

Zařízení pro radioterapii externími svazky

FBMI 2015

Materiály

- IAEA Training Course: Radiation Protection in Radiotherapy
- Interní studijní materiály FJFI Ing. I. Koniarové, Ph.D. a MUDr. M.Vošmika
- IAEA, Radiation Protection of Patients (RPOP), Radiotherapy, Training
 - https://rpop.iaea.org/RPOP/RPoP/Content/AdditionalResources/Training/I_TrainingMaterial/Radiotherapy.htm
- ESTRO Course: Dose modelling and verification for external beam radiotherapy
- ESTRO Course: Advanced imaging for physicist
- Interní studijní materiály FJFI Doc. Ing. J. Novotného, CSc.
- IAEA, RADIATION ONCOLOGY PHYSICS: A HANDBOOK FOR TEACHERS AND STUDENTS



Obsah

- Druhy ionizujícího záření v RT
- Energetické spektrum záření
 - (radionuklidy, záření X nebo γ)
- Kilovoltážní svazky
- Megavoltážní radioterapie - ^{60}Co
- Inverzní čtvercový zákon, zeslabení ionizujícího záření v látce, hloubkové dávkové křivky, Build-up efekt, polostín, radiační zátěž personálu



Druhy ionizujícího záření

- Gama záření a fotonové záření-záření X
- Elektrony, záření beta
- Neutrony
- Protony – kladný náboj
- Alfa částice a těžké nabitě částice

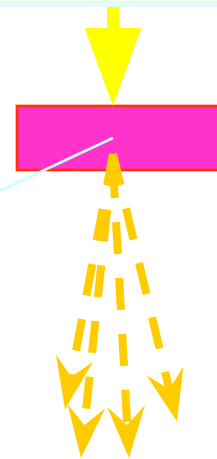
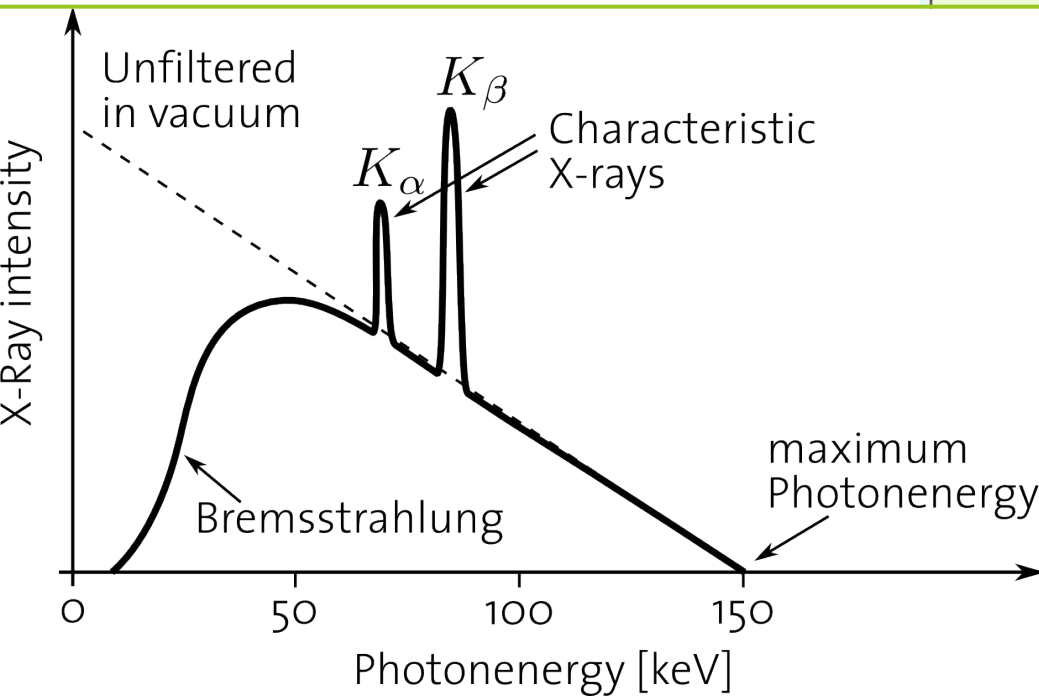
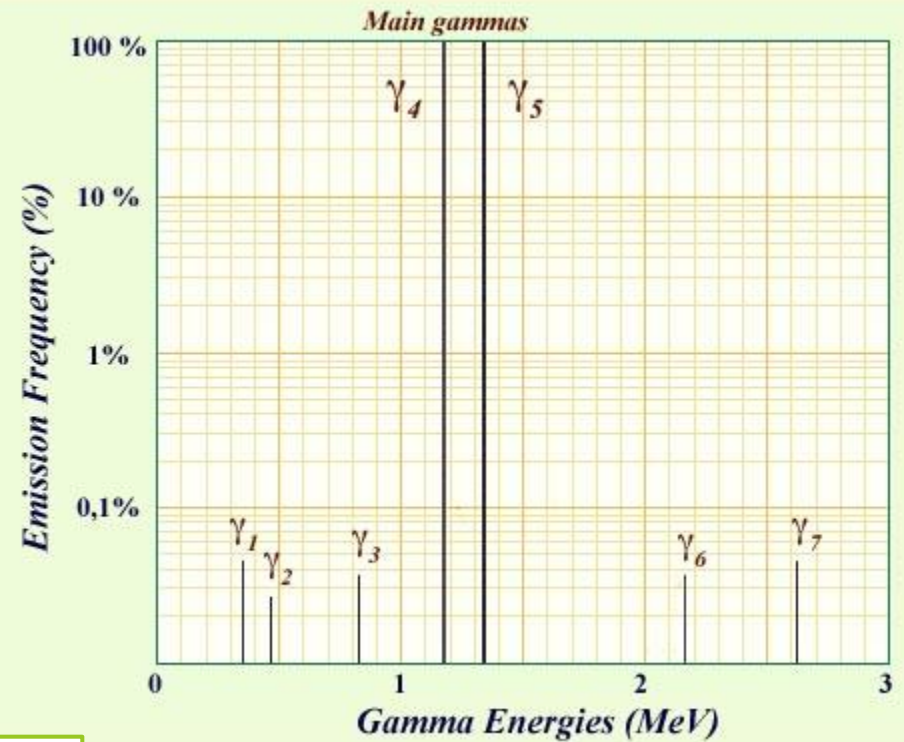


□ Gama záření

□ Monoenergetické spektrum

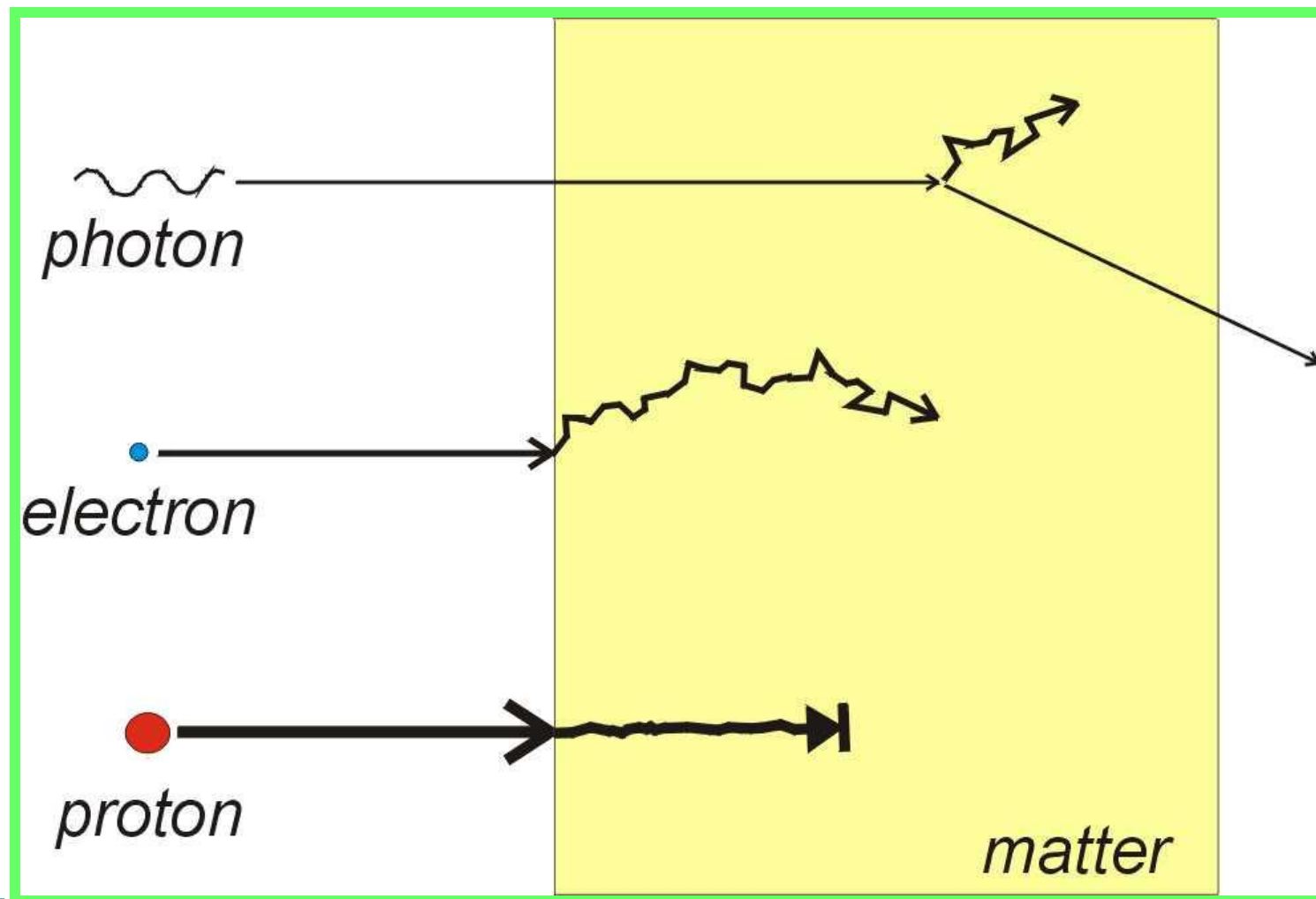
□ Záření X

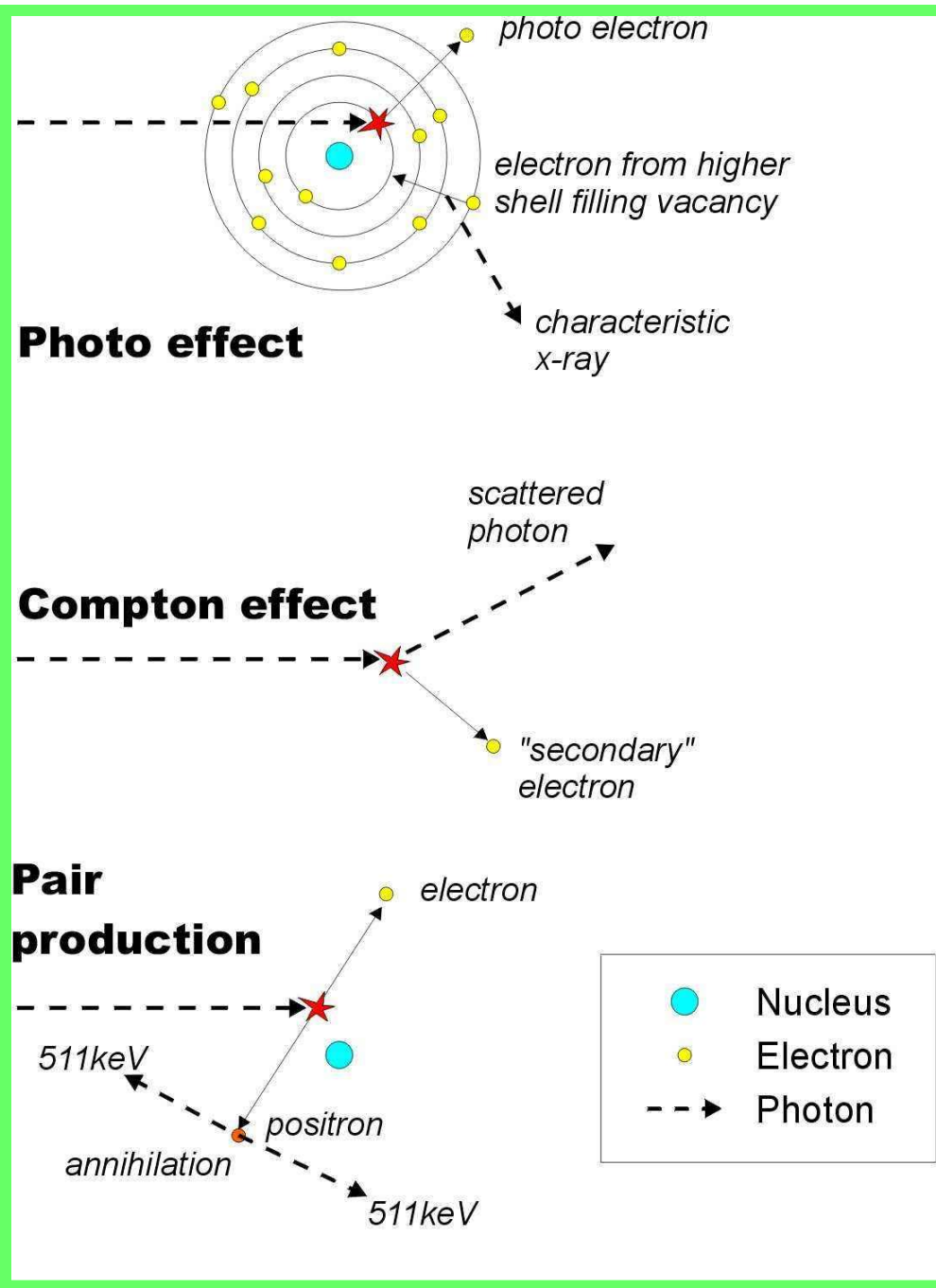
□ Spektrum (interakce v atomu na terčích)



Vysokoenergetické
fotonové záření
< 1 MeV

Interakce IZ v látce





□ RTG TERAPIE

□ dělení:

- povrchová 50 - 100 kV
- polohlubková 100 – 160 kV
- hloubková 160 – 400 kV
- supervoltážní nad 700 kV

□ MEGAVOLTOVÁ TERAPIE = VYSOKOENERGETICKÉ ZÁŘENÍ

- brzdné záření X LINAC – energie vyšší než 1 MeV
- gama záření radioisotopů – od energie ^{137}Cs – 0,66 MeV (včetně)
- záření β – (urychlené elektrony) – energie nad 6 MeV
- Těžké nabitě částice – (protony, ionty) – energie 250 MeV



Zdroje megavoltážní terapie

I. radionuklidové zdroje (=radioisotopy)

^{137}Cs – malé a střední ozařovače

- *polovrstva:* 5 mm Pb, $T_{1/2} = 33$ let
- *indikace:* pro hlavu a krk, výhodný u tumorů, kde se střídá kost a měkká tkáň, tumory povrchová a podpovrchové šířící se do hloubky 3 – 5 cm, regionální lymfatické uzliny, paliace a protizánětlivé ozařování

^{60}Co – velké ozařovače

- *polovrstva:* 11 mm Pb, $T_{1/2} = 5,26$ let

II. Generátory - urychlovače částic

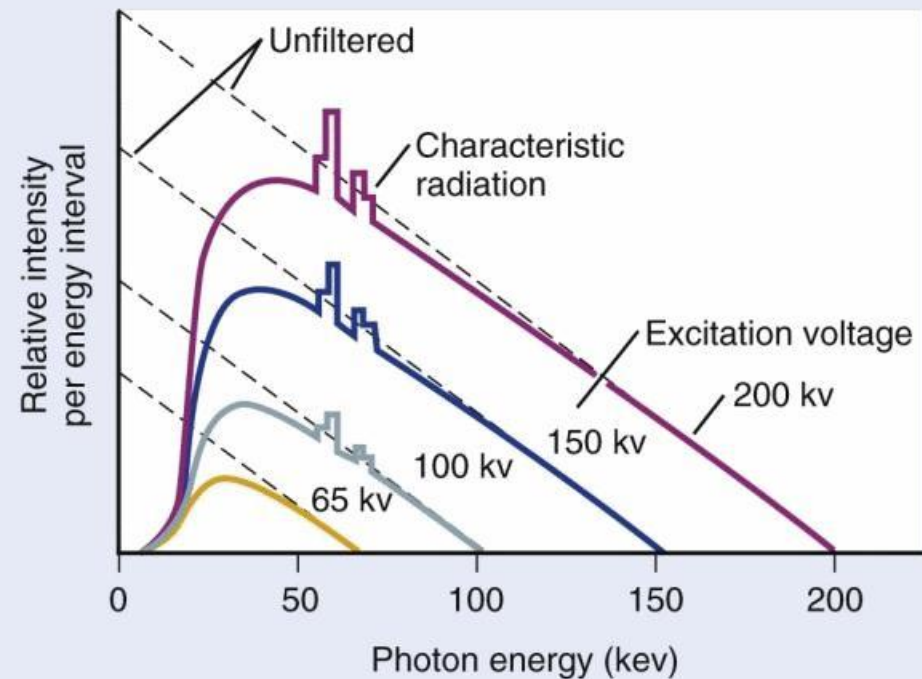
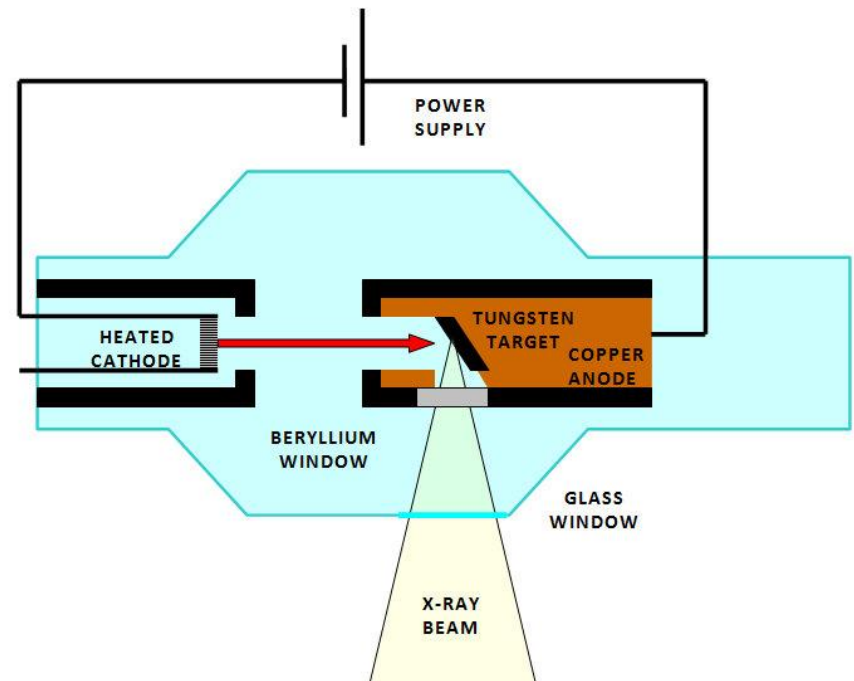
- Přístroje schopné urychlovat elektricky nabitě částice na vysokou energii. Buď přímo urychlené částice (urychlené elektrony, kladně nabitě částice) nebo záření vzniklé jejich dopadem na terčik (vysokoenergetické fotonové záření, neutrony).



Kilovoltážní rtg svazky

- Rentgenka – dopad urychlených elektronů na stacionární anodu
- Brzdné + charakteristické záření
- Filtrované spektrum – odstranění nízkoenergetické složky záření, která pouze zvyšuje dávku na kůži
- Chlazená anoda (W, Cu)
- Parametry: velikost ohniska, **HVL** – polotloušťka (tloušťka filtru – mm Al, která zeslabí intenzitu dopadajícího záření na polovinu)

SCHEMATIC OF KILOVOLTAGE X-RAY UNIT



Kilovoltážní rtg svazky

Grenz-ray terapie

- ~ 1923
- 10-15 kV, HVL \approx 0.05 mm Al
- Použitelné hloubky \sim 0.5 mm

Povrchová terapie

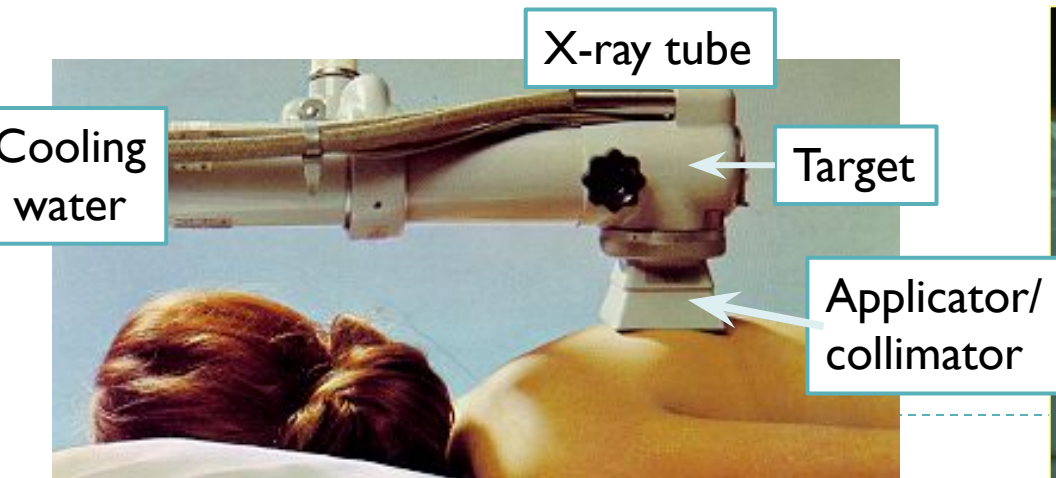
- 50 – 150 kV, různá filtrace: HVL \approx 1-8 mm Al
- Aplikátory tubusy, SSD \sim 15-20cm
- Hloubky \sim 5 mm

Kontaktní (endokavitární) terapie

- Do 1975
- 40-50 kV, HVL \approx 0.5 – 1 mm Al
- Kráté SSD
- Hloubky \sim 1 - 2 mm

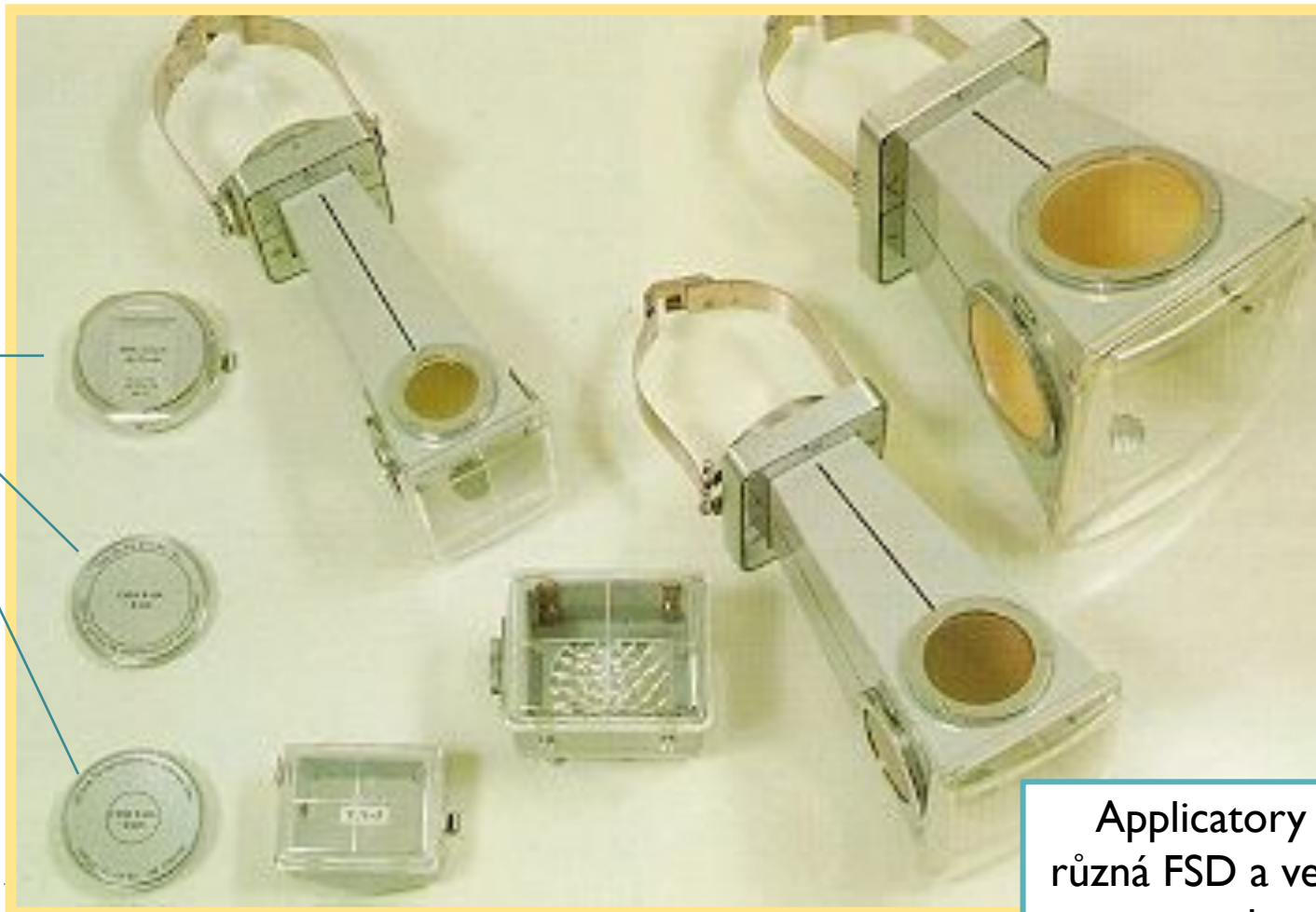
Ortovoltážní terapie

- 150-500 kV, různá filtrace: HVL \approx 1 - 4 mm Al
- Clony, tubusy, SSD \sim 50 cm
- Hloubky 2-3 cm
- omezení: dávky na kůži, absorpce v kostech



Vybavení – kilovoltážní svazky (150 – 400 kVp)

□ Různé aplikátory a filtry

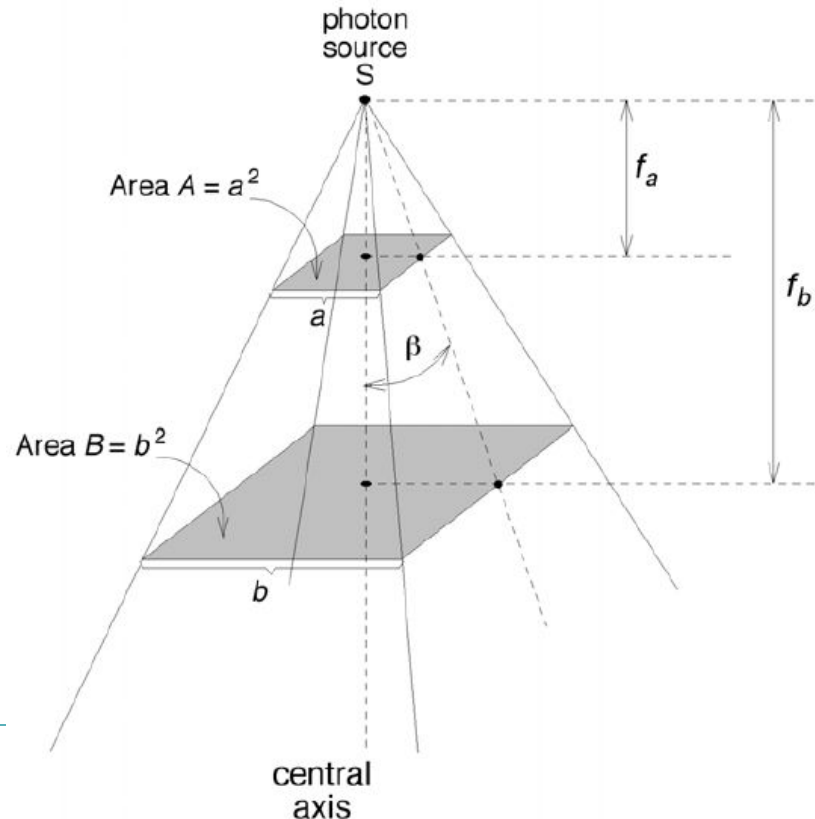


filtry

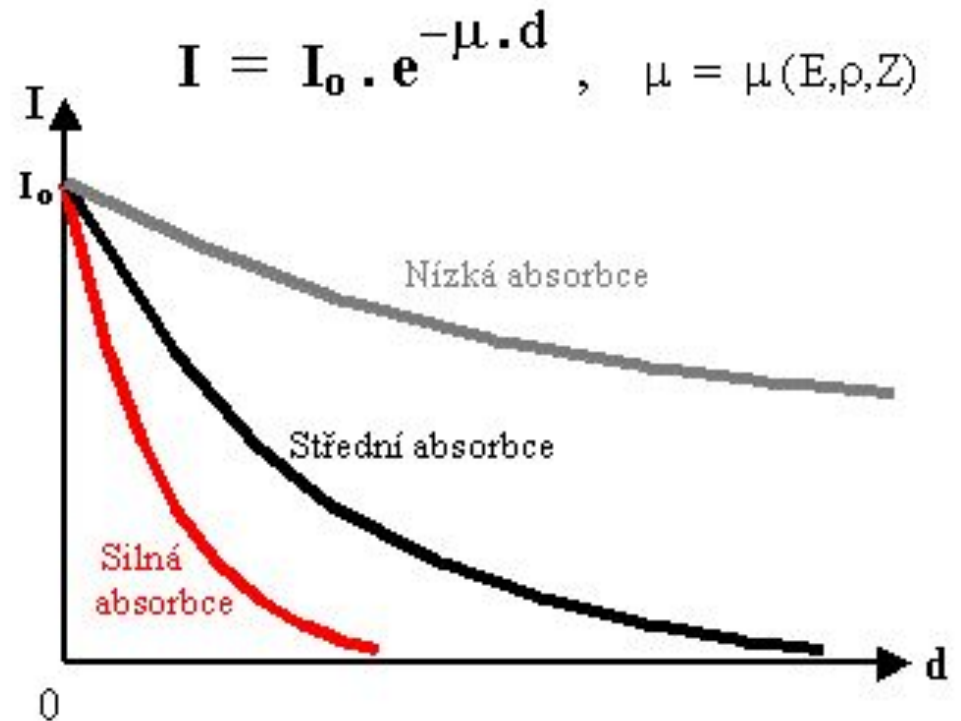
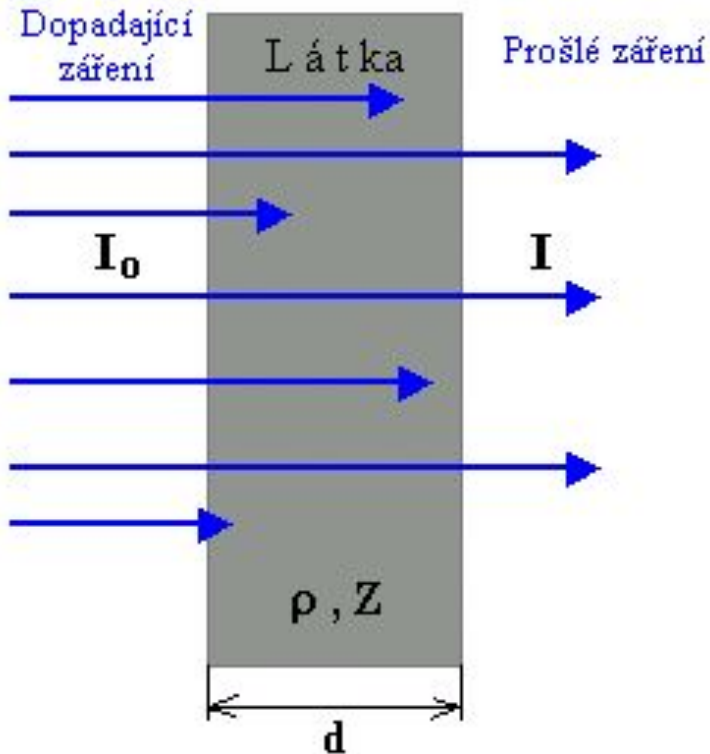
Applicatory pro
různá FSD a velikosti
pole

Inverzní čtvercový zákon-divergence svazku

- Ve vzduch dochází k divergenci svazku IZ
- Intenzita záření klesá se čtvercem vzdálenosti od zdroje (f^2)
- Platí, že součin kermy a plochy ($K_a \cdot a^2$ (ve vzdálenosti f_a)) svazku je stejný v různé vzdálenosti od zdroje
- Dávka ve tkáni významně závisí na vzdálenosti ohnisko – kůže (FSD)

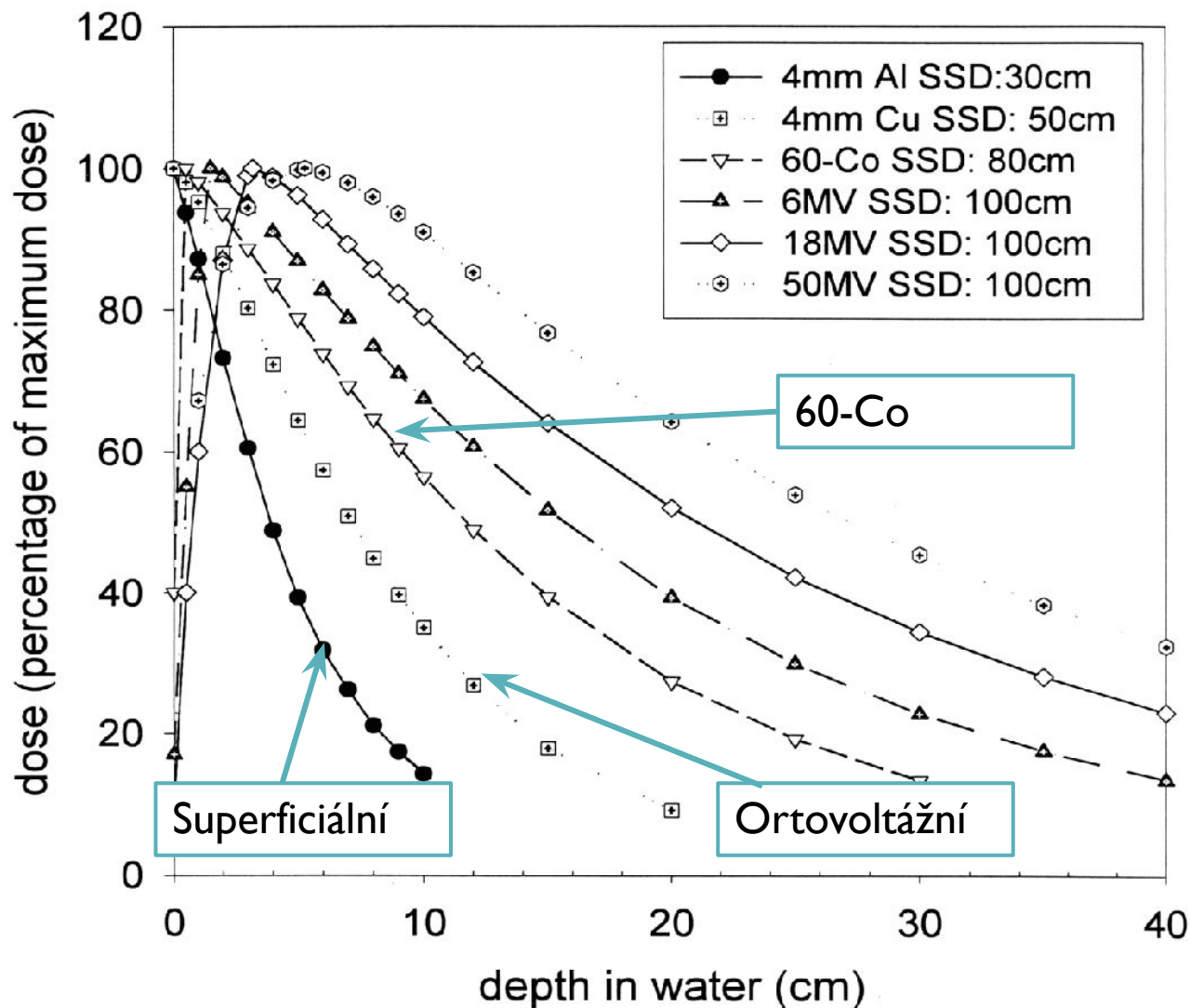


Exponenciální zeslabení IZ v látce



Hlubková dávková křivka

Dávka na kůži !!



Megavoltážní radioterapie

- Radionuklidové ozařovače - ^{60}Co
- Lineární urychlovač (4-25 MV)
- Efekt šetření kůže
- Vzdálenost ohnisko – kůže 80 – 100 cm
- Izocentrické ozařovací techniky



Zdroje v externí radioterapie

Radionuklidové ozařovače

- + Jednodušší konstrukce
- + Stabilní energie záření
- + Nízké náklady na napájení
- + Nepotřebuje klimatizaci a chlazení
- Nákladná likvidace
- Emise záření nezávisle na napájení
- Omezený dávkový příkon bez modulace
- Omezený výběr energií
- Pokles dávkového příkonu – nutná výměna zdrojů

Generátory

- + Vyšší dávkový příkon a možnosti modulace
- + Jednoduchá likvidace
- + Možnost změny energie
- + Bez napájení neemituje záření
- Složitější konstrukce
- Nutnost stabilizovat energii záření a dávkový příkon
- Vyšší požadavky na kvalitu napájení z el. sítě
- k provozu nutná klimatizace a chlazení



Fotonové svazky

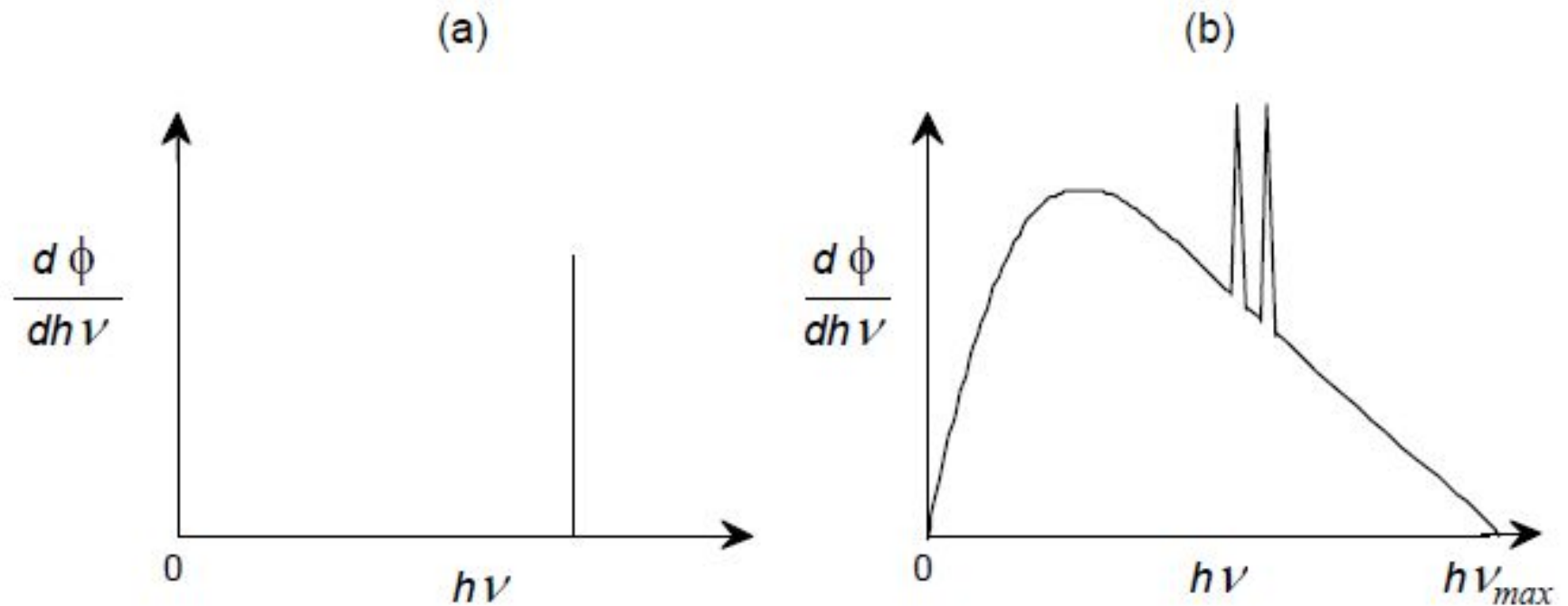


FIG. 6.1. Typical spectra for (a) monoenergetic and (b) heterogeneous photon beams.



Build – up efekt

- Fotonové svazky
- Dosah sekundárních elektronů závisí na energii
- Dopředný směr sekund elektronů – depozice energie
- Snižuje dávku na kůži
- Efekt snižují modifikátory svazku, šikmé projekce, pole
- Eliminace pomocí tzv. build-up kůži pacienta

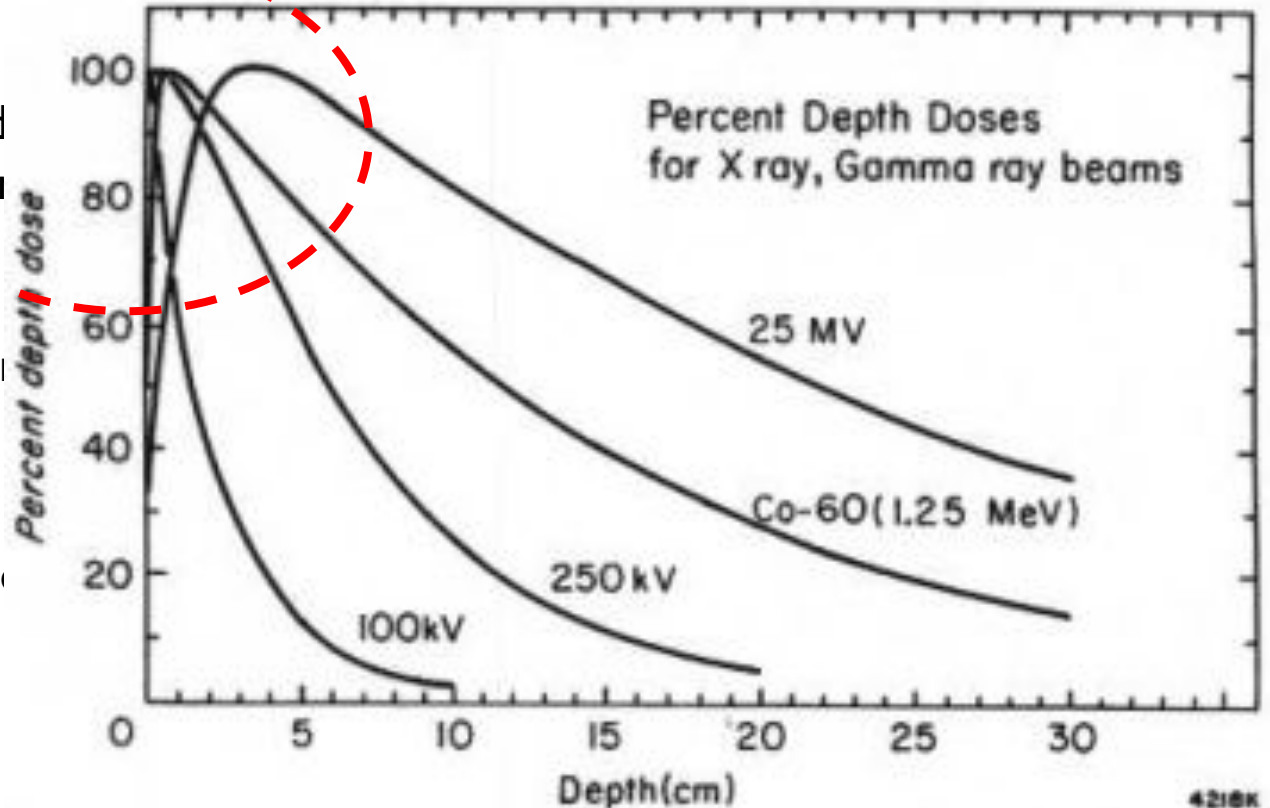
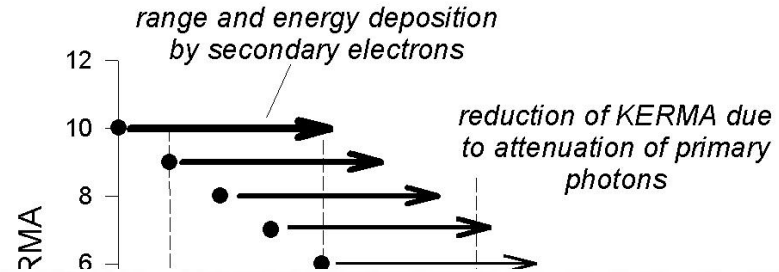
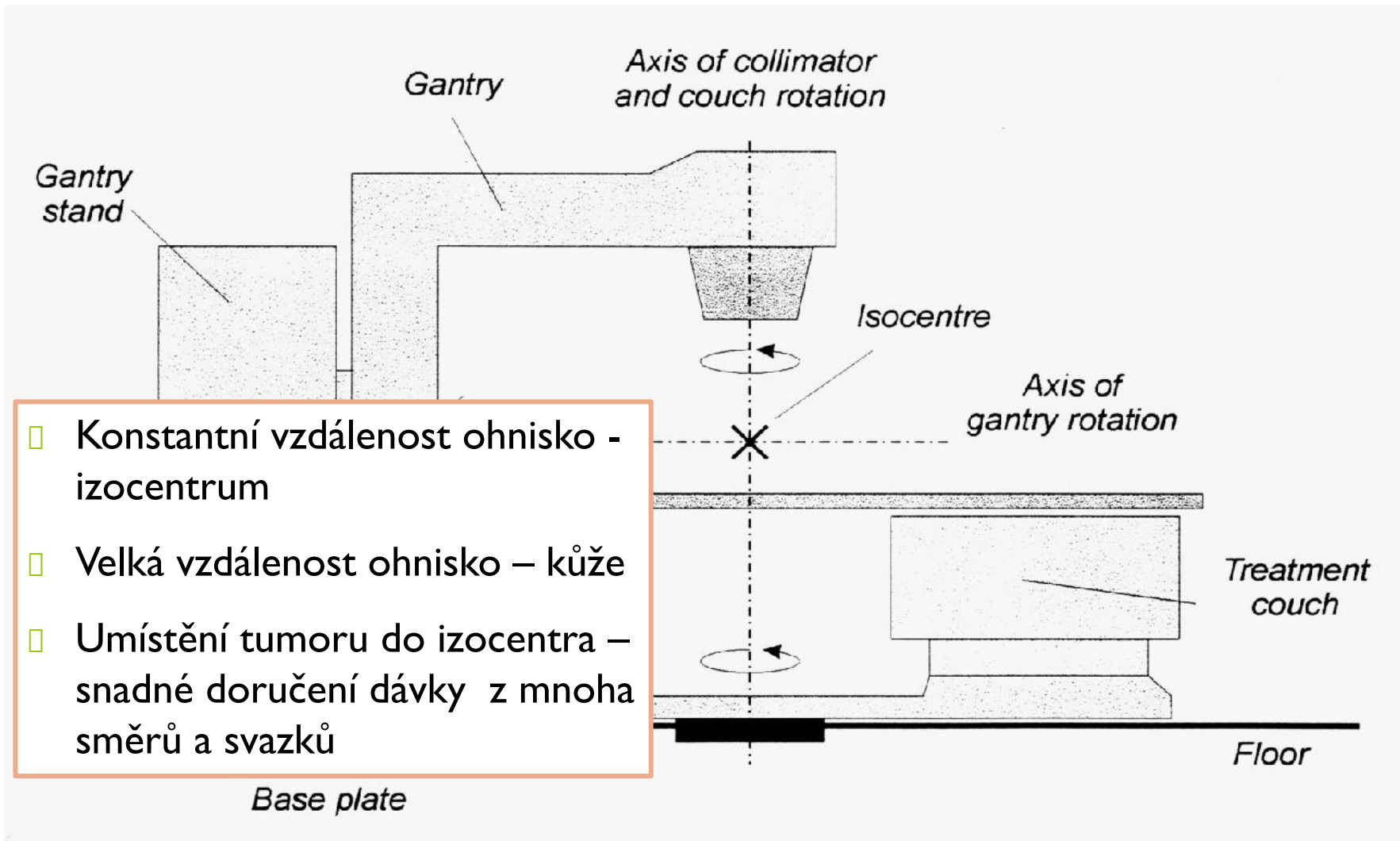


Figure 6: On the build-up in photon beams

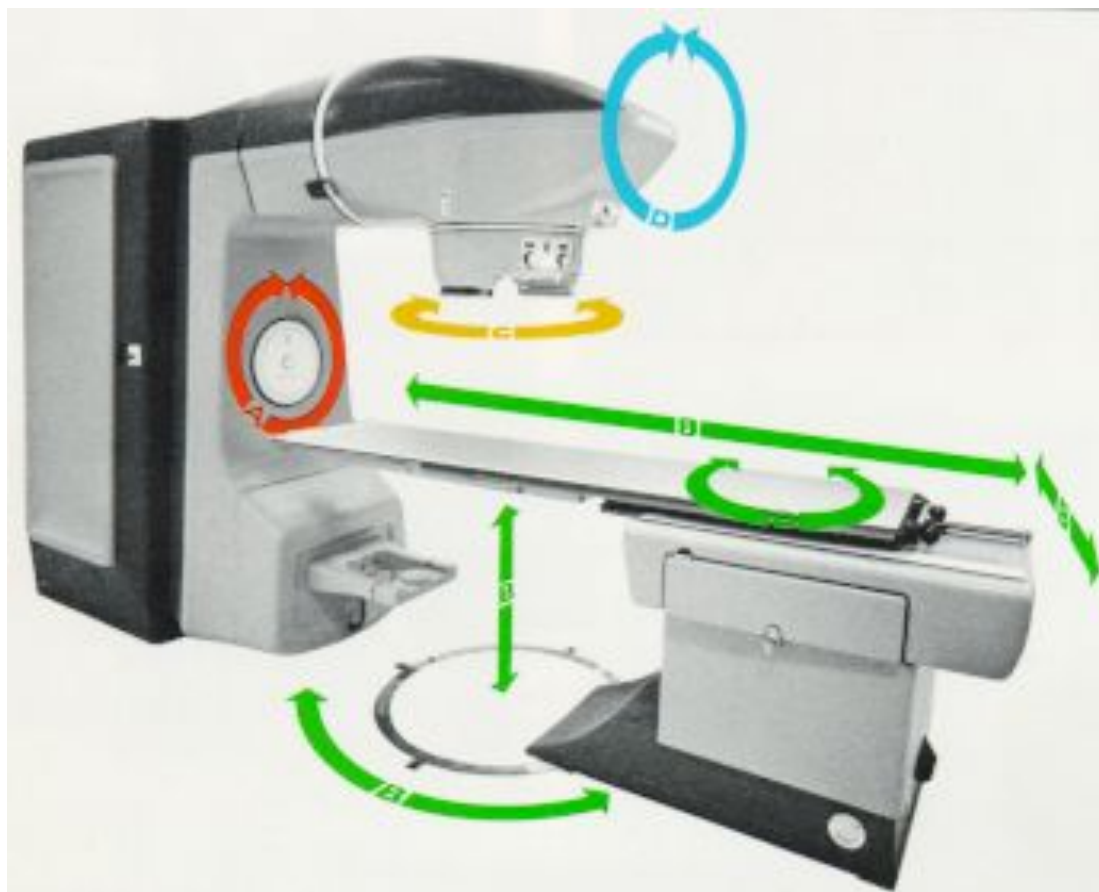
Izocentrická technika



Izocentrická technika

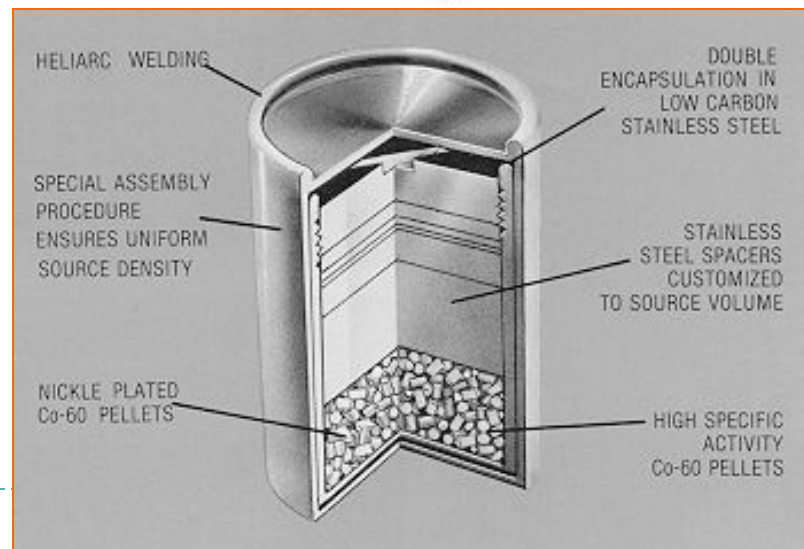
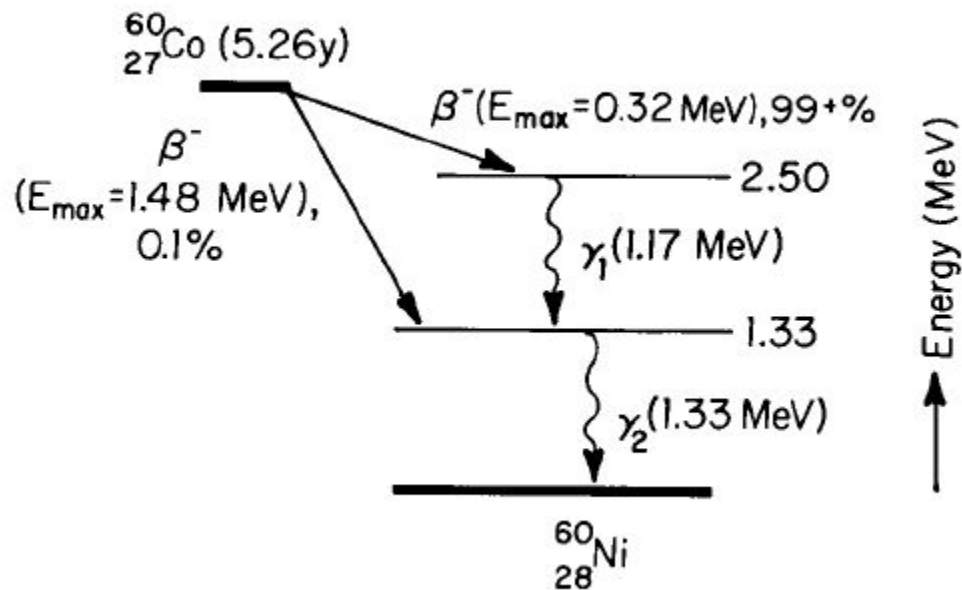
- Izocentrická technika – pohyb všech komponent okolo jednoho izocentra

- kolimátor
- gantry
- stůl



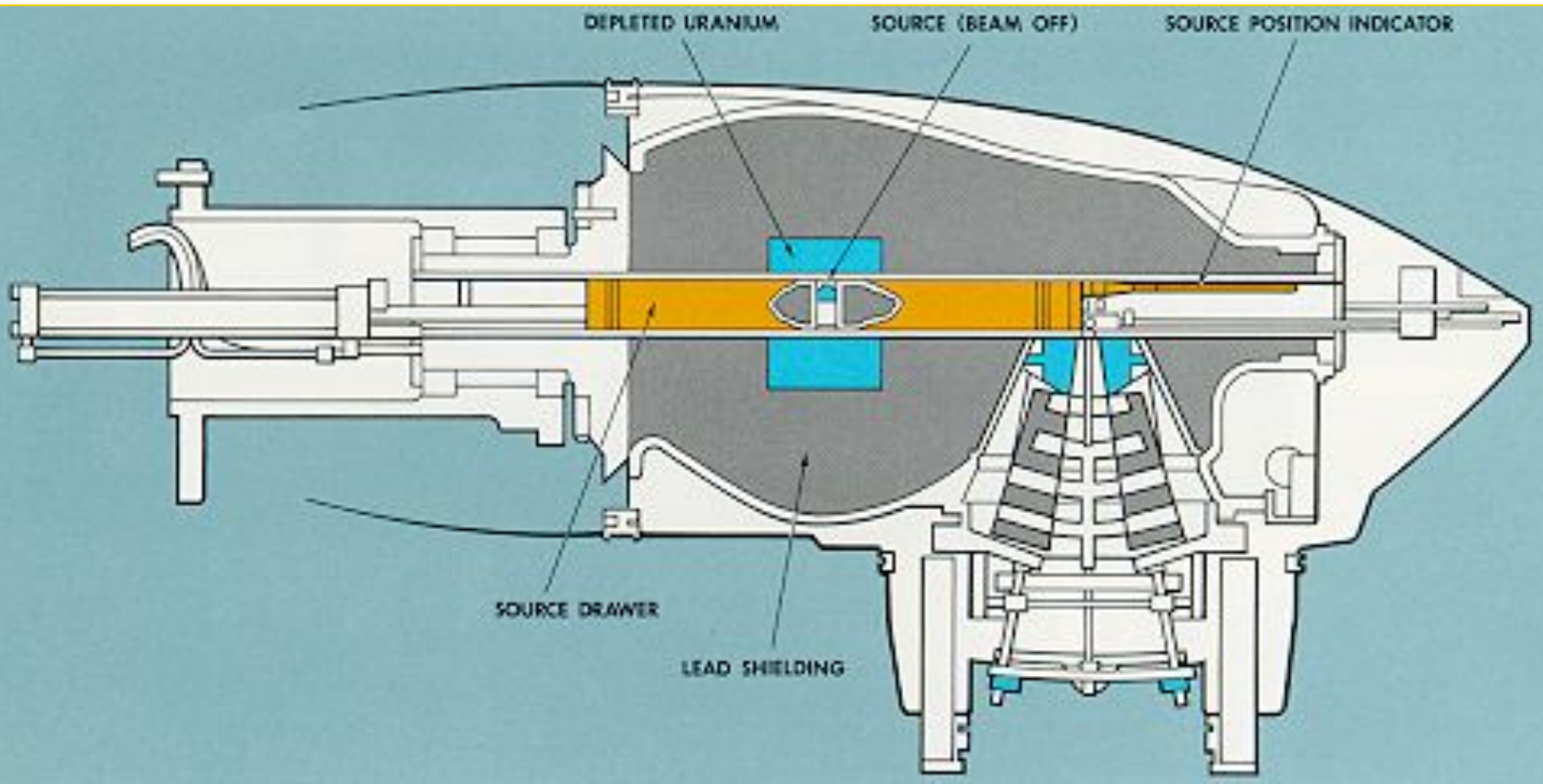
Co-60

- $^{60}\text{Co}: ^{59}\text{Co} + ^1_0\text{n} = ^{60}\text{Co}$
- γ 1.17 a 1.33 MeV
- Dvojité zapouzdření – odolné vůči velmi vysokým teplotám a odstranění kontaminačního záření
- Dávkový příkon v 80cm 100-200 cGy/min
- $T_{1/2} = 5,26$ let
- Výměna zdroje za cca $1 T_{1/2}$
- $D_{\text{max}} = 0.5$ cm



Co-60

□ Hlavice ozařovače



Co-60 - Polostín

- Geometrický polostín
 - Rozměry zdroje $> 2\text{cm}$
- Transmisní polostín
 - Velikost pole, tvar hran bloků (vnější povrch // okraj svazku)
- Fyzikální polostín
 - dozimetricky

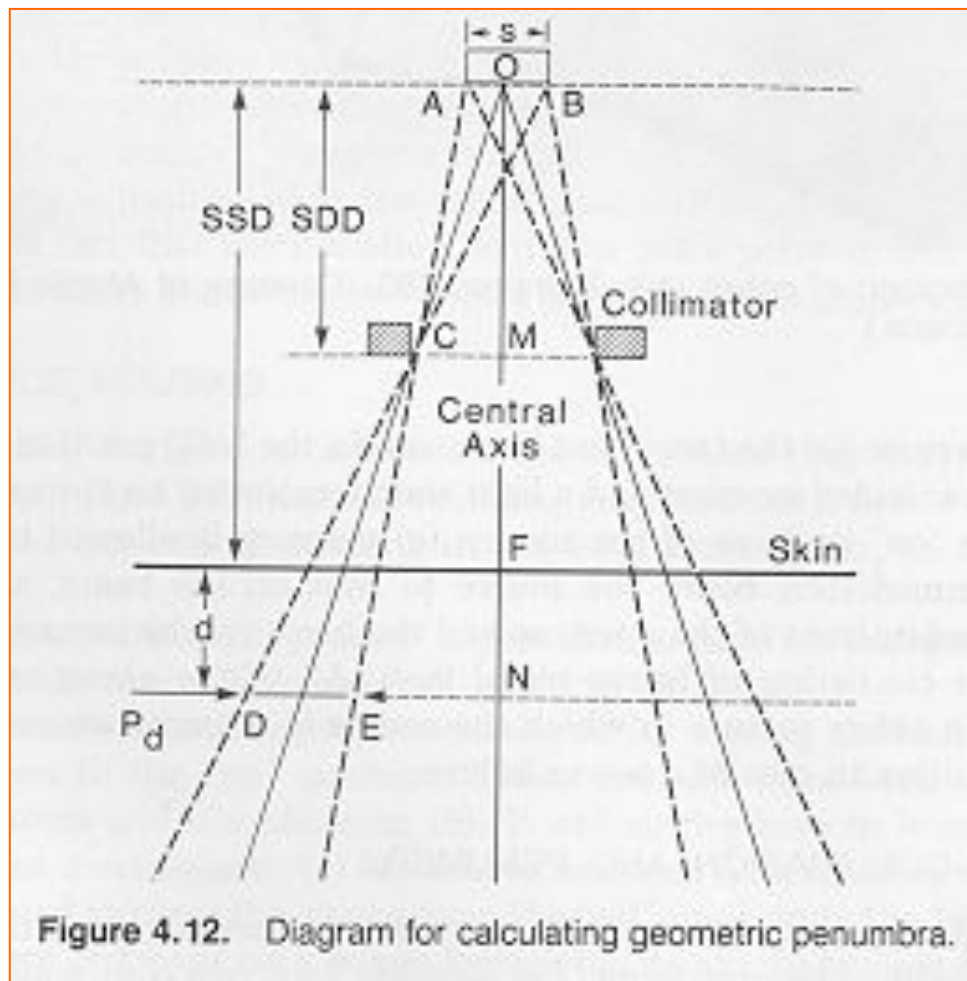
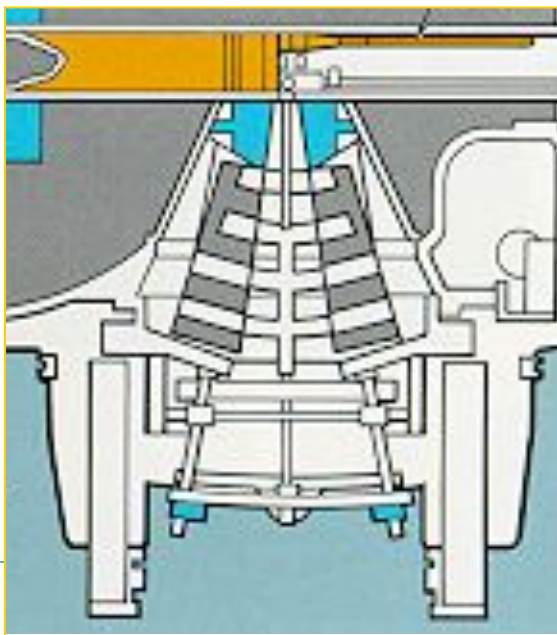


Figure 4.12. Diagram for calculating geometric penumbra.

Radiační zátěž personálu

- Unikající záření z hlavice kobaltového ozařovače, v případě kdy je zdroj ve **stíněné (Off) pozici**
 - Max $10 \mu\text{Gyh}^{-1}$ v 1 metru od zdroje
 - Max $200 \mu\text{Gyh}^{-1}$ v 5 cm od zdroje
- Stanovte dávku, kterou obdrží personál nastavující pacienty na ozáření za 1 rok
- Předpokládejme
 - 200 pracovních dní, 8 h pracovní doba
 - 10 % z pracovní doby stráví pracovník v ozařovně
 - Průměrný dávkový příkon v ozařovně $3 \mu\text{Gyh}^{-1}$



Radiační zátěž personálu

- Unikající záření z hlavice kobaltového ozařovače, v případě kdy je zdroj ve **stíněné (Off) pozici**
- Stanovte dávku, kterou obdrží personál nastavující pacienty na ozáření za 1 rok
- $Dávka = 0.3 \times 200 \times 8 \times 1 \mu\text{Gy} = 0.5\text{mGy/rok}$

