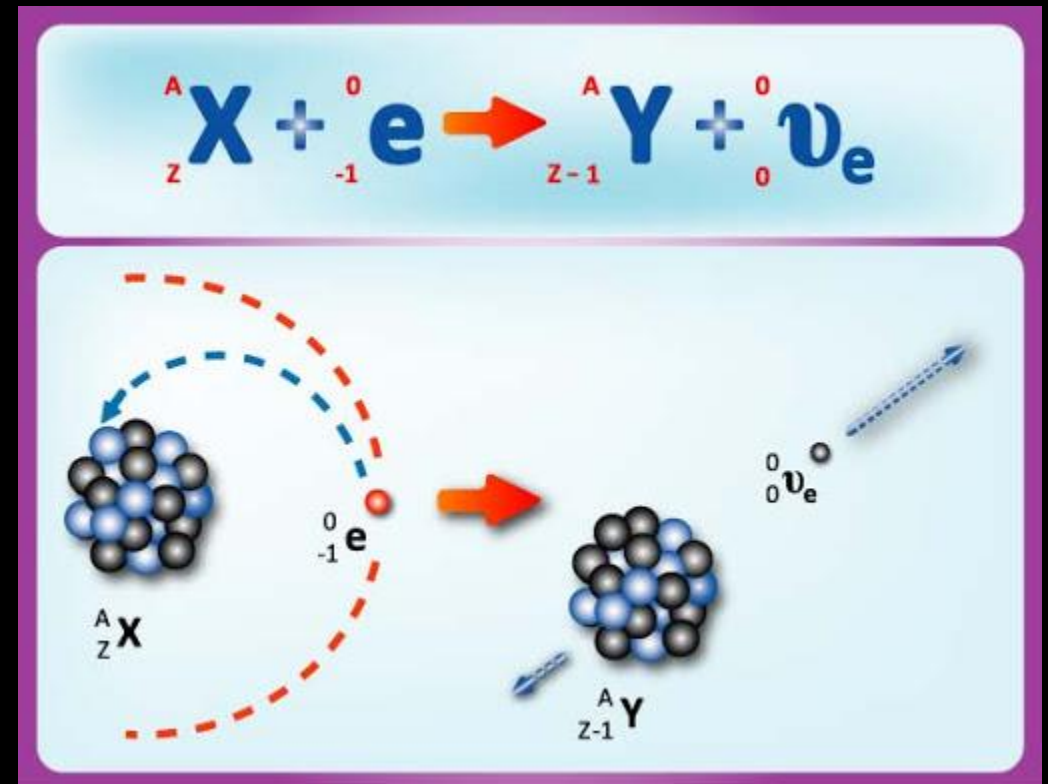
PŘEMĚNA β

- 2 varianty + a –
- Spojité spektrum
- Velmi klikatá dráha



ELEKTRONOVÝ ZÁCHYT

- Elektron z nízké vrstvy zachycen jádrem
- Konkurenční děj k beta +
- Doprovázen emisí fotonu či Augerova e^-

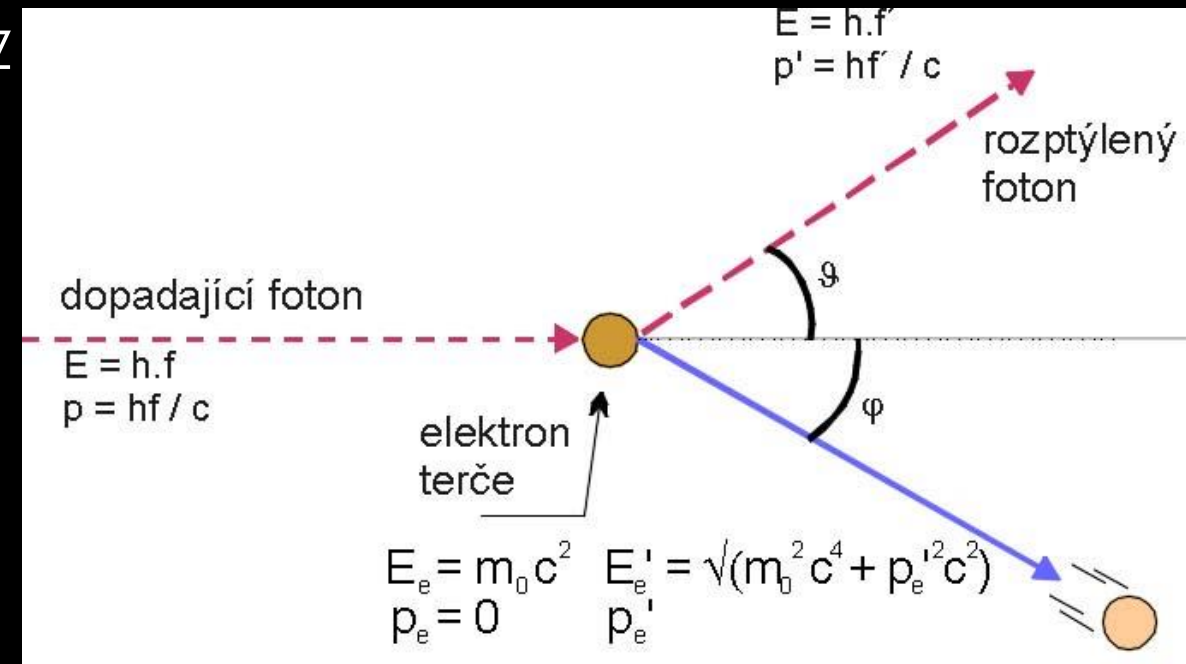


INTERAKCE

- Fotoelektrický jev
 - Celá E fotonu předána elektronu z vnitřní vrstvy
 - Elektron opouští obal
 - Převažuje u nižších E a látek s větším Z

INTERAKKCE

- Comptonův rozptyl
 - Část E fotonu předána elektronu z vnější vrstvy
 - Elektron opouští obal
 - Foton změní vlnovou délku a směr letu
 - Převažuje u středních E a látek s nízkým Z
 - Zákon zachování E
 - Zákon zachování p



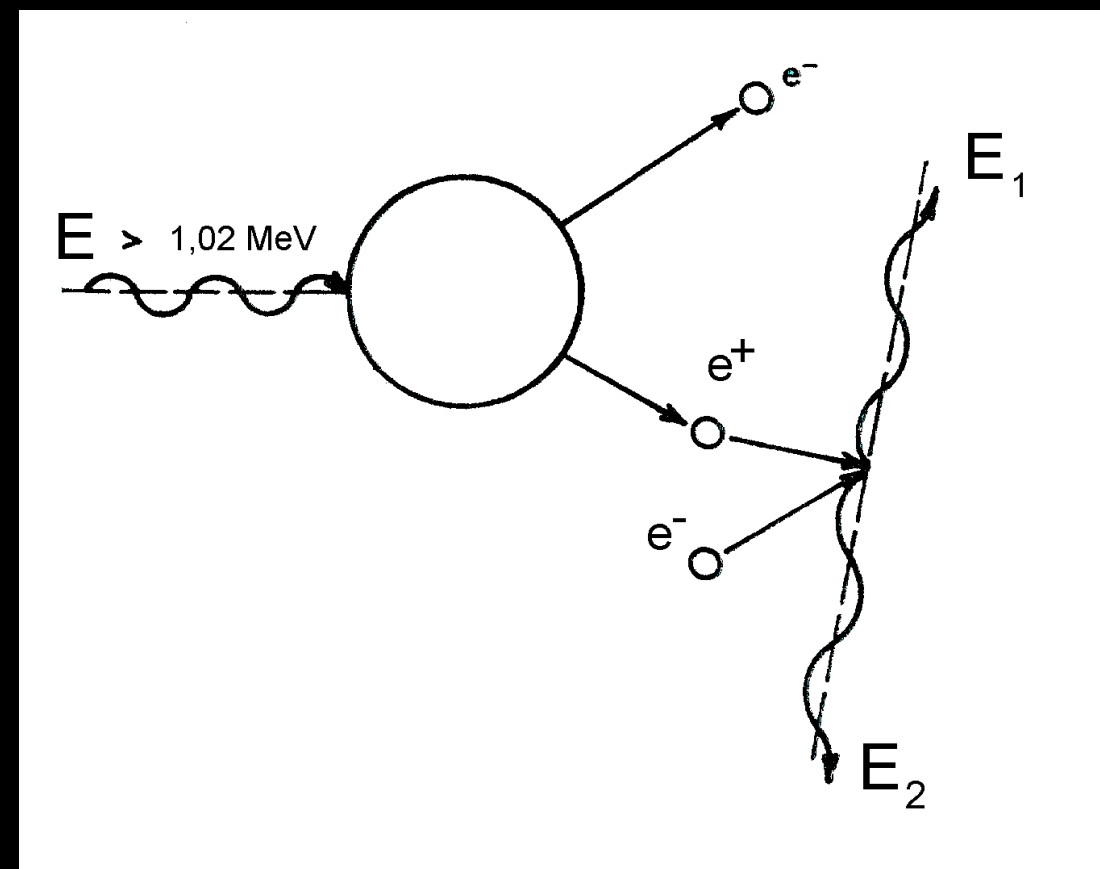
INTERAKCE

- Anihilace
 - Hmota s antihmotou
 - Hmota zaniká dle $E = mc^2$
 - 2 fotony s opačným směrem

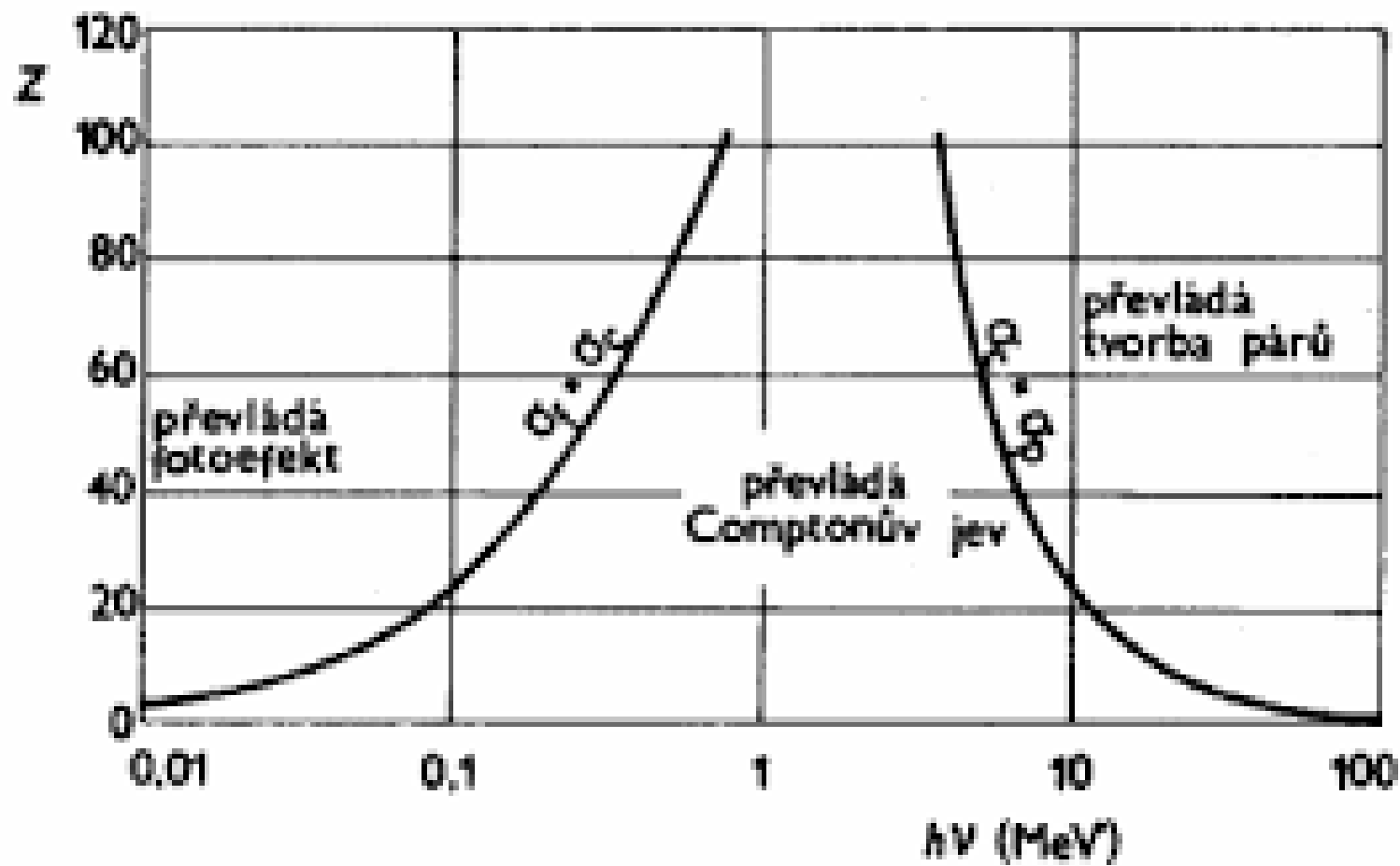


INTERAKCE

- Tvorba el-poz páru
 - Hraniční $E = 1,02 \text{ MeV}$
 - Foton zaniká a vzniká hmota
 - „Opak“ anihilace



INTERAKCE



VELIČINY

- Aktivita
- Počet jaderných přeměn za sekundu
- Variace:
 - Hmotnostní aktivita
 - Plošná aktivita
 - Objemová aktivita

$$A = \frac{dN}{dt}$$

$$[A] = Bq = s^{-1}$$

$$A = A_0 e^{-\lambda t}$$

VELIČINY

- Fluence částic
- Podíl počtu částic které dopadly v daném bodě prostoru na malou kouli o obsahu jejího příčného řezu A
- Obdobné:
 - Příkon fluence částic
 - Radiance částic
 - Fluence energie
 - Příkon fluence energie
 - Radiance energie

$$\phi = \frac{dN}{da}$$

$$[\phi] = m^{-2}$$

VELIČINY

- Účinný průřez
- Podíl pravděpodobnosti P že nastane interakce vyvolaná dopadem ne/nabitých částic určitého druhu, energie a fluence ϕ

$$\sigma = \frac{P}{\phi}$$

$$[\phi] = m^2$$

VELIČINY

- Lineární součinitel zeslabení
- J = hustota proudu částic pohybujících se ve směru rovnoběžném se směrem osy x

$$\mu = -\frac{1}{J} \frac{dJ}{dx}$$

$$[\mu] = m^{-1}$$

$$J = J_0 e^{-\mu x}$$

$$\mu_{fotony} = \frac{N_A \rho}{M} (\sigma_{foto} + \sigma_{Comp} + \sigma_{el-poz} + \dots)$$

$$d_{1/2} = \frac{\ln 2}{\mu}$$

VELIČINY

- Lineární přenos energie (LET)
- Podíl energie předané v daném místě nabitou částicí látce při průchodu po krátké dráze a této dráhy
- Protóny, alfa > vysoké LET
- Elektrony > nízké LET

$$L = \frac{dE}{dx}$$

VELIČINY

- Dávka
- Podíl střední sdělené energie předané IZ látky a hmotnosti této látky
- Dávkový příkon
 - Přírůstek dávky za čas

$$D = \frac{d\bar{\epsilon}}{dm}$$

$$[D] = Gy = J \cdot kg^{-1}$$

$$P_D = \frac{dD}{dt}$$

$$[P_D] = Gy \cdot s^{-1}$$

VELIČINY

- Kerma
- Podíl součtu počátečních kinetických energií všech nabitých částic, uvolněných nenabitými částicemi v látce a hmotnosti této látky
- Kermový příkon
 - Přírůstek kermy za čas

$$K = \frac{dE_k}{dm}$$

$$[K] = Gy = J \cdot kg^{-1}$$

$$P_K = \frac{dK}{dt}$$

$$[P_K] = Gy \cdot s^{-1}$$

VELIČINY

- Expozice
- Podíl celkového náboje iontů stejného znaménka vzniklých v objemu vzduchu při úplném zabrzdění všech elektronů a pozitronů, které byly uvolněny fotony RTG nebo gama a hmotnosti vzduchu v tomto objemu
- Expoziční příkon
 - Přírůstek expozice za čas

$$X = \frac{dQ}{dm}$$

$$[X] = C \cdot kg^{-1}$$

$$P_X = \frac{dX}{dt}$$

$$[P_X] = C \cdot kg^{-1} \cdot s^{-1}$$

VELIČINY

- Relativní biologická účinnost
- Poměr dávek dvou druhů záření potřebných k vyvolání téhož stupně biologického účinku
- Reference $E_{\text{RTG}}=200$ keV nebo gama záření ^{60}C či ^{137}Cs .

VELIČINY

- Dávkový ekvivalent
- Q = jakostní činitel
- Q je závislé na LET (ICRP 60)

$$H = D \cdot Q$$

$$[H] = Sv = J \cdot kg^{-1}$$

VELIČINY

- Efektivní dávkový ekvivalent
- w_T = váhový činitel tkáně T

$$H_E = \sum_T w_T H_T$$

$$[H_E] = Sv = J \cdot kg^{-1}$$

VELIČINY

- Ekvivalentní dávka
- w_R = radiační váhový faktor záření R (ICRP 103)
- $D_{T,R}$ = absorbovaná dávka v tkáni T od záření R

- Ekvivalentní dávka má nahradit dávkový ekvivalent

$$H_T = \sum_R w_R D_{T,R}$$

$$[H_T] = Sv = J \cdot kg^{-1}$$

VELIČINY

- Efektivní dávka
- w_T = tkáňový váhový faktor (ICRP 103)
- H_T = ekvivalentní dávka v tkáni T
- Efektivní dávka má nahradit efektivní dávkový ekvivalent
- Nezahrnuje další faktory ovlivňující stochastické účinky (distribuce dávky v čase...)

$$E = \sum_T w_T H_T$$

$$[E] = Sv = J \cdot kg^{-1}$$

VELIČINY

- Vnitřní ozáření
- Úvazek ekvivalentní dávky

- Úvazek efektivní dávky
 - $\tau = 50$ resp. 70 let pro dospělé resp. Děti, není-li uvedeno jinak

$$H_{C,T}(\tau) = \int_0^{\tau} P_{HT}(t) dt$$

$$[H] = Sv = J \cdot kg^{-1}$$

$$E_C(\tau) = \int_0^{\tau} P_{EC}(t) dt$$

$$[E] = Sv = J \cdot kg^{-1}$$

ZDROJE NIZ A IZ

- NIZ

- Optické záření
- Ultrazvuk
- Radiové vlnění

- IZ

- Diagnostické
- Nukleární medicína
- Terapie

ZDROJE NIZ

- Optické záření – UV
 - UV-A,B,C (380 – 320, 320 – 280, 280 – 100 nm)
 - Zdroje Slunce, výbojky plněné rtuťí, laser
 - UV-A,B neionizující, UV-C už ionizační účinky
 - Užití:
 - Spektrofotometrie, biochemie, analýza materiálů, sterilizace, terapie

ZDROJE NIZ

- Optické záření – VIS
 - (380 – 760 nm)
 - Zdroje Slunce, teplá tělesa, laser, diody, luminiscence
 - Užití:
 - Spektroskopie, mikroskopie, fototerapie, regenerace, prokrvení

ZDROJE NIZ

- Optické záření – IR
 - (760 – 10000 nm)
 - Zdroje Slunce, teplá tělesa, laser, diody
 - Užití:
 - Spektroskopie, terapie, prohřívání, prokrvení

ZDROJE NIZ

- Radiové vlnění
 - (1 – 10 m)
 - Zdroje radiové a TV vysílače, radiofrekvenční cívky
 - Užití:
 - Telekomunikace, MR zobrazování, MR spektroskopie

ZDROJE NIZ

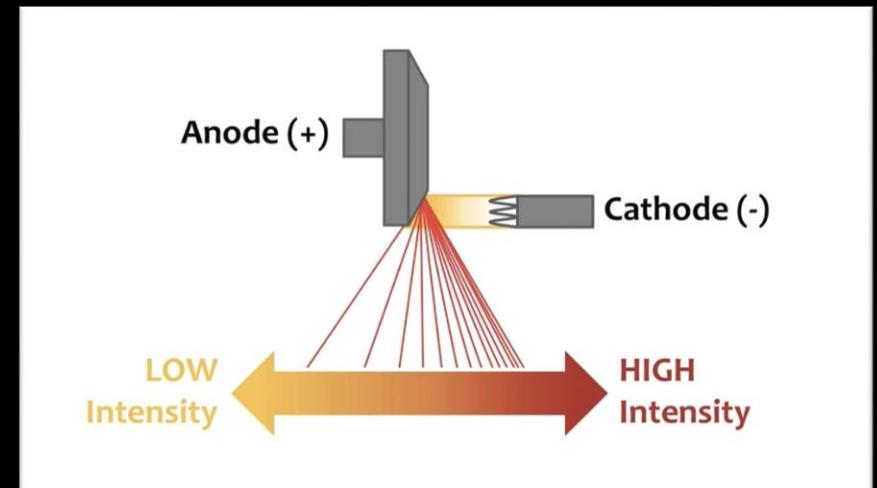
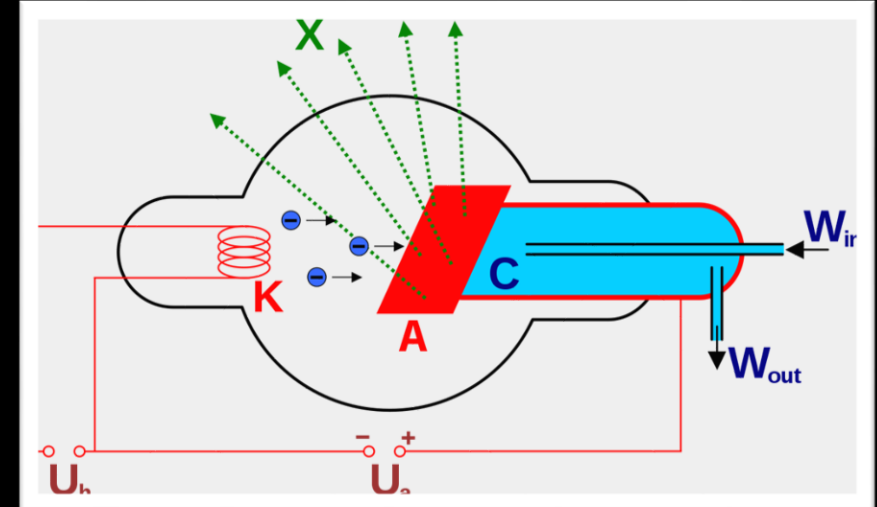
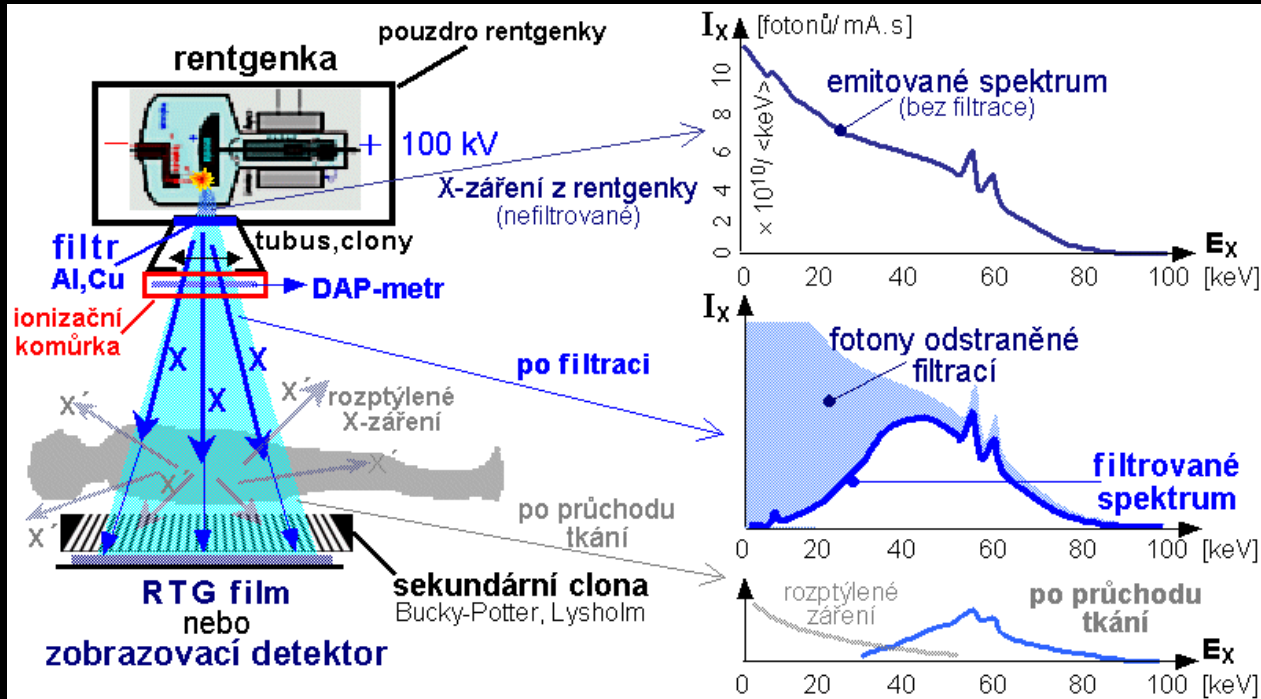
- Mechanické vlnění – UZ
 - (> 20 kHz)
 - Zdroje mechanické, piezoelektrický jev
 - Užití:
 - Diagnostika, litotrypse, echolokace, čištění

ZDROJE IZ

- Diagnostika
 - (20 – 160 keV)
 - Zdroje rentgenka
 - Užití: Skiografie, skiaskopie, mamografie, CT ...

ZDROJE IZ

- Diagnostika - rentgenka

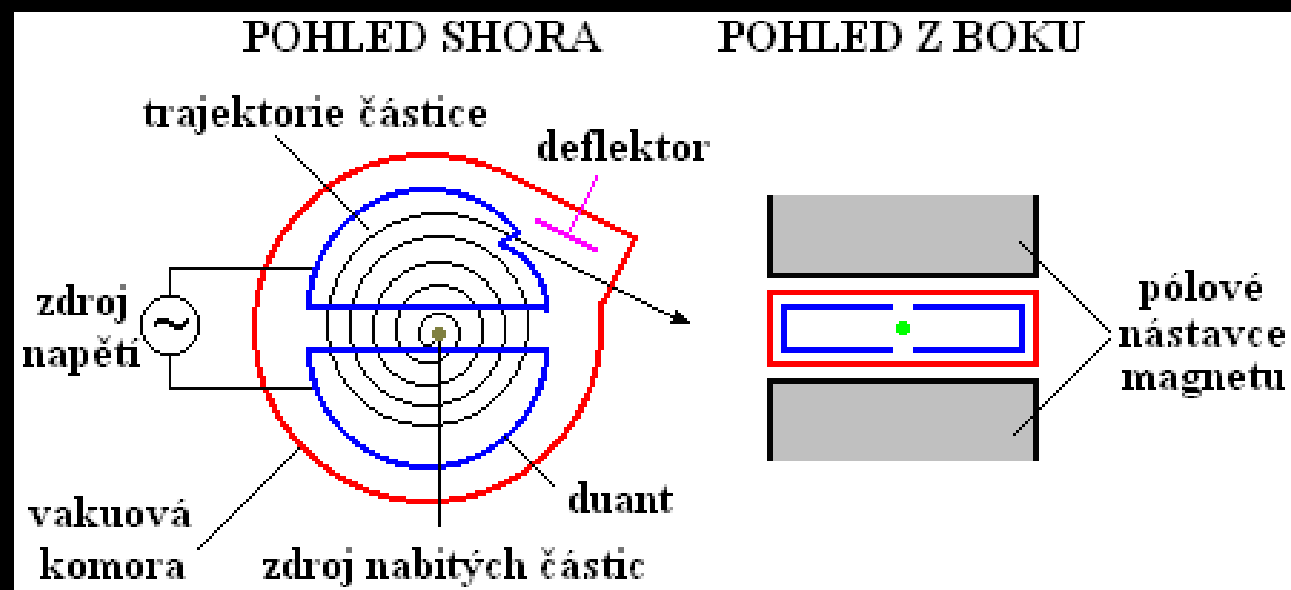


ZDROJE IZ

- Nukleární medicína
 - Rozpadová řada
 - Typy přeměn
 - Poločasy rozpadů
 - Energie IZ
 - Navázání na nosič
 - ^{99m}Tc , ^{123}I , ^{131}I ...

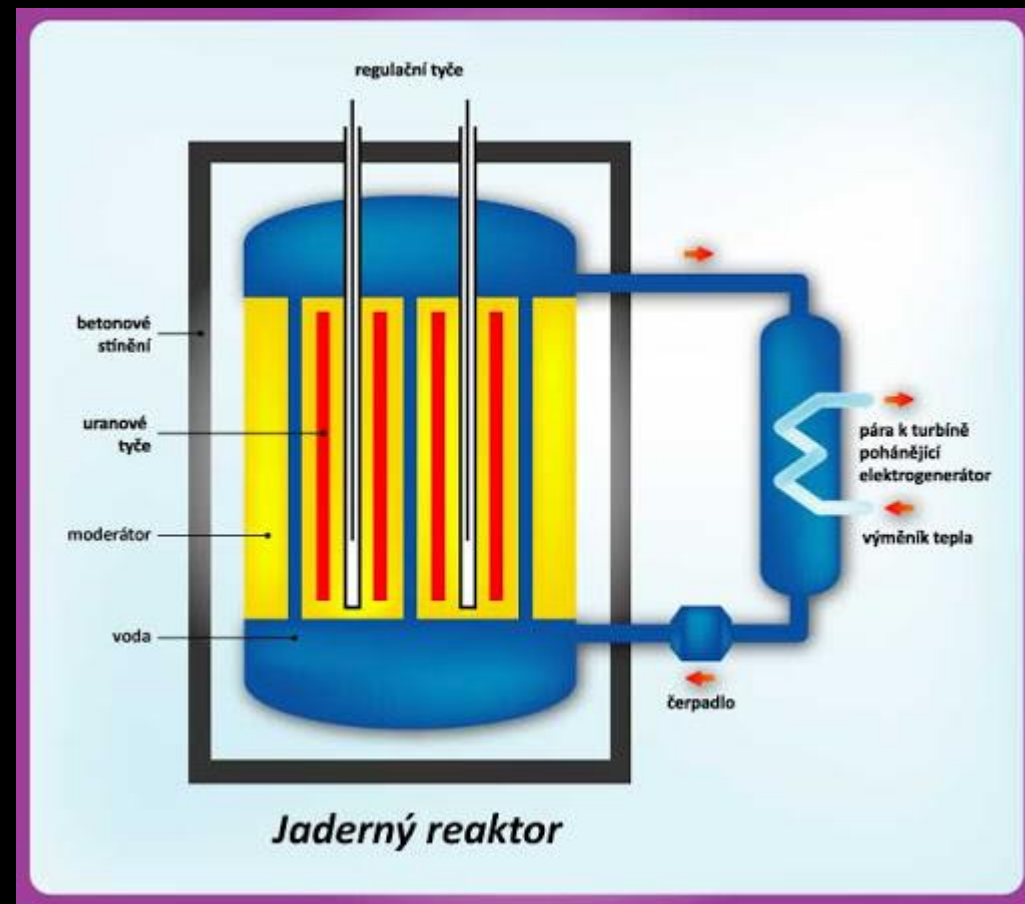
ZDROJE IZ

- Nukleární medicína
 - Cyklotron
 - Obvykle e^- záchyt nebo β^+
 - ^{67}Ga (e^-), ^{81}Ru (e^-,β^+), ^{123}I (e^-)
 - ^{11}C , ^{15}O , ^{18}F (β^+)



ZDROJE IZ

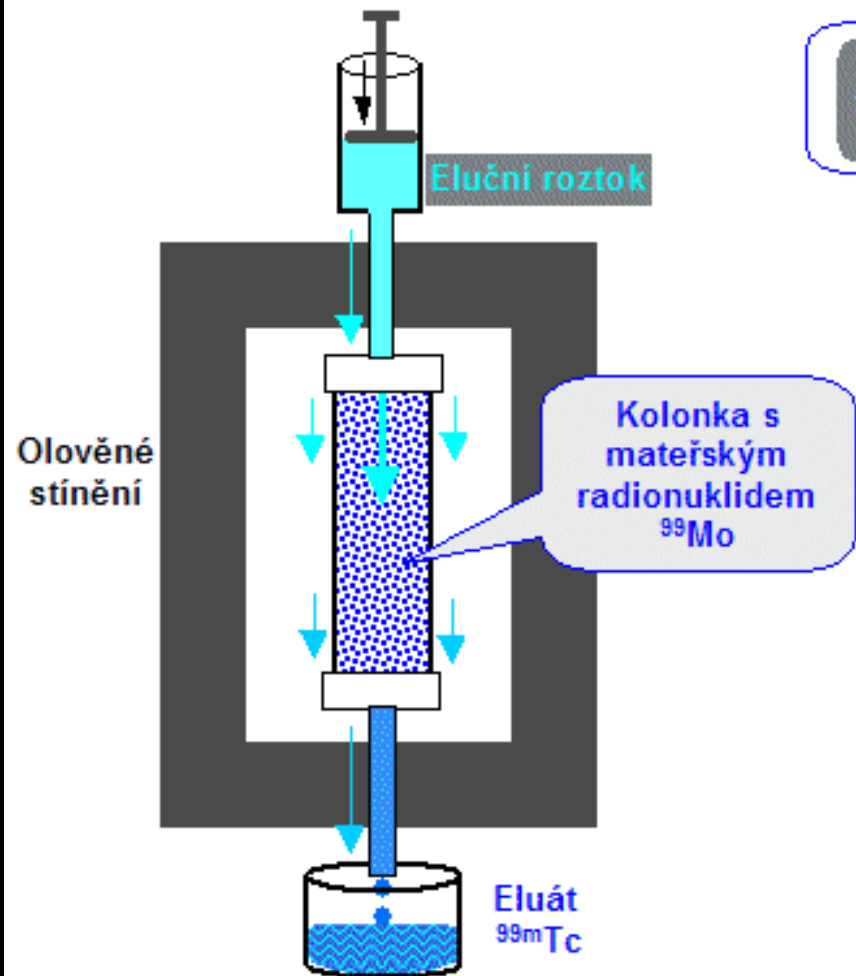
- Nukleární medicína
 - Reaktor
 - Obvykle β^- , produkty ^{235}U
 - ^{131}I , ^{99}Mo , ^{137}Cs
 - Vhodná separace



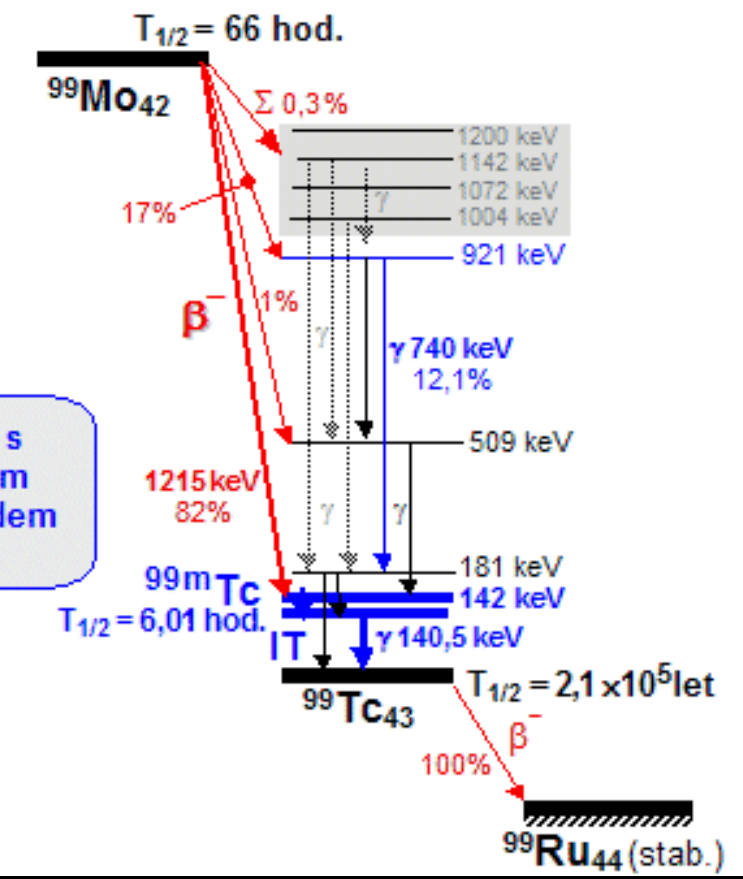
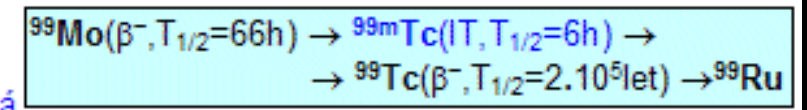
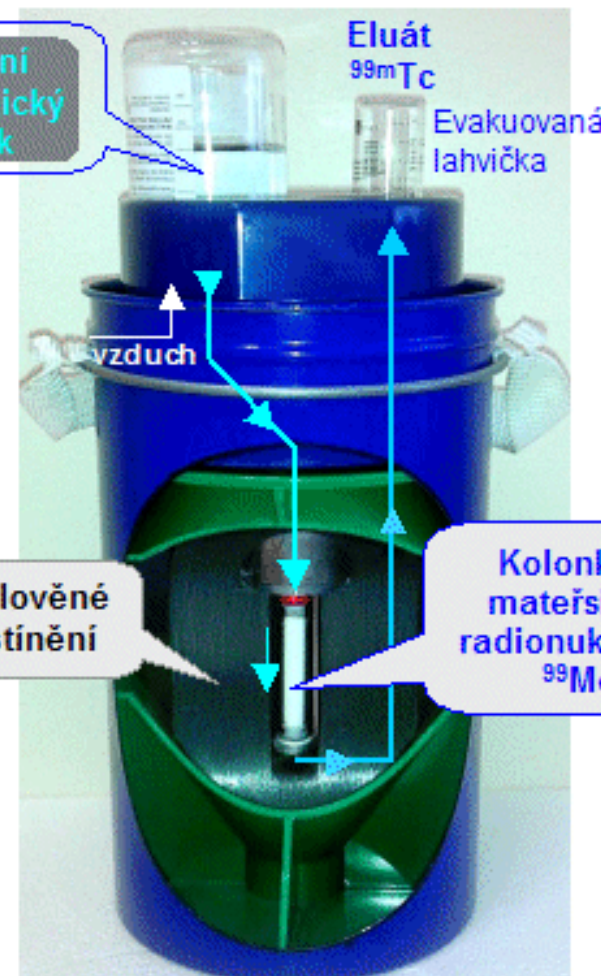
ZDROJE IZ

- Nukleární medicína
 - Generátory
 - Pro zjednodušení přípravy
 - $^{99}\text{Mo} - ^{99\text{m}}\text{Tc}$
 - $^{68}\text{Ge} - ^{68}\text{Ga}$
 - $^{90}\text{Sc} - ^{90}\text{Y}$
 - $^{81}\text{Rb} - ^{81\text{m}}\text{Kr}$

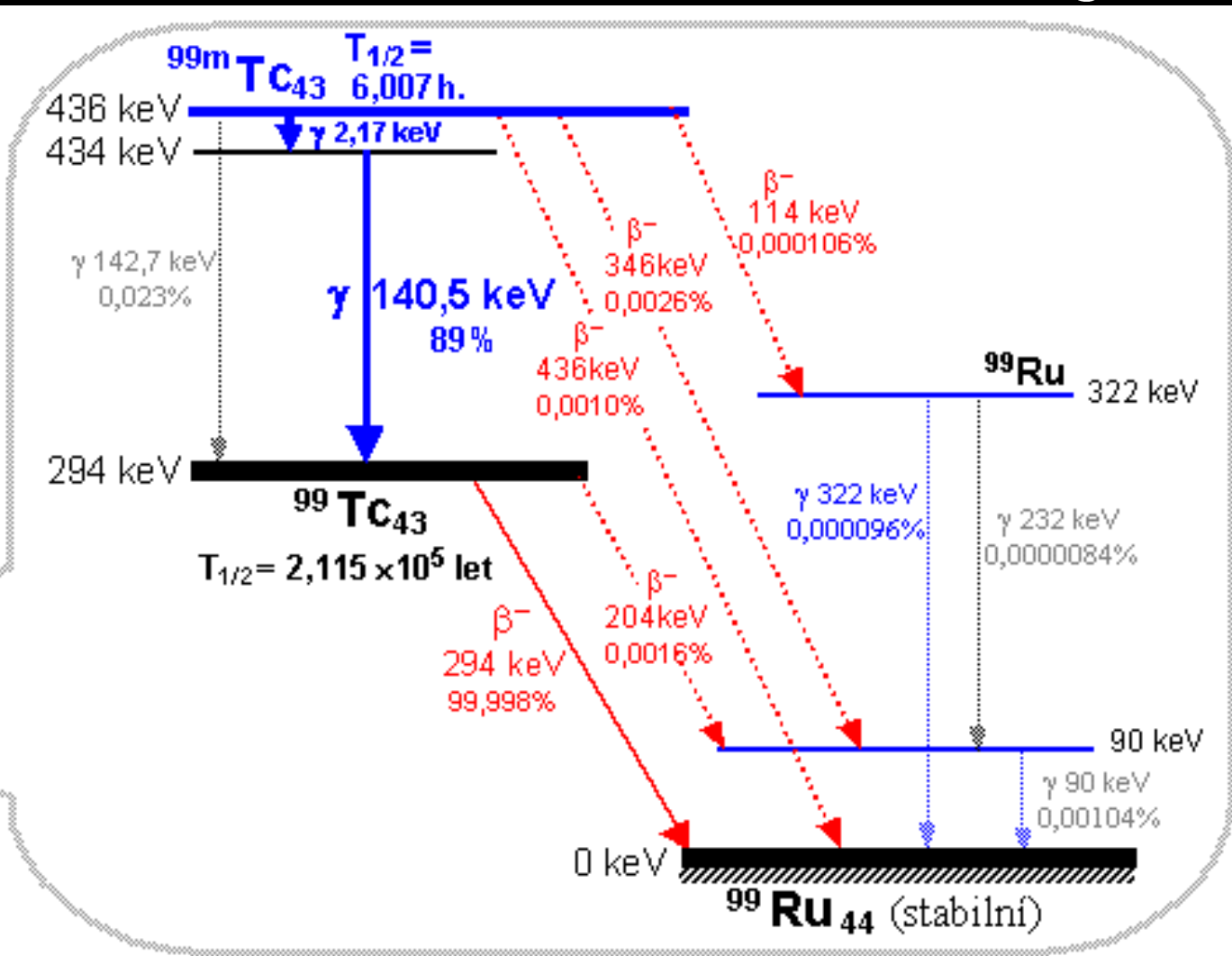
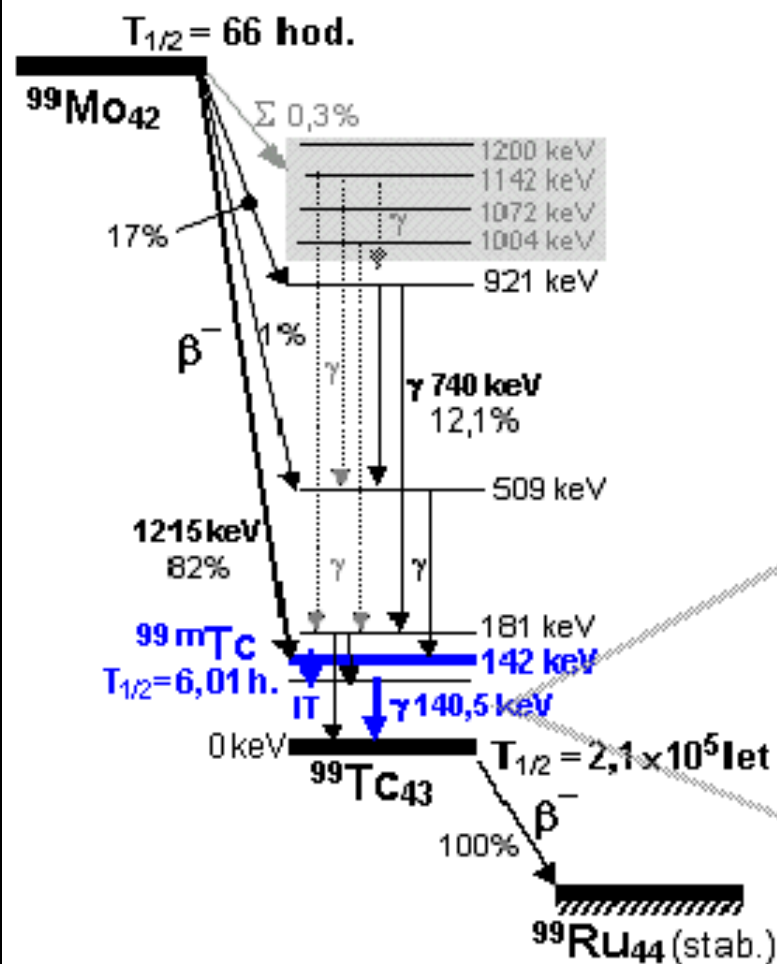
ZDROJE IZ



Zásobní fyziologický roztok



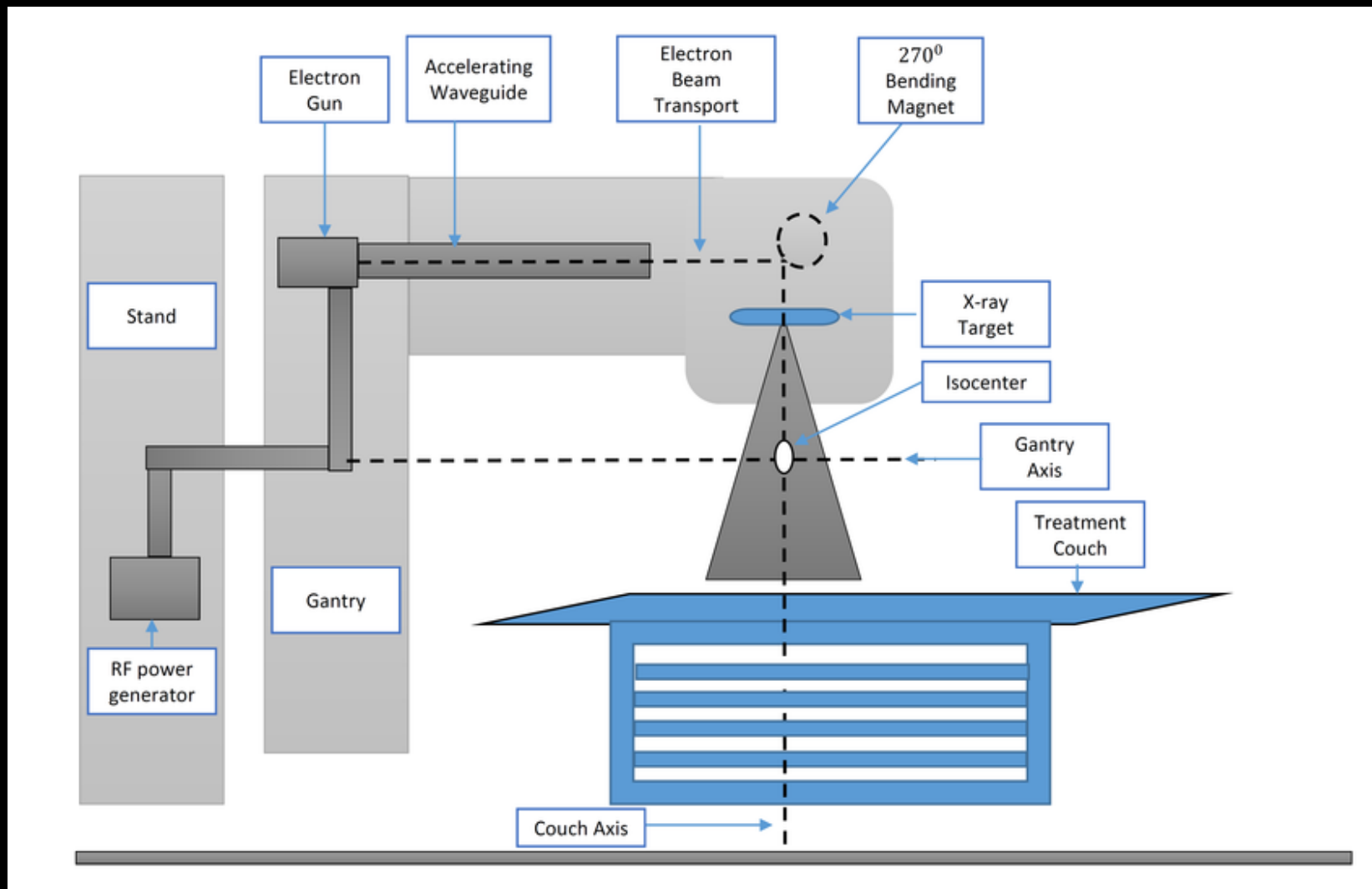
ZDROJE IZ



ZDROJE IZ

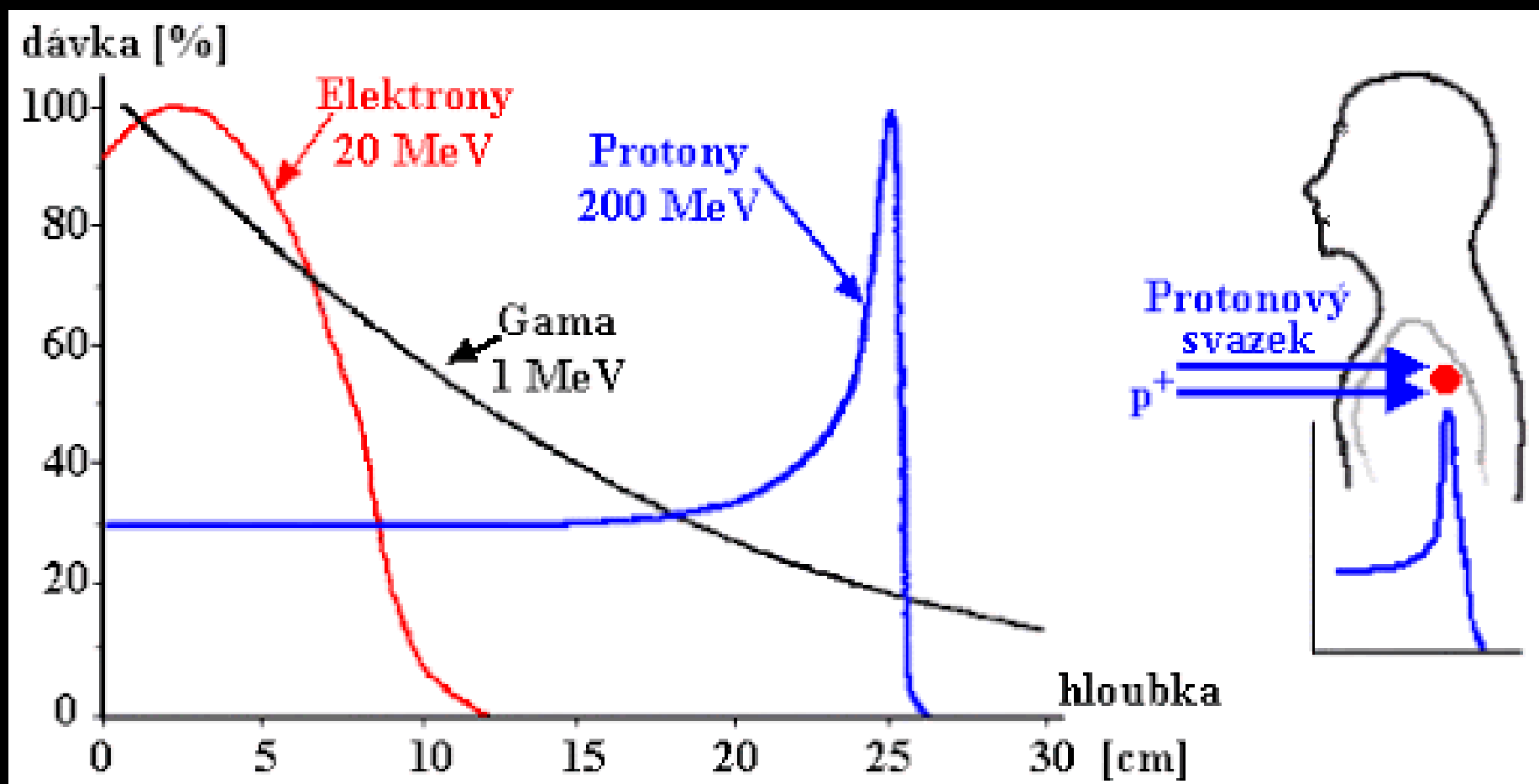
- Terapie

- Lineární urychlovač
- Betatron
- Cyklotron
- Brachyterapie



ZDROJE IZ

- Terapie
 - Protony



RADIAČNÍ OCHRANA

- Cíle:
 - Vyloučení deterministických účinků IZ
 - Snížení pravděpodobnosti vzniku stochastických účinků na společensky přijatelnou míru
 - Zabezpečit dostatečnou úroveň ochrany zdraví a umožnit přitom přínos z využití zdrojů IZ

RADIAČNÍ OCHRANA

- Principy:
 - zdůvodnění
 - optimalizace
 - limitování
 - bezpečnosti zdrojů

RADIAČNÍ OCHRANA

- Princip zdůvodnění
 - Opravdu potřebuji provést vyšetření?
 - Nebylo vyšetření již provedeno (např. v jiném zdravotnickém zařízení)?
 - Specifikace vyšetření: “prosím o snímek pravé ruky“ rameno, zápěstí...?
 - Zvýšená citlivost u dětí a plodu (pravděpodobnost projevu stochastických účinků je 2x až 3x vyšší než u dospělých)

RADIAČNÍ OCHRANA

- Princip optimalizace
 - ALARA (As Low As ReasonAble)
 - Optimalizace správné zobrazovací metody tak, aby ozáření pacienta bylo minimalizováno, aniž by to mělo vliv na získání nezbytné diagnostické informace

RADIAČNÍ OCHRANA

- Princip limitování
 - Obecné / pro radiační pracovníky / pro učně a studenty
 - Princip limitování se nevztahuje na:
 - Ozáření z přírodních zdrojů (pokud nejsou vědomě a záměrně využívány)
 - Lékařské ozáření
 - Havarijní ozáření v důsledku radiační nehody nebo havárie

RADIAČNÍ OCHRANA

- Princip limitování
 - Obecné:
 - Součet efektivních dávek ze zevního ozáření a úvazků efektivních dávek z vnitřního ozáření < 1 mSv za kalendářní rok
 - Ekvivalentní dávka v oční čočce < 15 mSv za kal. rok
 - Průměrná ekvivalentní dávka v 1 cm^2 kůže < 50 mSv za kalendářní rok

RADIAČNÍ OCHRANA

- Princip limitování
 - Radiační pracovník:
 - Součet efektivních dávek ze zevního ozáření a úvazků efektivních dávek z vnitřního ozáření < 100 mSv za 5 za sebou jdoucích kalendářních let (50 mSv za kalendářní rok)
 - Ekvivalentní dávka v oční čočce < 150 mSv za kal. rok
 - Průměrná ekvivalentní dávka v 1 cm^2 kůže < 500 mSv za kalendářní rok
 - Ekvivalentní dávka na ruce od prstů po předloktí a na nohy od chodidel po kotníky < 500 mSv za kalendářní rok
 - Osobní dávkový ekvivalent $H_p(0,07) < 500$ mSv za kalendářní rok
 - Osobní dávkový ekvivalent $H_p(10) < 20$ mSv za kalendářní rok

RADIAČNÍ OCHRANA

- Princip bezpečnosti zdrojů
 - Zdroje IZ musí být zabezpečeny tak, aby nad nimi nemohlo dojít za nepředvídatelných podmínek ke ztrátě kontroly
 - Zábрана odcizení a přístupu k nim nepovolaným osobám
 - Trvalé sledování zdroje a hlášení ztráty příslušným orgánům
 - Předávání zdroje jen držiteli platného povolení
 - Periodická inventarizace mobilních zdrojů
 - Technická bezpečnost – dobrý technický stav zdrojů IZ

RADIAČNÍ OCHRANA

- Ochrana
 - Časem
 - Vzdáleností
 - Stíněním

RADIAČNÍ OCHRANA

- Ochrana časem
 - Lineární závislost
 - Ekonomické
 - Skioskopie
 - Neopakovat vyšetření

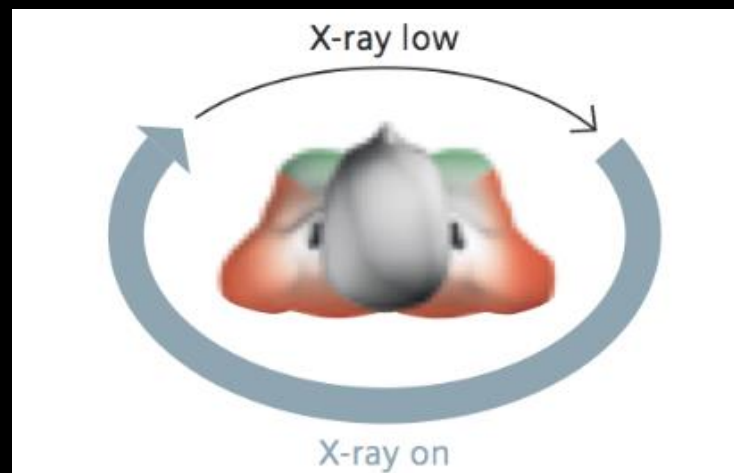
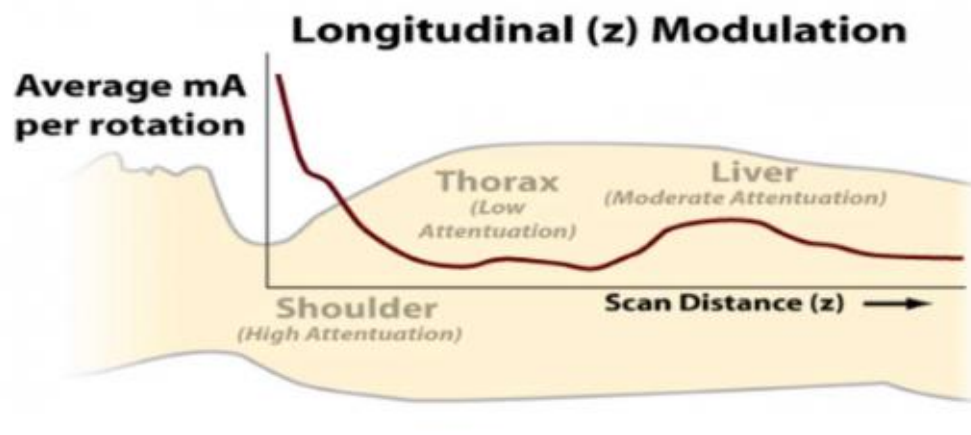


RADIAČNÍ OCHRANA

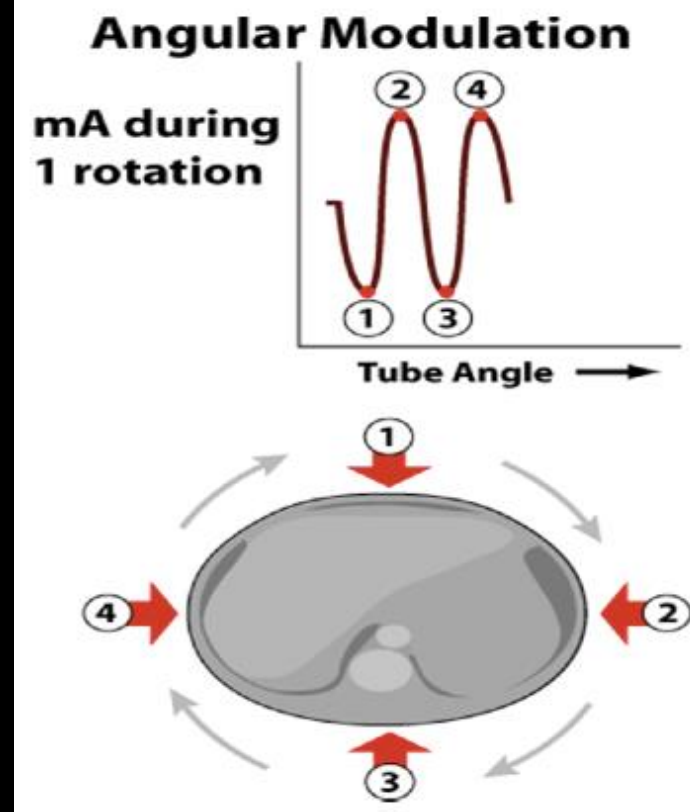
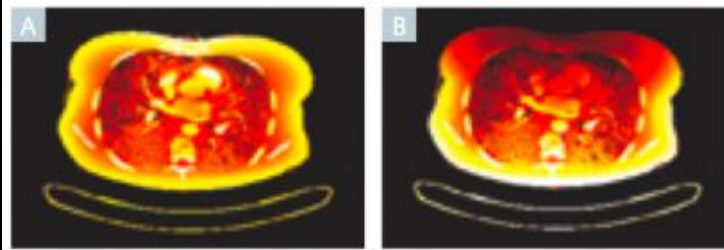
- Ochrana časem
 - Automatic Exposure Control (AEC)
 - Ukončení expozice po náběru dostatečného množství záření
 - Konzistence, redukce dávky, odpovídá ALARA v praxi

RADIAČNÍ OCHRANA

- Ochrana časem
 - Automatic Tube Current Modulation (ATCM)



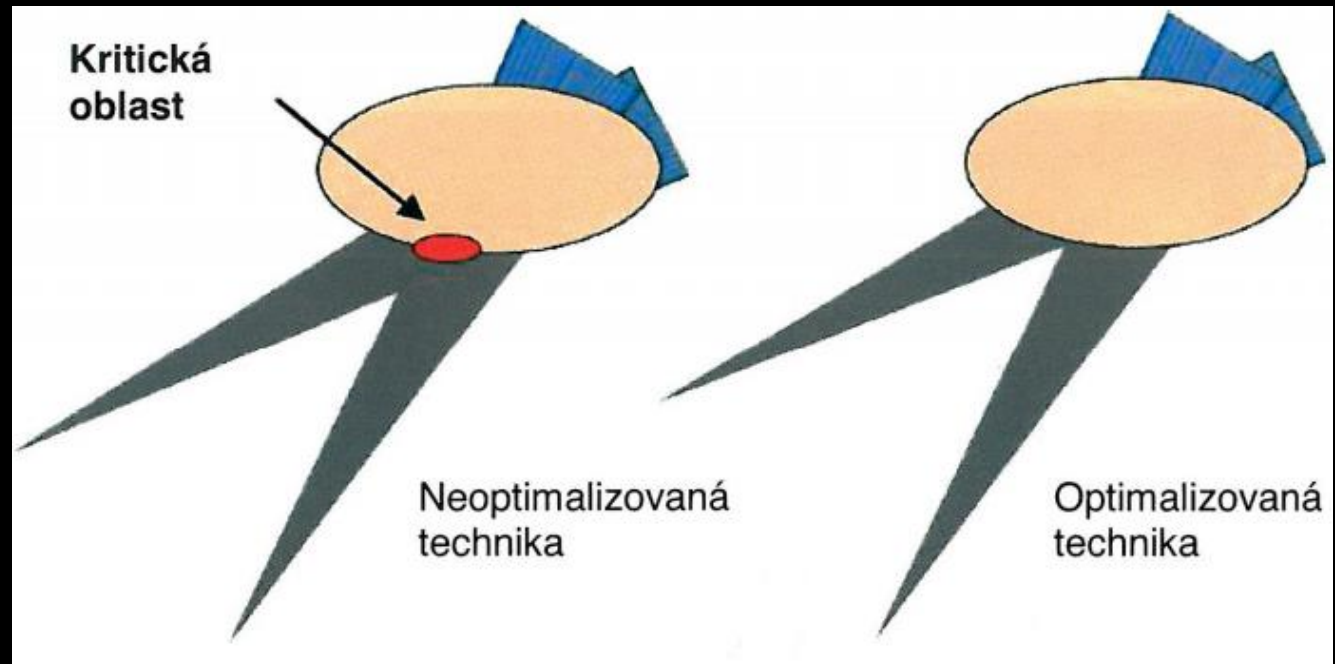
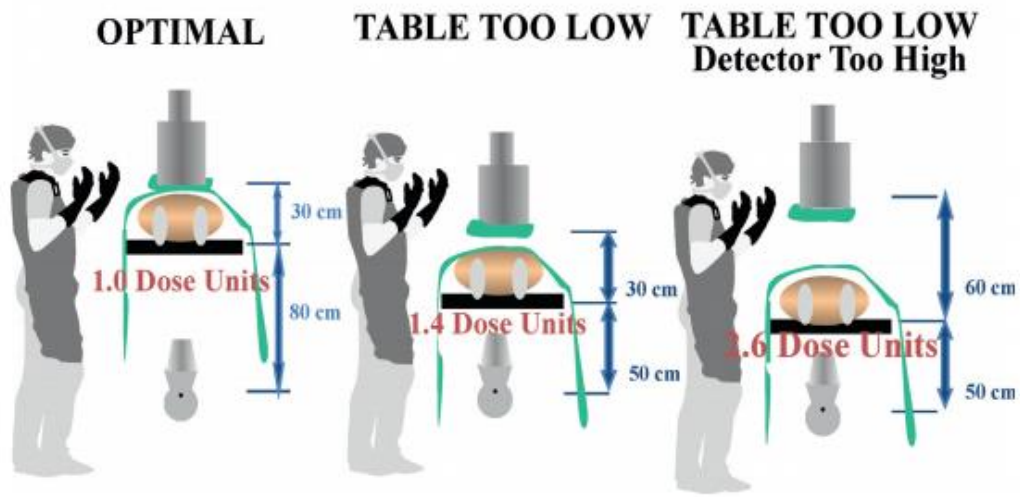
Obr. 4: Organová ATCM [3]



RADIAČNÍ OCHRANA

- Ochrana vzdáleností
 - Kvadratická závislost
 - Ekonomické
 - Optimalizace vzdálenost zdroj-pacient a pacient-detektor

System Positioning Affects the Dose to Both the Patient and the Operator



RADIAČNÍ OCHRANA

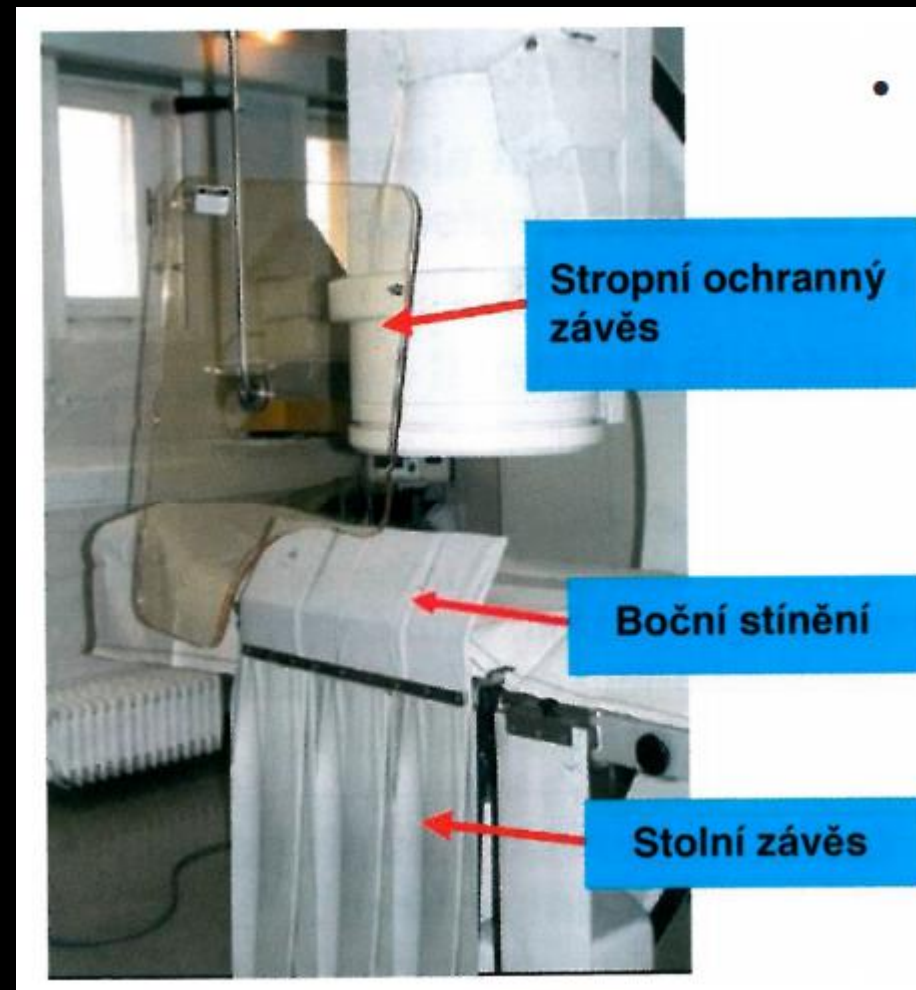
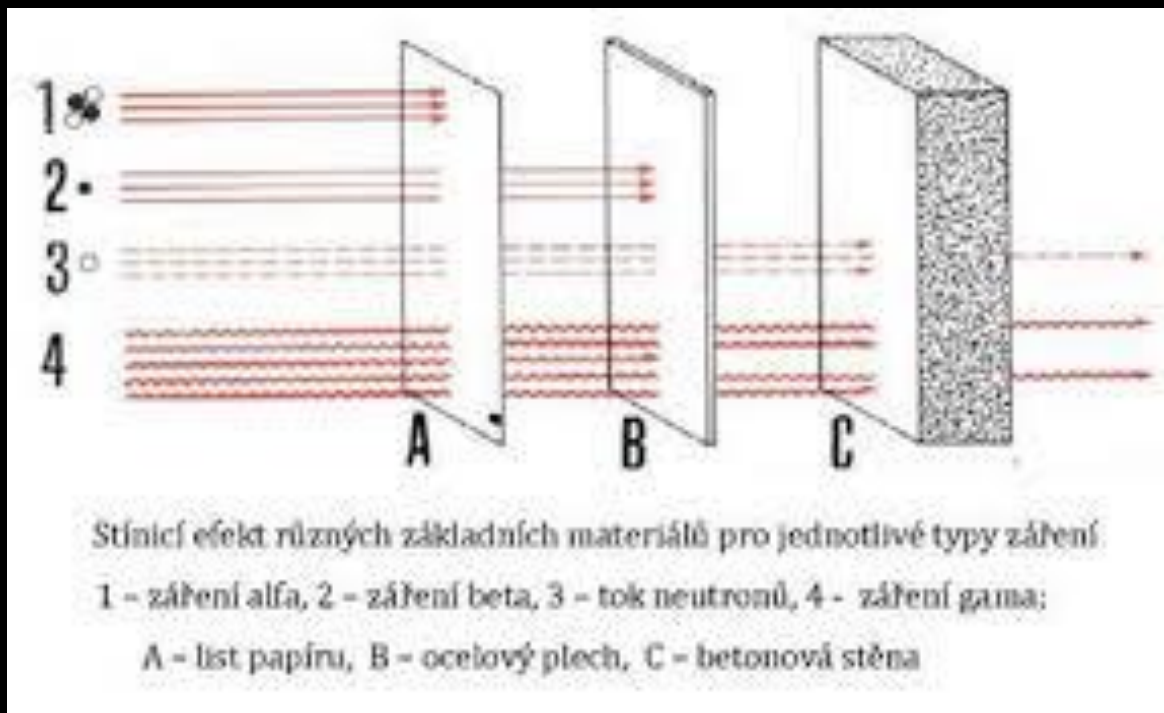
- Ochrana stíněním
 - Exponenciální závislost
 - Finančně nákladnější
 - Typ záření > typ materiálu

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

mm Pb	% prošlého RTG		
	50 kV	75 kV	100 kV
0,25	0,35	3	10
0,35	0,05	1,5	4,5
0,5	0,01	0,7	3

RADIAČNÍ OCHRANA

- Ochrana stíněním
 - Správné použití



RADIAČNÍ OCHRANA

- Ochrana stíněním
 - Správné použití



Správně!

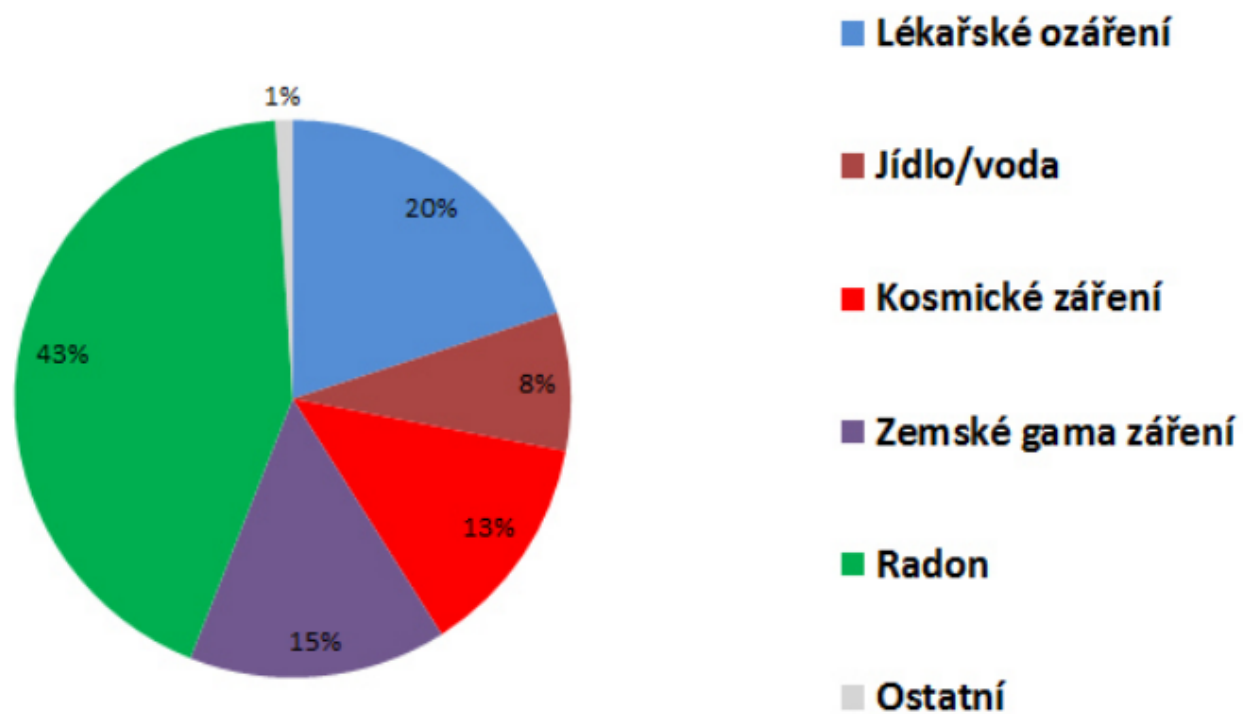


Špatně!

RADIAČNÍ ZÁTĚŽ

- Radon a produkty:
 - Vzniká rozpadem radionuklidu ^{226}Ra uran-radiové rozpadové řady
 - Kritické v uzavřených prostorech
- Kosmické záření:
 - Vysoce energetické záření
 - Na povrch dopadá až záření sekundární
 - Závislý na nadmořské výšce
- Záření zemské kůry:
 - Záření radionuklidů přírodních rozpadových řad a nuklidu ^{40}K
- Vnitřní ozáření:
 - Z potravy a při dýchání (kromě radonu)
 - Hlavními kontaminanty je ^{40}K

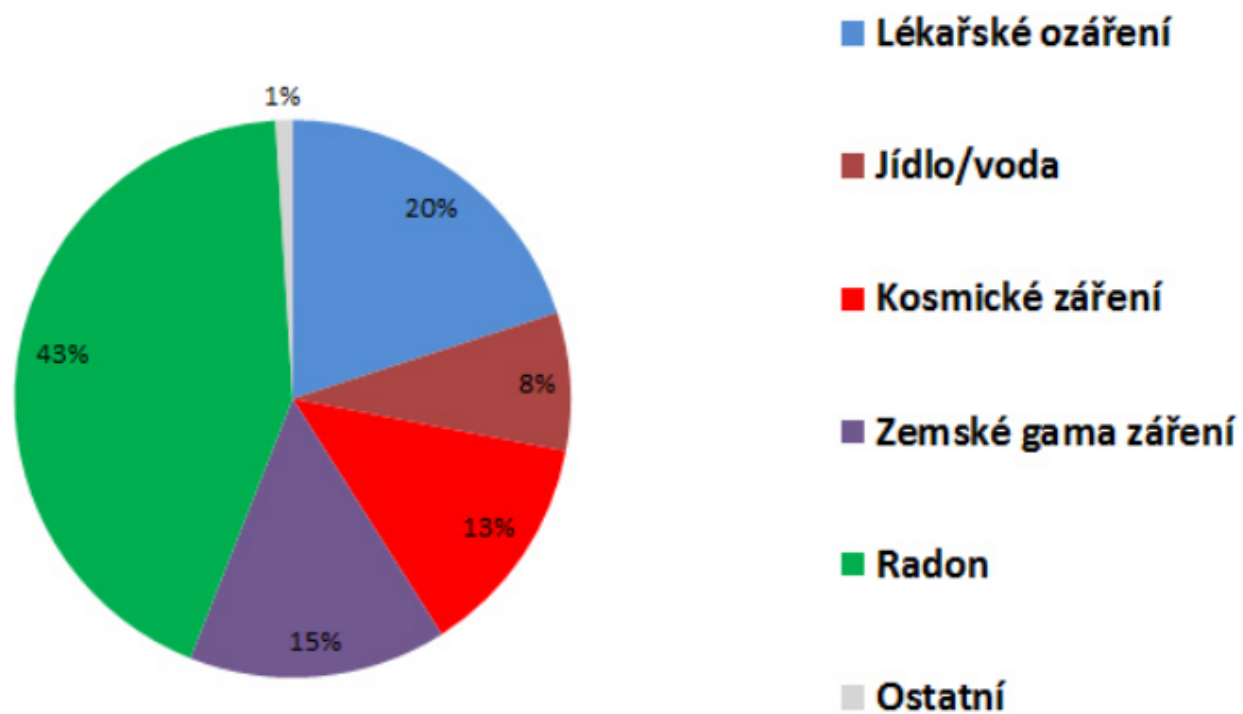
Podíl zdrojů IZ na ozáření člověka
(WHO 2006)



RADIAČNÍ ZÁTĚŽ

- Lékařské ozáření
 - Ozáření pacientů v souvislosti s vyšetřením
 - Největší část RTG (velký počet výkonů)
- Jaderná energetika
 - Zátěž z Černobylu v ČR je cca 3 mSv
 - Ročně z přírodního ozáření 3,5 mSv
- Profesionální ozáření
 - Pracovníci se zdroji IZ (lékařství, těžba, úprava zdrojů ...)

Podíl zdrojů IZ na ozáření člověka
(WHO 2006)

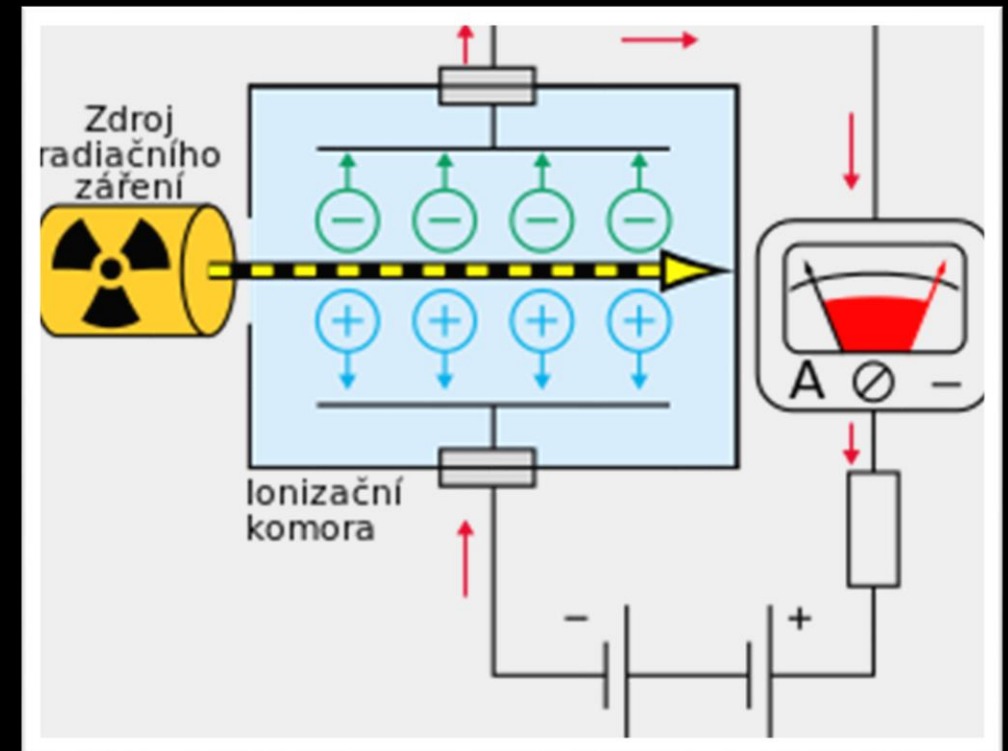


PŘÍSTROJE NM

- Detektory
 - Plynové
 - Ionizační komory
 - Geiger-Müllerovy počítače (GM)
 - Polovodičové
 - Scintilační
- Dozimetrie
 - Filmová
 - Termoluminiscenční
 - Radiofotoluminiscenční
 - Elektronická
- Zobrazování
 - 2D scintigrafie
 - SPECT
 - PET

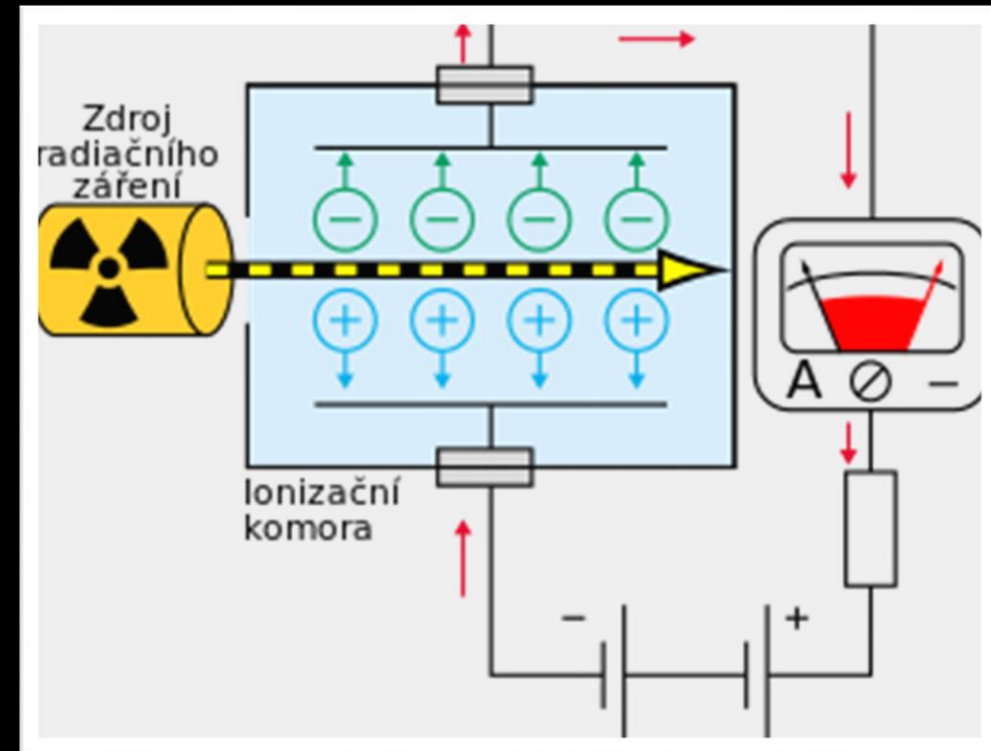
PŘÍSTROJE NM

- Ionizační komora
 - Ionizace molekul plynu při U 50 – 300 V
 - Proud \sim počtu částic
 - Při vysokých intenzitách IZ
 - Ionizační dozimetry pro RTG
 - Měřiče aplikované aktivity v NM



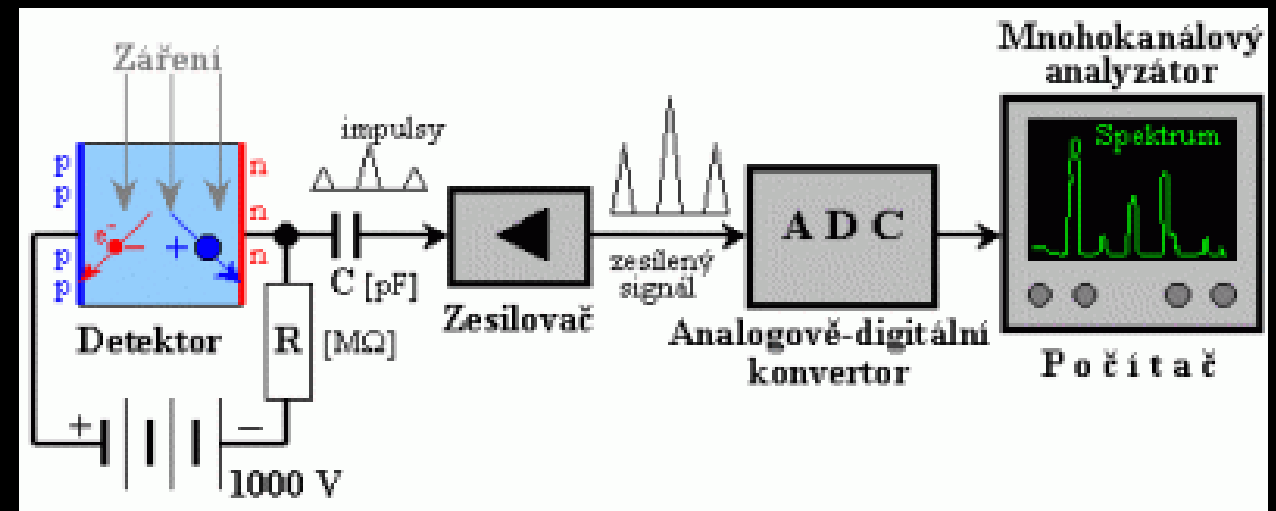
PŘÍSTROJE NM

- GM počítač
 - Ionizace molekul plynu (Ne) při $U \sim 1000$ V
 - Nutné zhášedlo (halogen)
 - Mrtvá doba
 - Proud \sim počtu částic
 - Při nízkých intenzitách γ
 - Detekce β



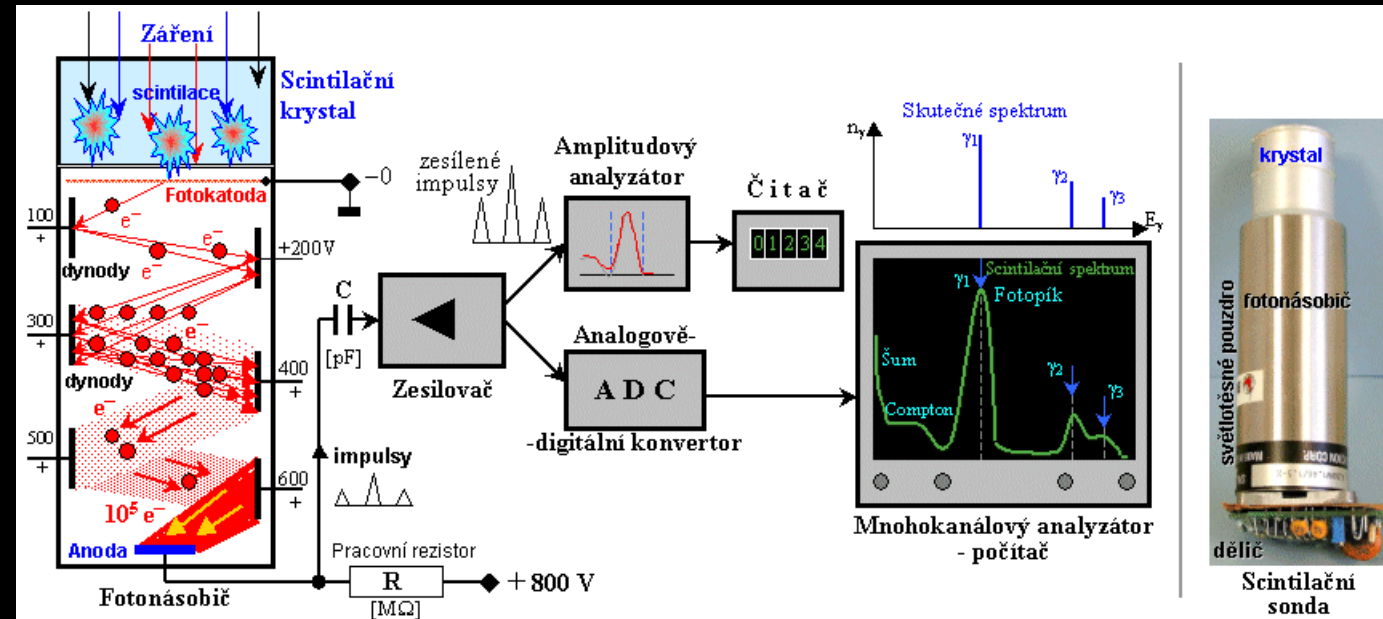
PŘÍSTROJE NM

- Polovodičové detektory
 - Principem podobné plynovým
 - Vznik páru elektron-díra
 - Velmi nízká excitační E
 - Výborná E rozliš schopnost
 - Nutné chladit (kap. N)
 - Omezené rozměry
 - Nižší geometr. Účinnost
 - Ge(Li), HPGe – detekce gama
 - Si(Li), HPSi – detekce alfa, nízko E RTG



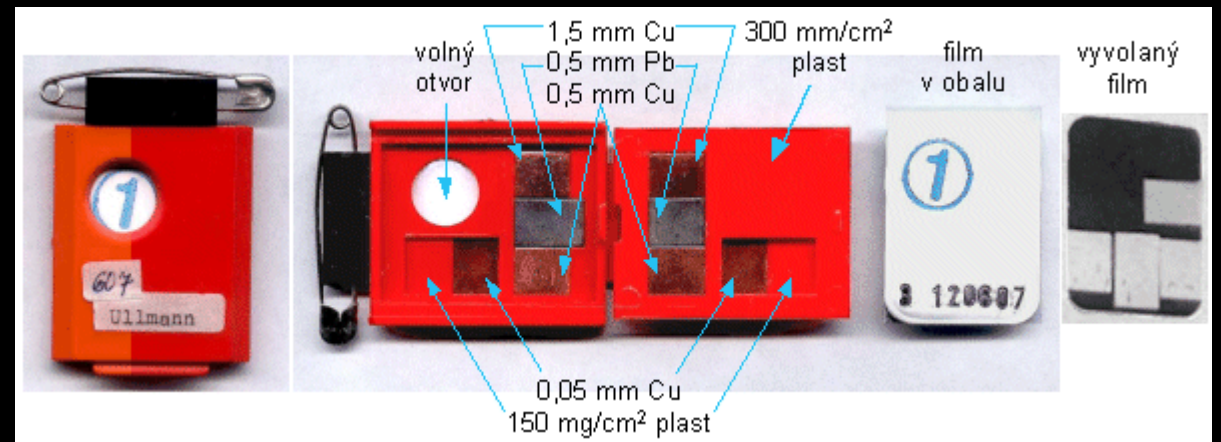
PŘÍSTROJE NM

- Scintilační detektor
 - Studnové, gamakamery
 - Multikanálový analyzátor
 - Spektrum různých E současně
 - $U \sim 1000 \text{ V}$
 - Krystalové, kapalné, organické



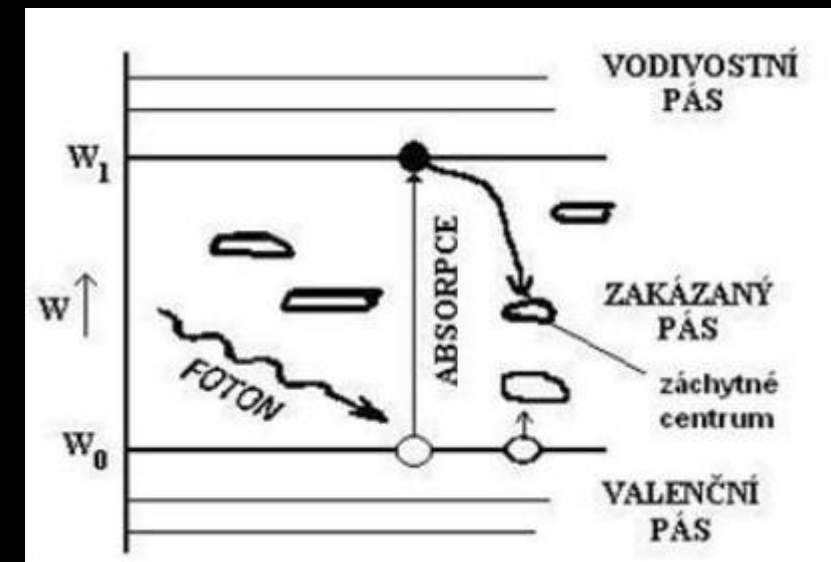
PŘÍSTROJE NM

- Filmový dozimetr
 - Tvorba latentního obrazu
 - Optická hustota ~ intenzitě ozáření
 - Osobní dáv. Ekv. (fotony+elektrony)
 - E, směr, časové rozložení
 - Citlivé na světlo, vlhkost, teplotu



PŘÍSTROJE NM

- Termoluminiscenční dozimetr
 - Excitace IZ a deexcitace do záchytného centra (ZC)
 - Po zahřátí deexcitace ze ZC s emisí fotonu
 - E vyzářená ze ZC \sim E absorbované IZ
 - Vysoká citlivost, opakované použití
 - Široká oblast lin. Vztahu dávka-signal
 - Citlivé na světlo



PŘÍSTROJE NM

- Radiofotoluminiscenční dozimetr
 - Princip obdobný jako u termolumin. D.
 - Místo záchytných center má ovšem materiál luminiscenční centra
 - Vyhodnocení = ozáření detektoru UV
 - E vyzářená ze ZC ~ E absorbované IZ
 - Vysoká citlivost, dlouhodobá stabilita
 - Nízká E závislost
 - Citlivé na světlo



PŘÍSTROJE NM

- Elektronický dozimetr
 - Většinou GM, polovodič Si nebo IK
 - Inter/externí vyhodnocení
 - Možnost ovlivnění elmag polem
 - Mobilní tel, MR, čtečky karet...
 - Vysoká citlivost, okamžitá informace
 - Průběžné sledování
 - Nastavení alarmů

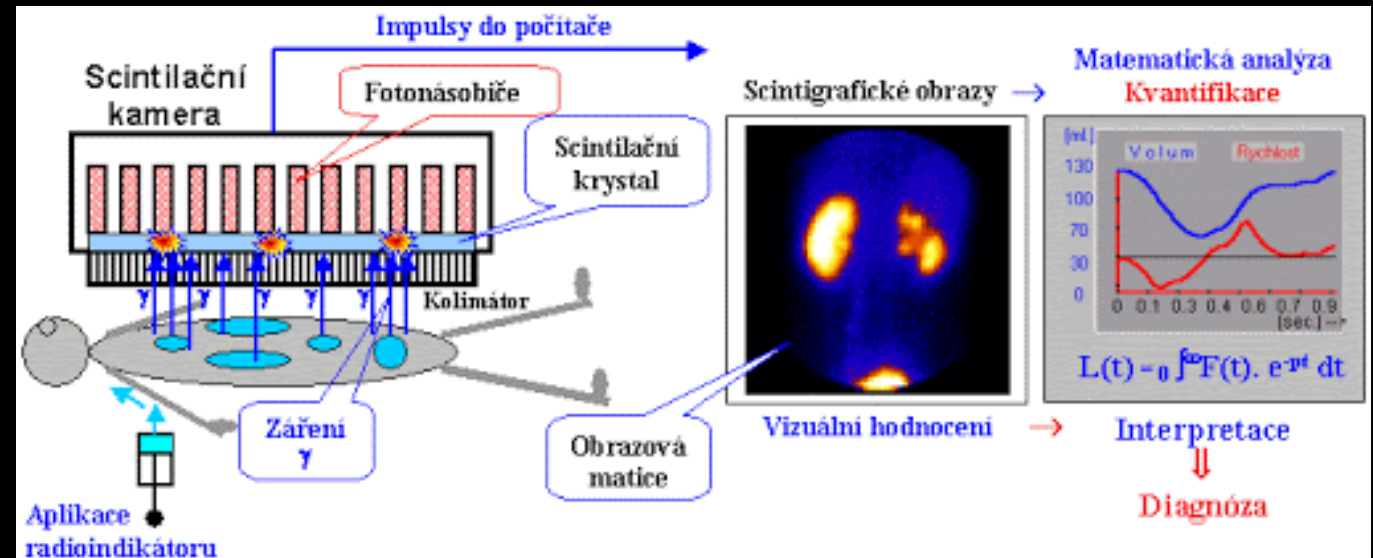


PŘÍSTROJE NM

- Vnitřní kontaminace
 - Typ přeměny ($\alpha + \beta$ nebezpečnější než $\gamma + n^0$)
 - Fy, Ch a Bi vlastnosti (plyn/kapalina, vaznost nosiče, distribuce organismem...)
 - Aktivita -> úvazek efektivní dávky / úvazek ekvivalentní dávky dle modelu
 - Měření aktivity
 - Přímé
 - Celotělové počítače
 - Nepřímé
 - Měření exkret, pracovního prostředí, znalost hmotnostní aktivity v potravinách
 - Když nelze měřit přímo nebo je třeba zjistit více informací, které přímé metody nedokáží

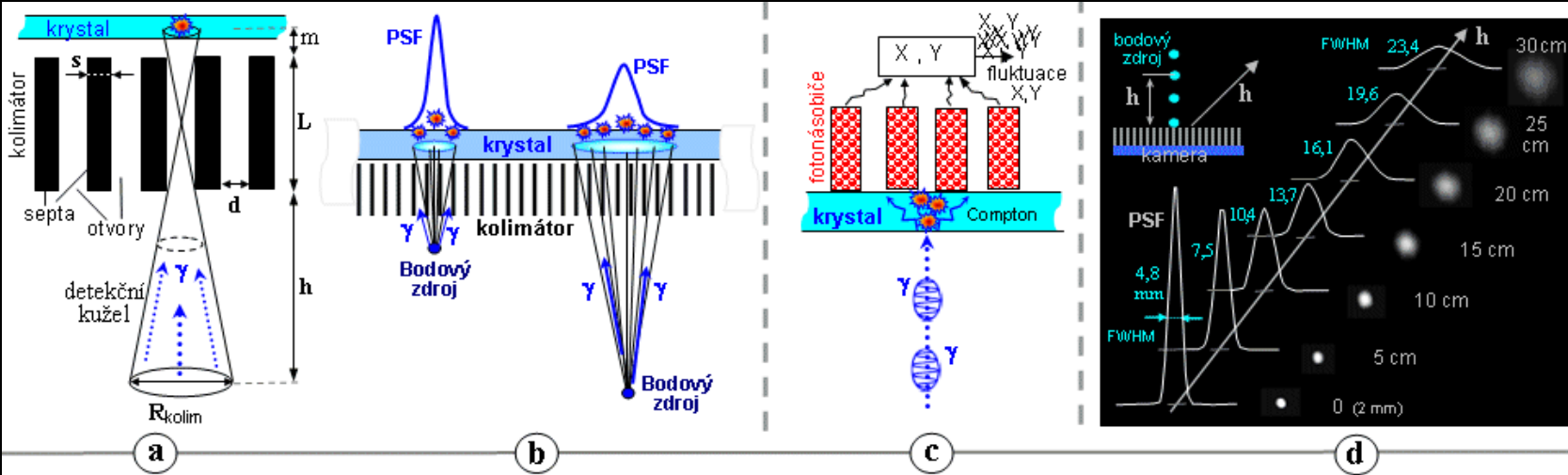
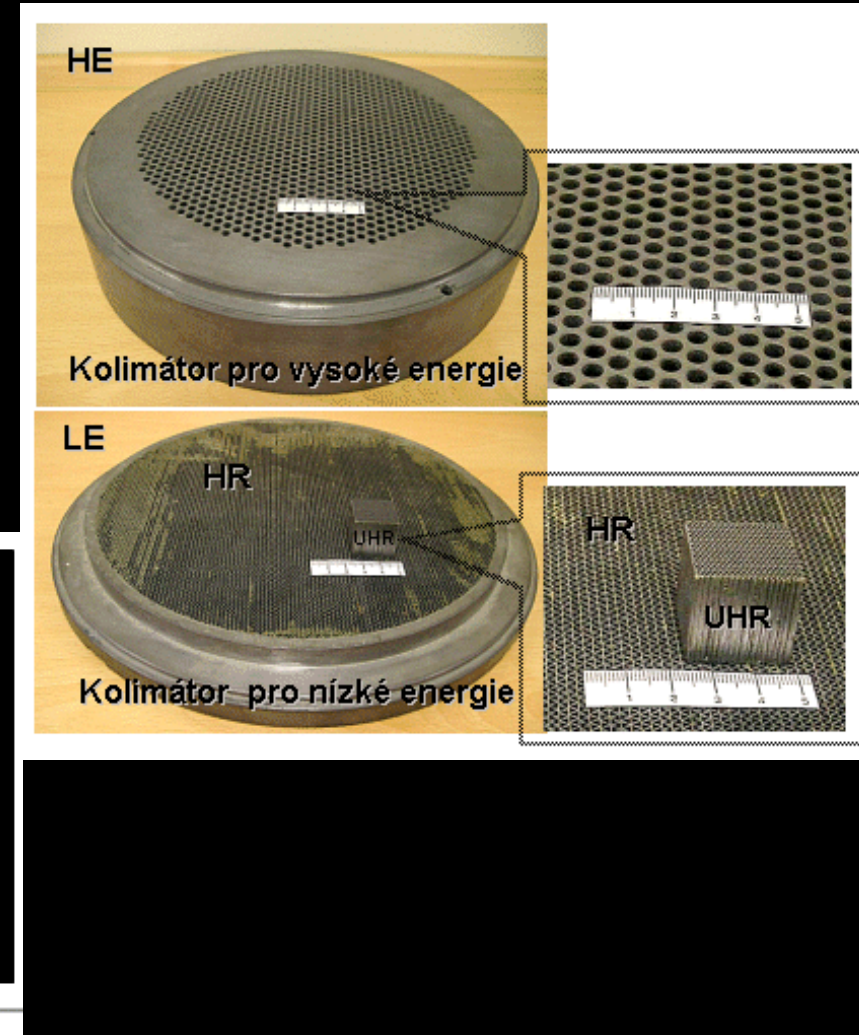
PŘÍSTROJE NM

- 2D Scintigrafie
 - Gamakamera
 - Kolimátor
 - Scintilační krystal
 - Fotonásobič
 - Vyhodnocovací elektronika



PŘÍSTROJE NM

- 2D Scintigrafie
 - Kolimátor
 - Rozlišení...

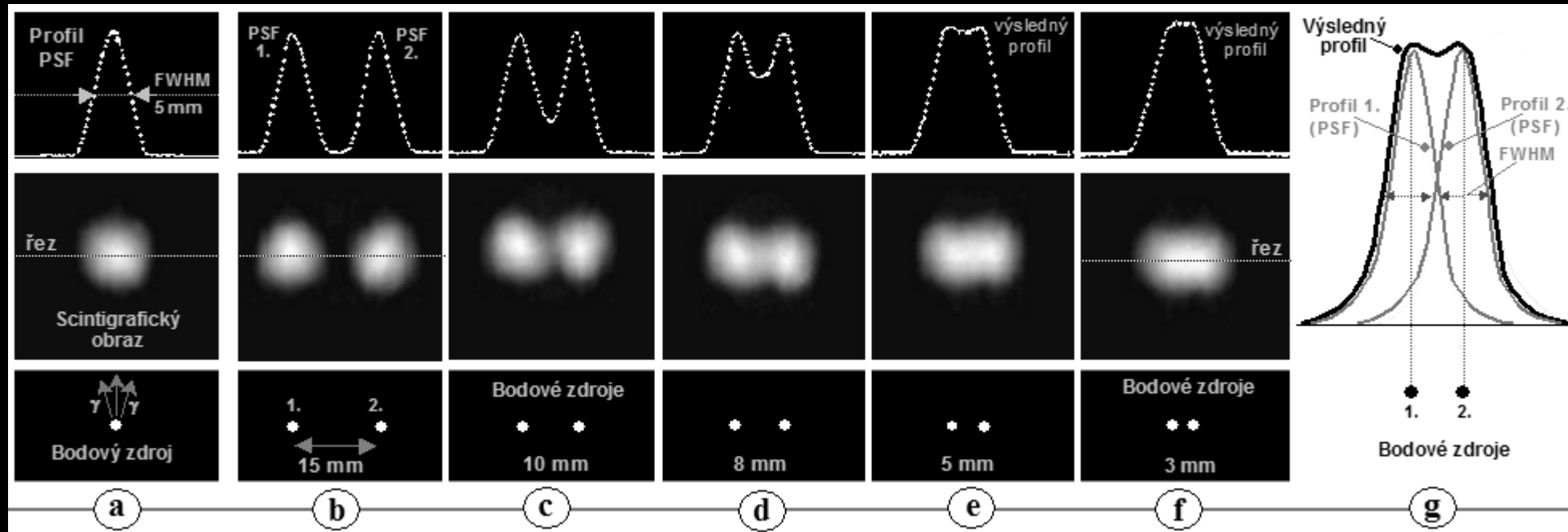


PŘÍSTROJE NM

- 2D Scintigrafie
 - Krystal + elektronika
 - Rozlišení...
 - Rozmazání z důvodu rozdílné hloubky scintilace
 - Rozmazání z důvodu vícenásobného Comptonova rozptylu
 - Přesnost (fluktuace, optické ztráty na rozhraní krystal-fotonásobič...) elektroniky
 - Minimalizace
 - Větší počtu fotonásobičů
 - Vyšší účinnost fotonásobičů
 - Optický kontakt krystal-fotonásobič
 - Celkové rozlišení 9 – 12 mm (v závislosti na vzdálenosti)

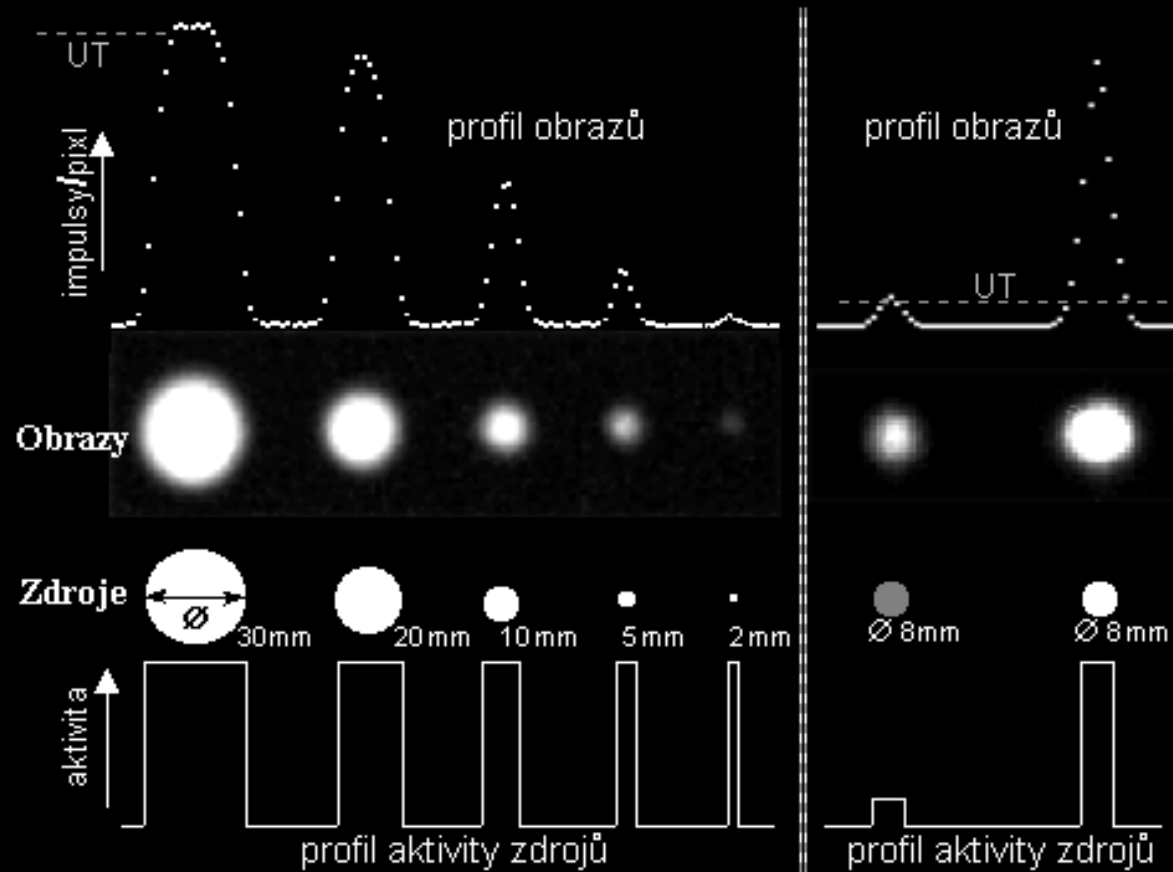
PŘÍSTROJE NM

- 2D Scintigrafie

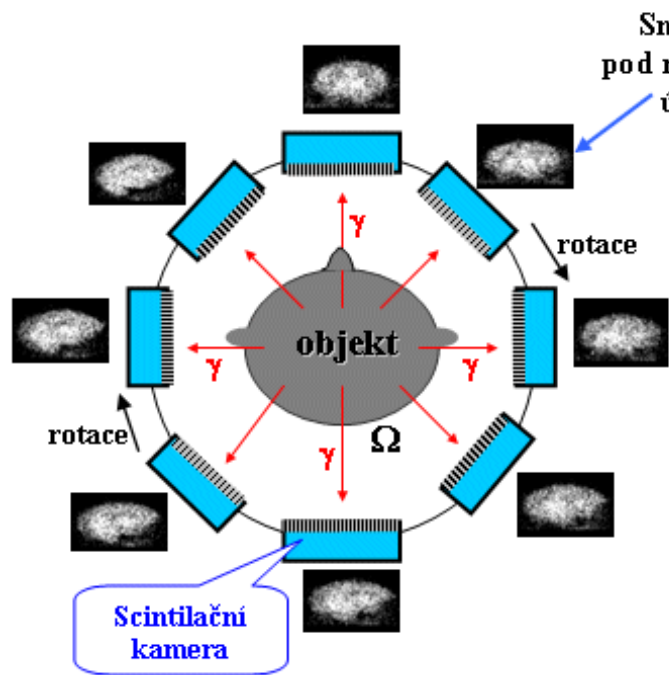


PŘÍSTROJE NM

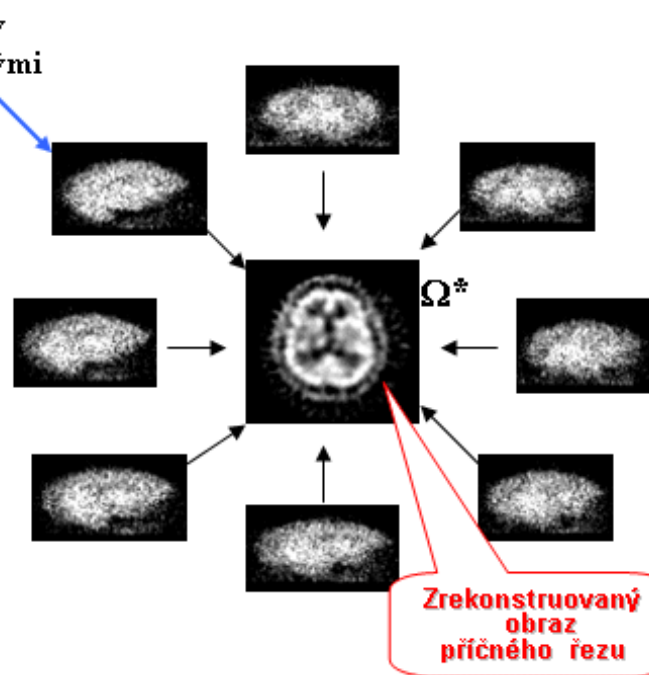
- 2D Scintigrafie



Akvize SPECT



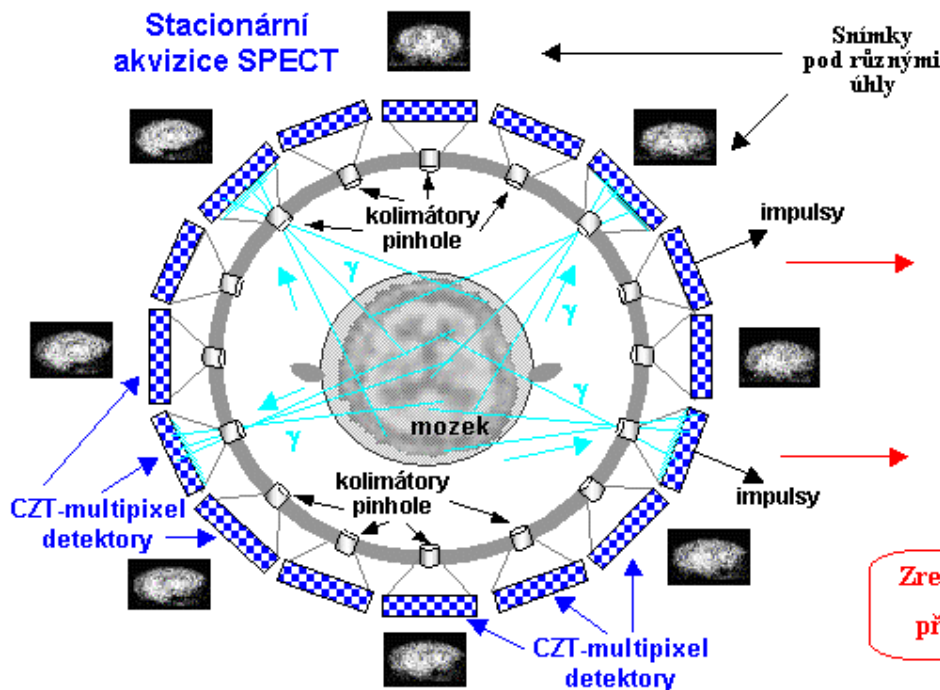
Rekonstrukce SPECT



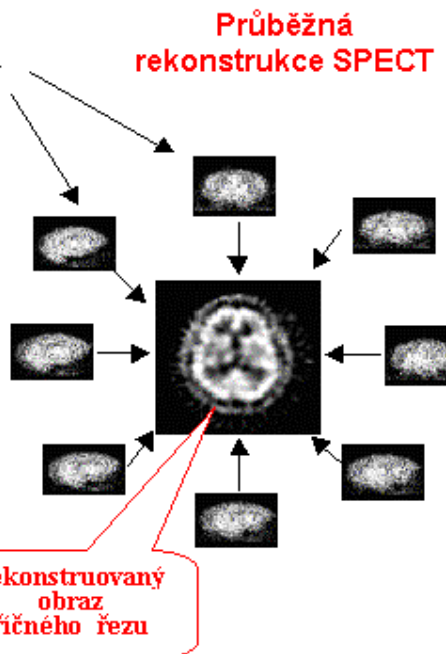
PŘÍSTROJE NM

- 3D Scintigrafie – SPECT

Stacionární akvizice SPECT

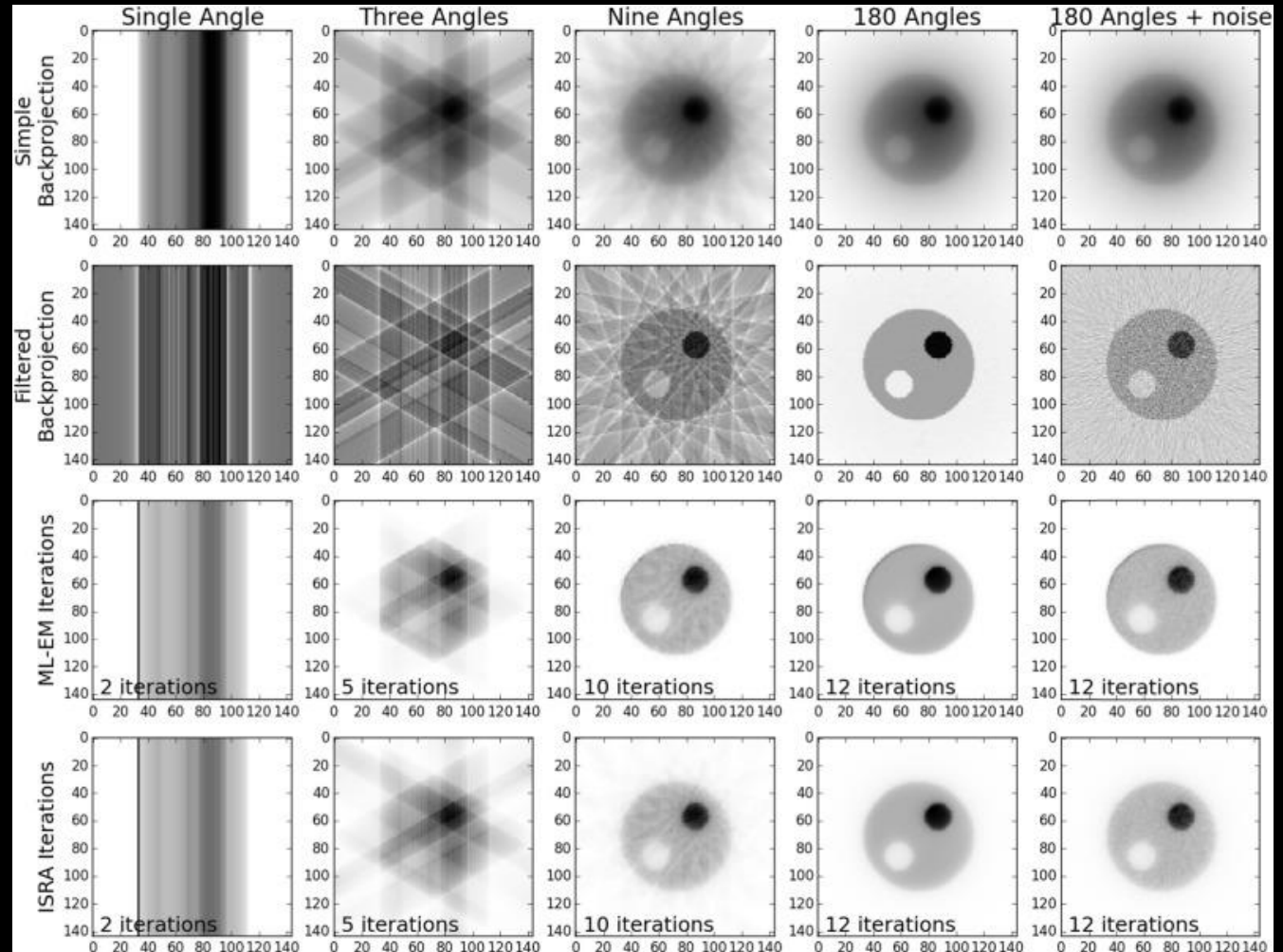


Průběžná rekonstrukce SPECT



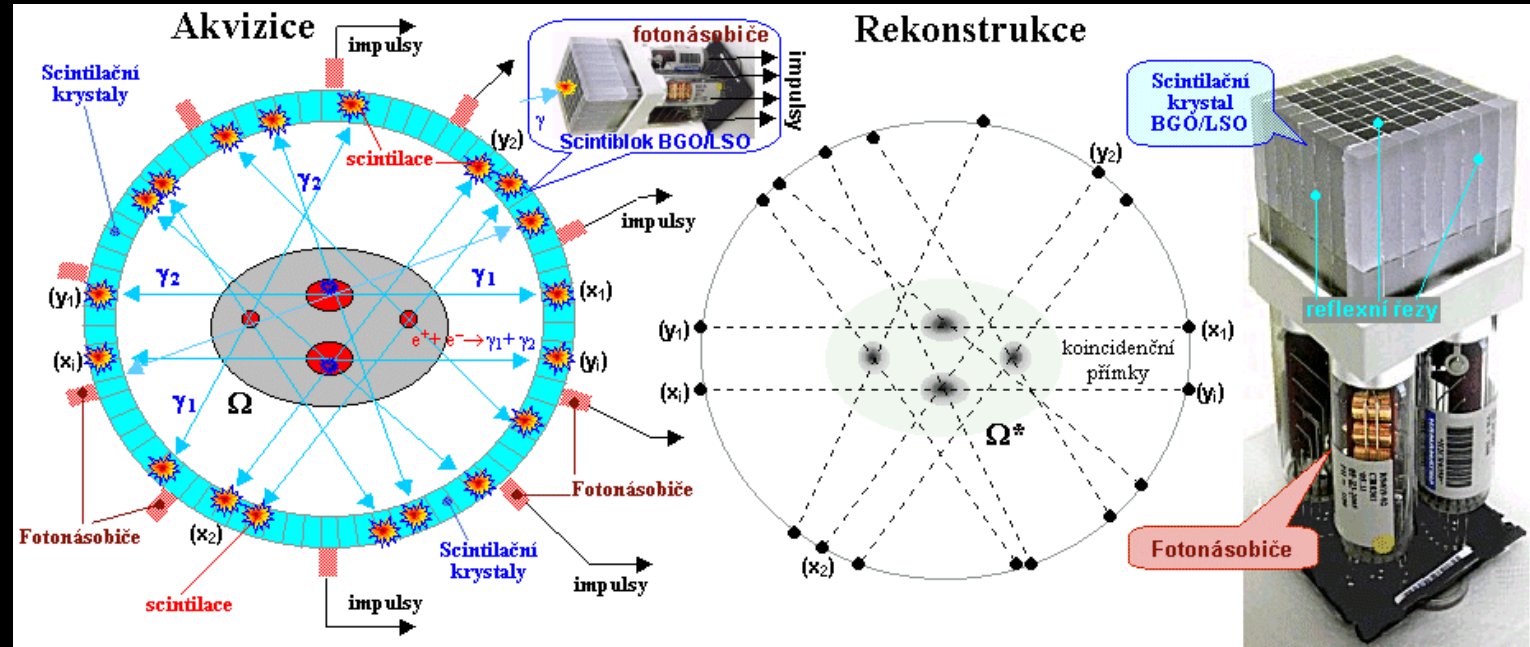
PŘÍSTROJE NM

- 3D Scintigrafie – SPECT
 - Přesnější určení polohy
 - Zobrazení lézí „nad sebou“
 - Lepší kontrast
 - Hybridní SPECT/CT
 - Citlivost 0,04-0,3 cps/Bq ^{99m}Tc



PŘÍSTROJE NM

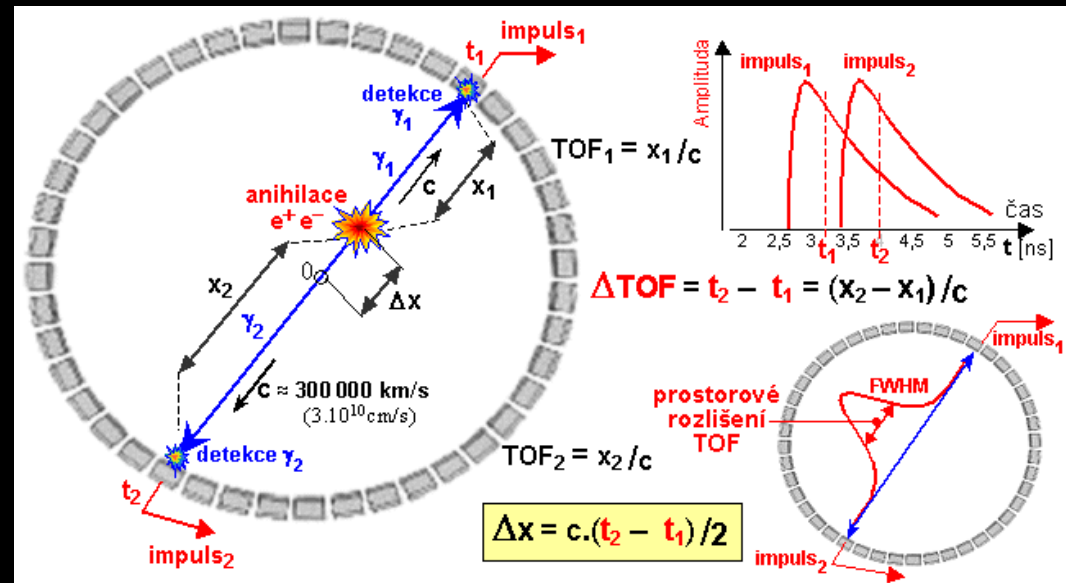
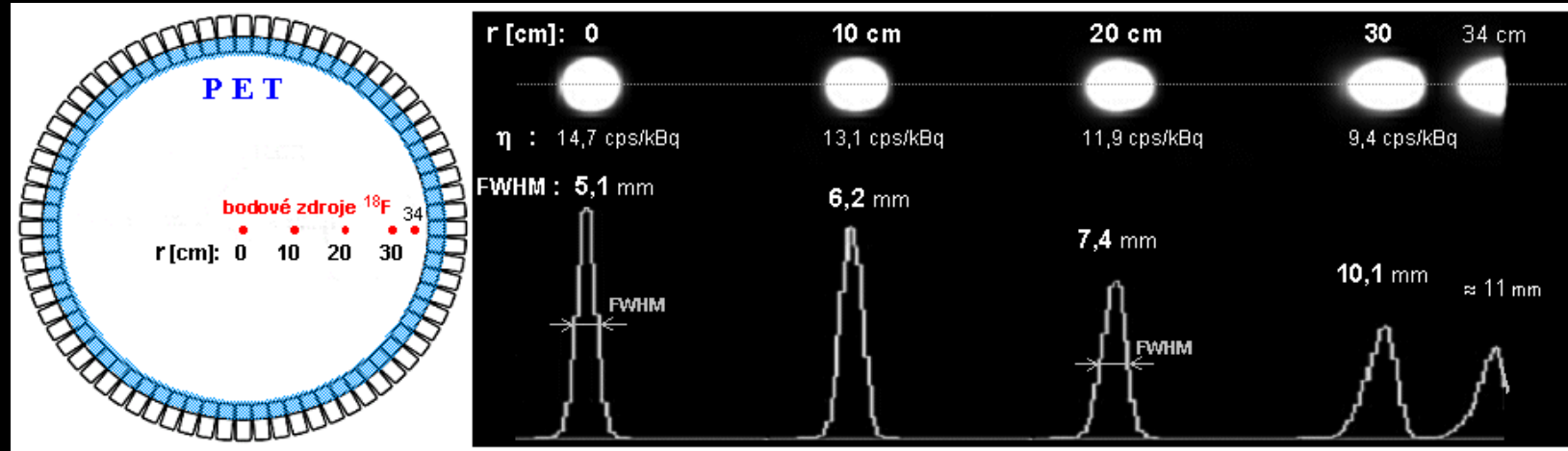
- PET
 - β^+
 - El. Kolimace
 - Koincidenční detekce



PŘÍSTROJE NM

- PET

- Rozlišení ~ 5 mm
- Time Of Flight (TOF)
- Hybridní PET/CT, PET/MR
- Citlivost 7-10 cps/Bq ^{18}F



DÁVKY V NM

- NRS
 - Intervaly aplikované aktivity
 - Doporučená aktivita dle typu vyšetření dospělý/dítě
 - Dávka v orgánu s nejvyšší absorbovanou dávkou [mGy/MBq]
 - Efektivní dávka [mSv/MBq]
 - Scintigrafie skeletu (^{99m}Tc -fosfát) 0,0057 mSv/MBq doporučená $A = 500 \text{ MBq}$
> $E = 2,85 \text{ mSv}$
 - PET (^{18}F -FDG) 0,019 mSv/MBq, $A = 300 \text{ MBq}$ > $E = 5,7 \text{ mSv}$