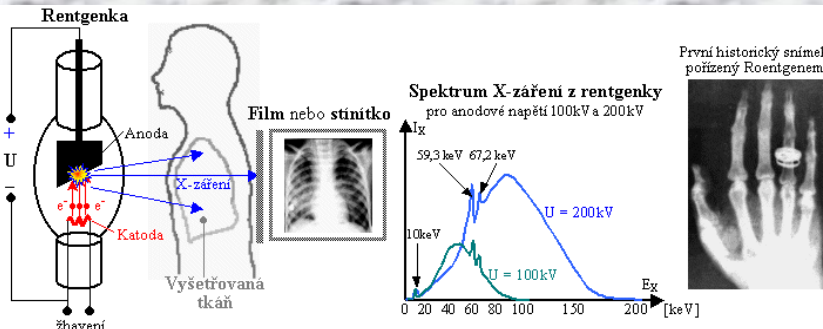
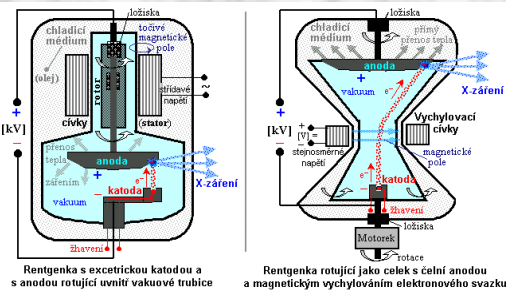


RENTGENKY V PROMĚNÁCH ČASU

— OD KATODOVÉ TRUBICE PO URYCHLOVAČE —

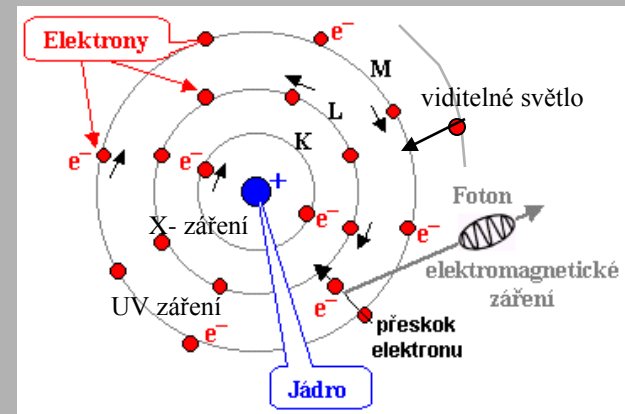
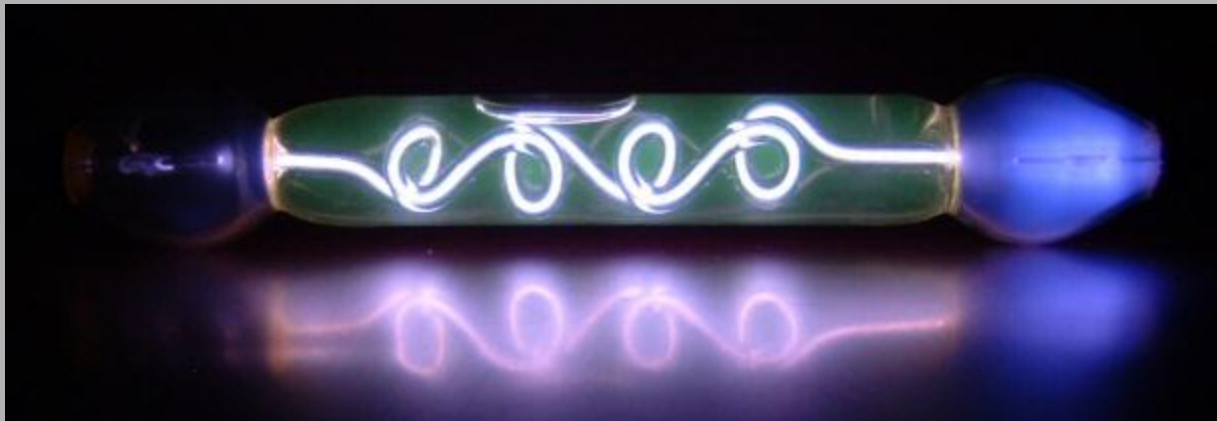
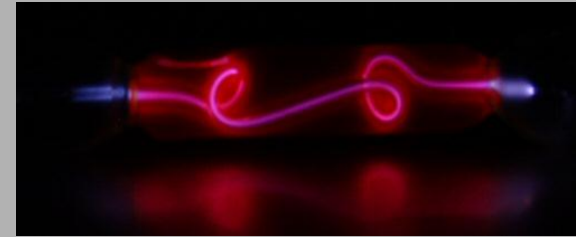
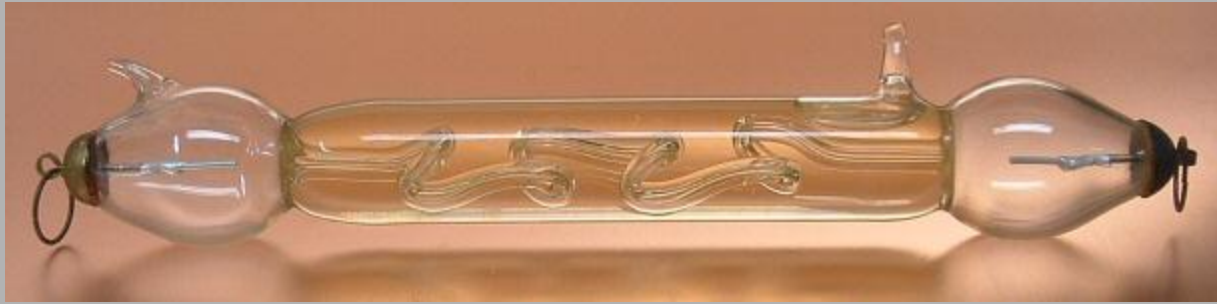
Vojtěch Ullmann
fyzik

Klinika nukleární medicíny FN Ostrava
Ústav zobrazovacích metod ZSF OU Ostrava



VÝBOJKY:

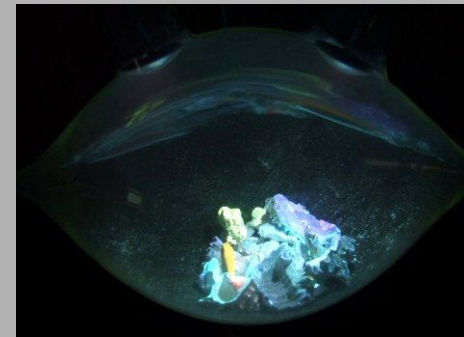
plynem plněné trubice s elektrodami, na něž je přiváděno vysoké napětí ($>100\text{V}$)



KATODOVÉ TRUBICE:

velmi zředěným plynem naplněné trubice s elektrodami (výbojky), na něž je přiváděno velmi vysoké napětí (několik kilovoltů)

Crookesovy trubice



KATODOVÉ TRUBICE:

velmi zředěným plynem naplněné trubice s elektrodami (výbojky), na něž je přiváděno velmi vysoké napětí (několik kilovoltů)

z katodových trubic se později vyvinuly
OBRAZOVKY



elektrostatické vychylování

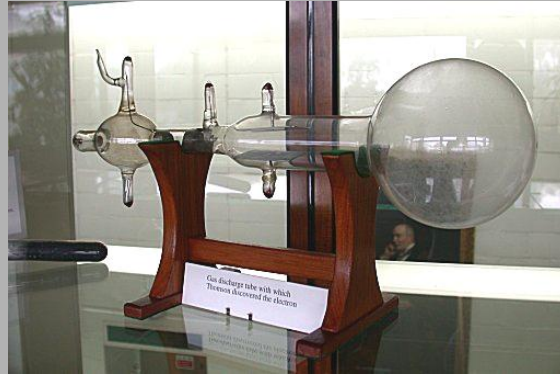
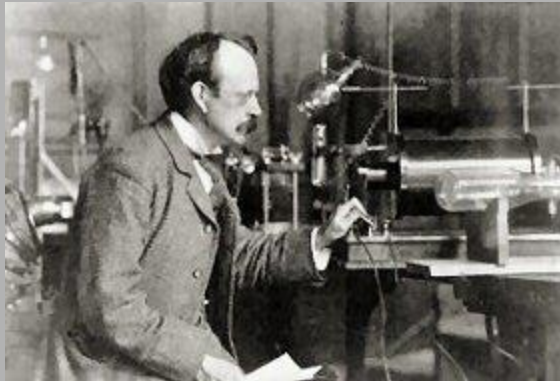


elektromagnetické vychylování

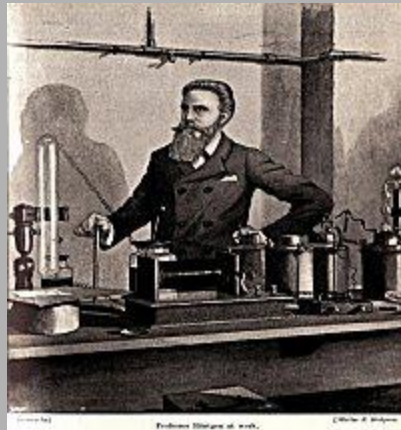
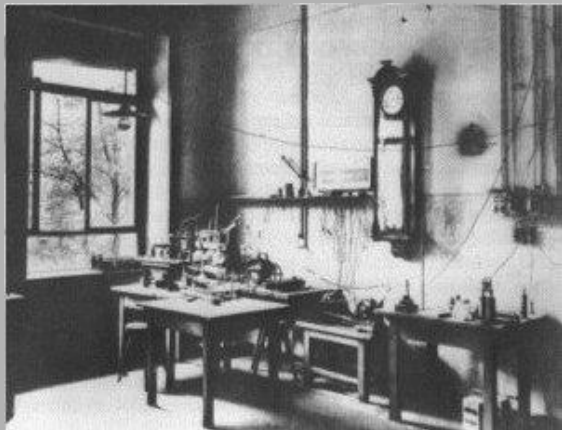


KATODOVÉ TRUBICE:

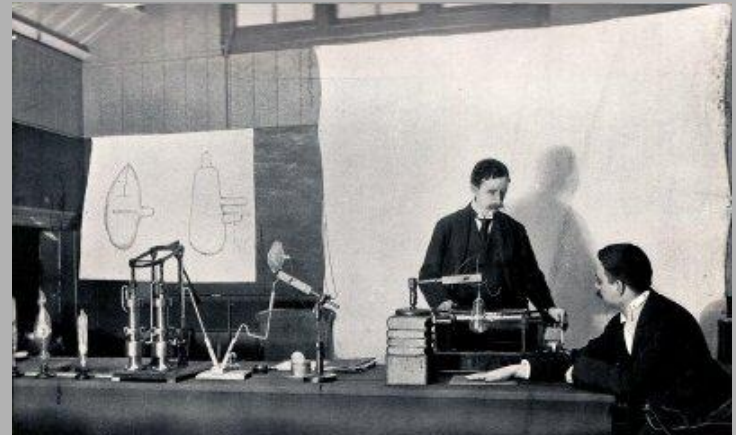
velmi zředěným plynem naplněné trubice s elektrodami (výbojky), na něž je přiváděno velmi vysoké napětí (několik kilovoltů) - Crookesovy trubice



r.1895: J.J.Thomson - objev **elektronů** → první model atomu

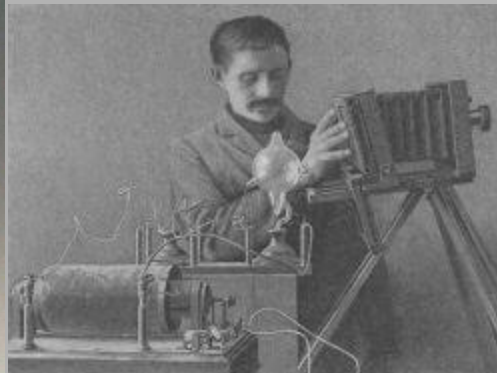


1895: W.C.Röntgen - objev X-záření ;



současně s ním H.Jackson a
A.A.Campbell-Swinton

PRVNÍ RENTGENKY se „studenou katodou“: katodové trubice se speciálně upravenými elektrodami



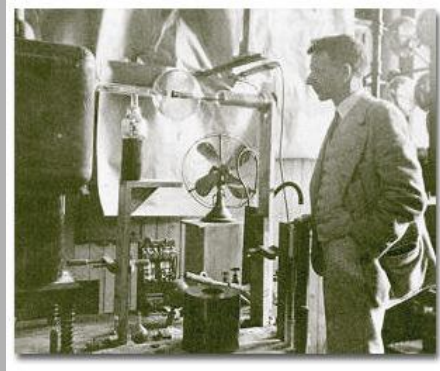
Jacksonova rentgenka s
konkávní fokusační katodou



Výboj ve zředěném plynu → ionizace → uvolnění elektronů
→ urychlení k anodě → dopad na antikatódu →
→ vznik brzděného X-záření

VAKUOVÉ RENTGENKY SE ŽHAVENOU KATODOU:

žhavaná katoda → termoemise elektronů → urychlení k anodě → brzdné X-záření



W.D.Coolidge r.1913:
rentgenka se žhavenou katodou

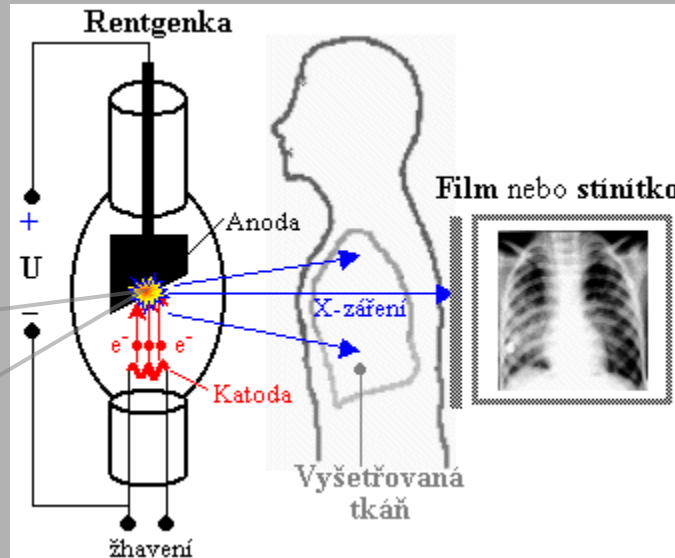


Kenotron Philips 28136

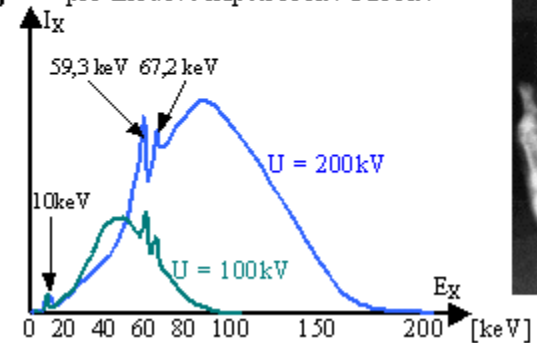
Kenotron - usměrňovací vysokonapěťové diody se žhavenou katodou



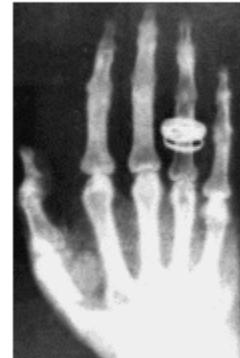
Coolidgeovy rentgenky



Spektrum X-záření z rentgenky
pro anodové napětí 100kV a 200kV



První historický snímek pořízený Roentgenem

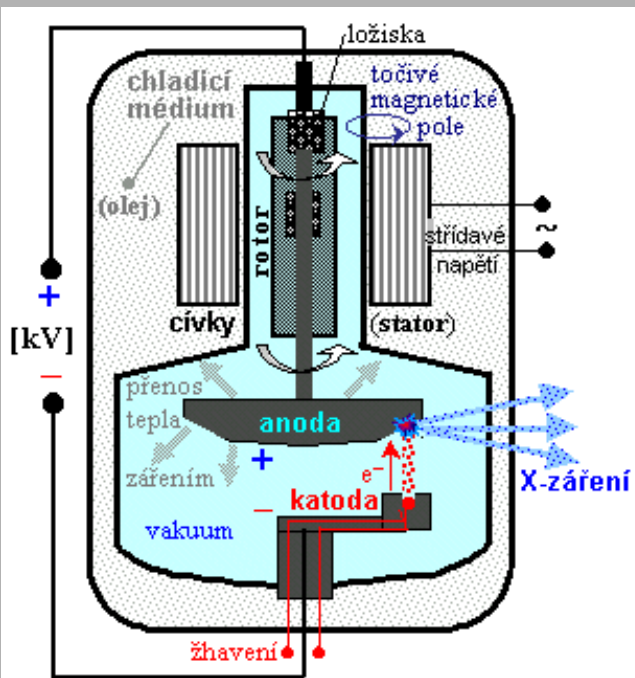


VAKUOVÉ RENTGENKY SE ŽHAVENOU KATODOU

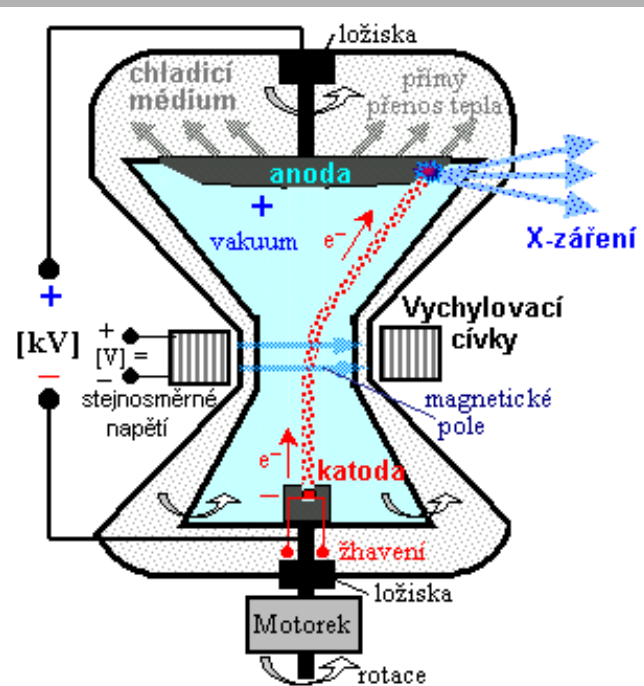
žhavaná katoda → termoemise elektronů → urychlení k anodě → brzdné X-záření

a

ROTUJÍCÍ ANODOU:



Rentgenka s excetrickou katodou a s anodou rotující uvnitř vakuové trubice



Rentgenka rotující jako celek s čelní anodou a magnetickým vychylováním elektronového svazku

W.D.Coolidge r.1915 + General Electric
rentgenka se žhavenou katodou a rotující anodou

VAKUOVÉ RENTGENKY SE ŽHAVENOU KATODOU

ROTUJÍCÍ ANODOU^a

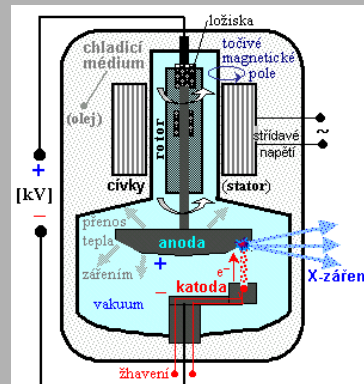
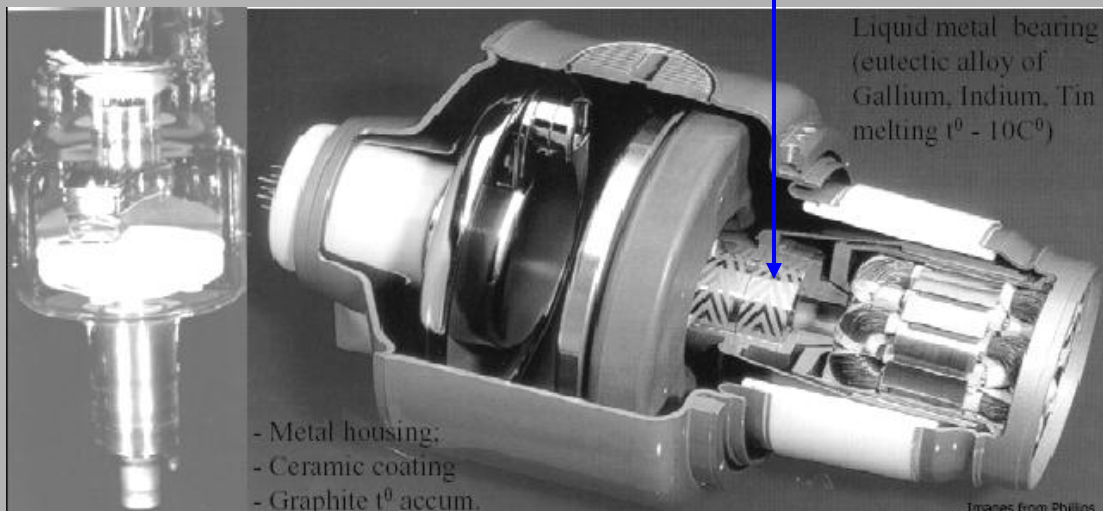
Problém: chlazení anody ; opotřebování ložisek rotující anody

Dvě cesty řešení:

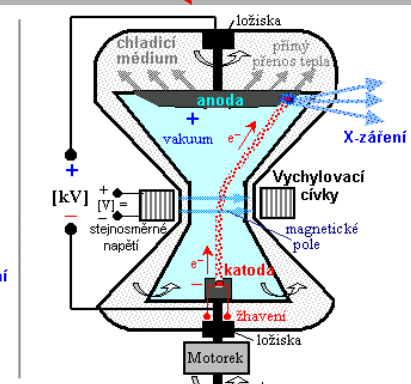
- Hydrodynamické mazání ložisek roztaveným kovem

- Chlazení anody -aktivní

- čelní anoda, rotace celé rentgenky - **STRATON**



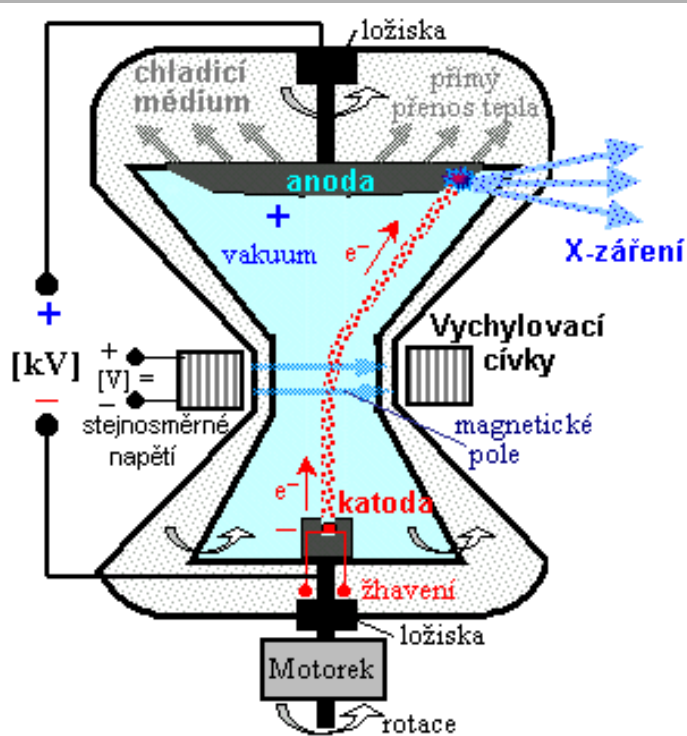
Rentgenka s excitrickou katodou a s anodou rotující uvnitř vakuové trubice



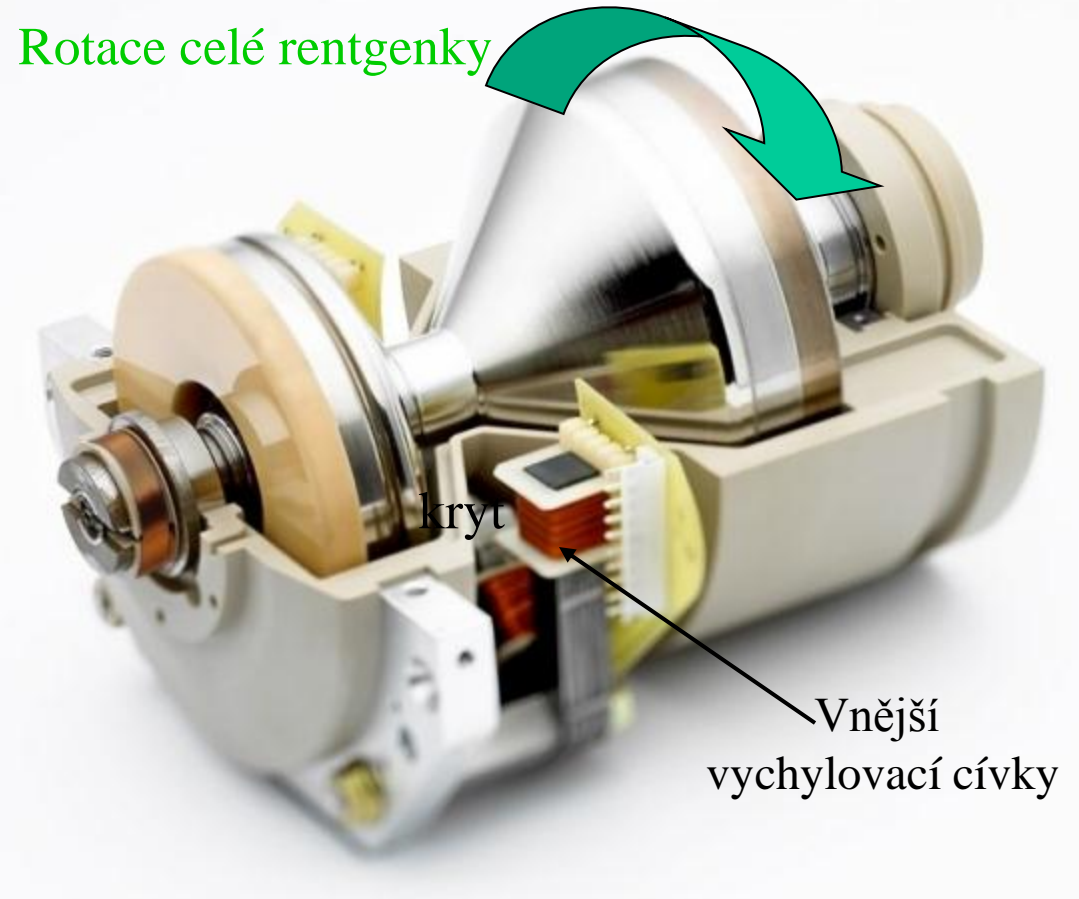
Rentgenka rotující jako celek s čelní anodou a magnetickým vychylováním elektronového svazku

Rentgenka rotující jako celek

s čelní anodou v přímém styku s chladicím médiem
a s magnetickým vychylováním elektronového toku



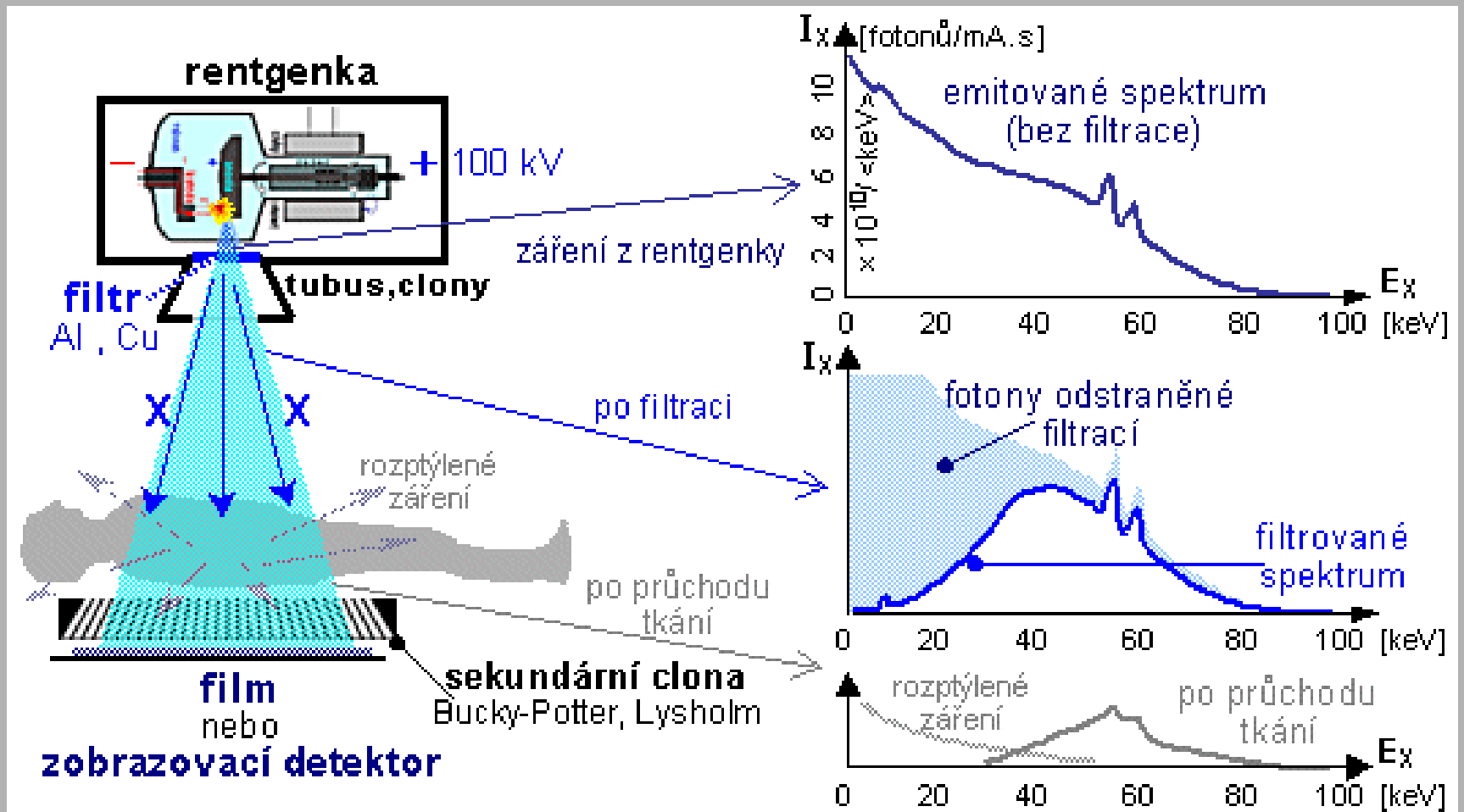
Rentgenka rotující jako celek s čelní anodou
a magnetickým vychylováním elektronového svazku



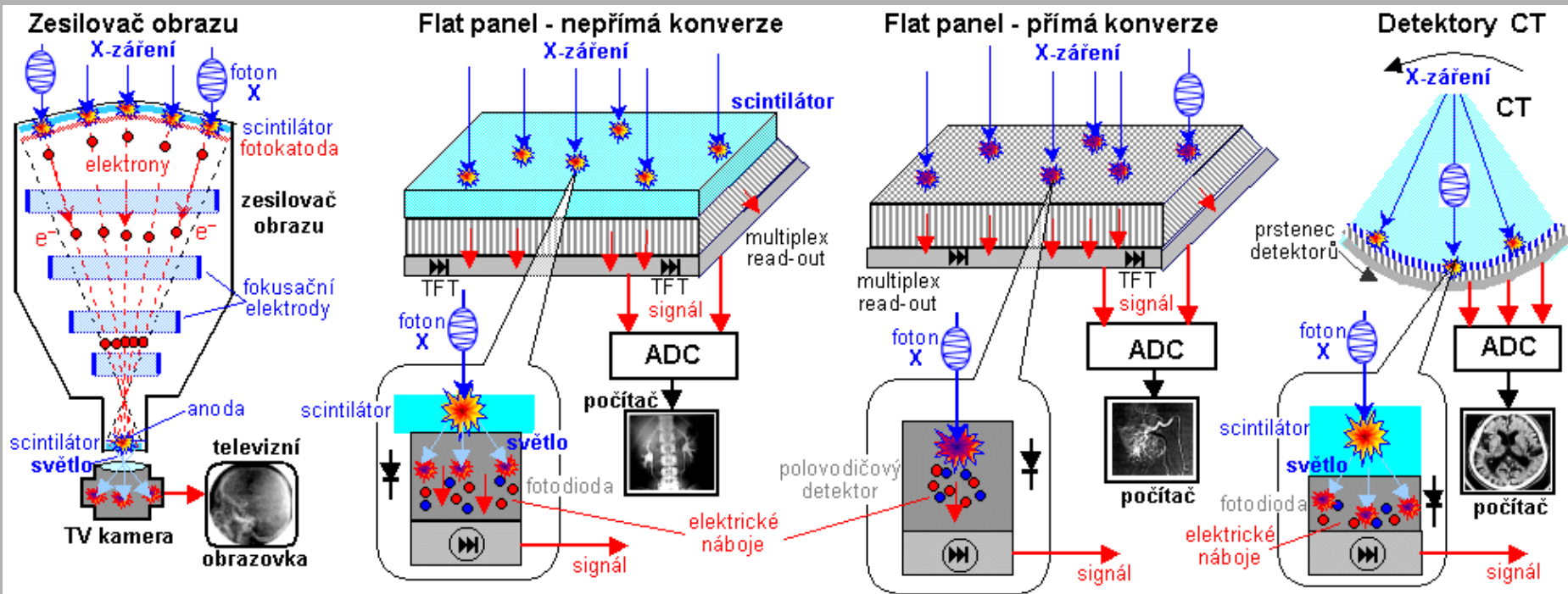
Rentgenka typu STRATON

planární RTG zobrazení

- skiografie nebo skiaskopie -



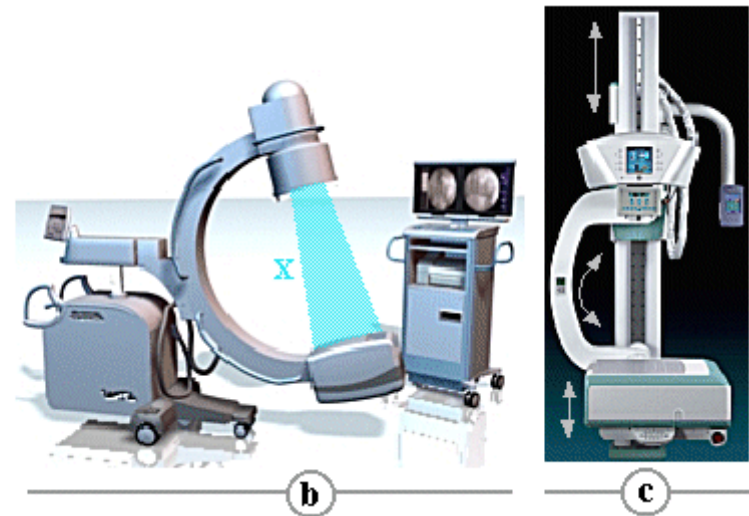
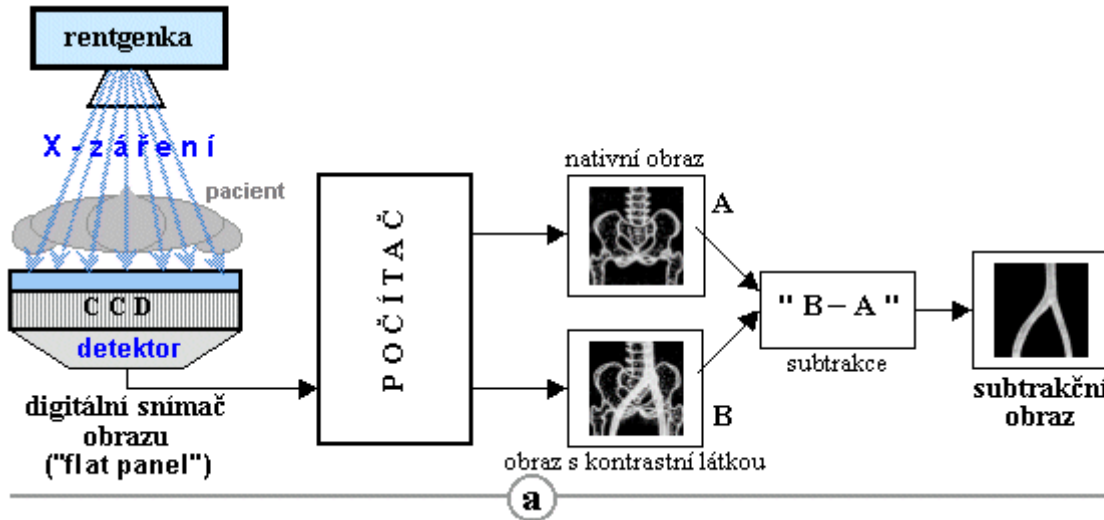
Elektronické zobrazovací detektory v rtg diagnostice



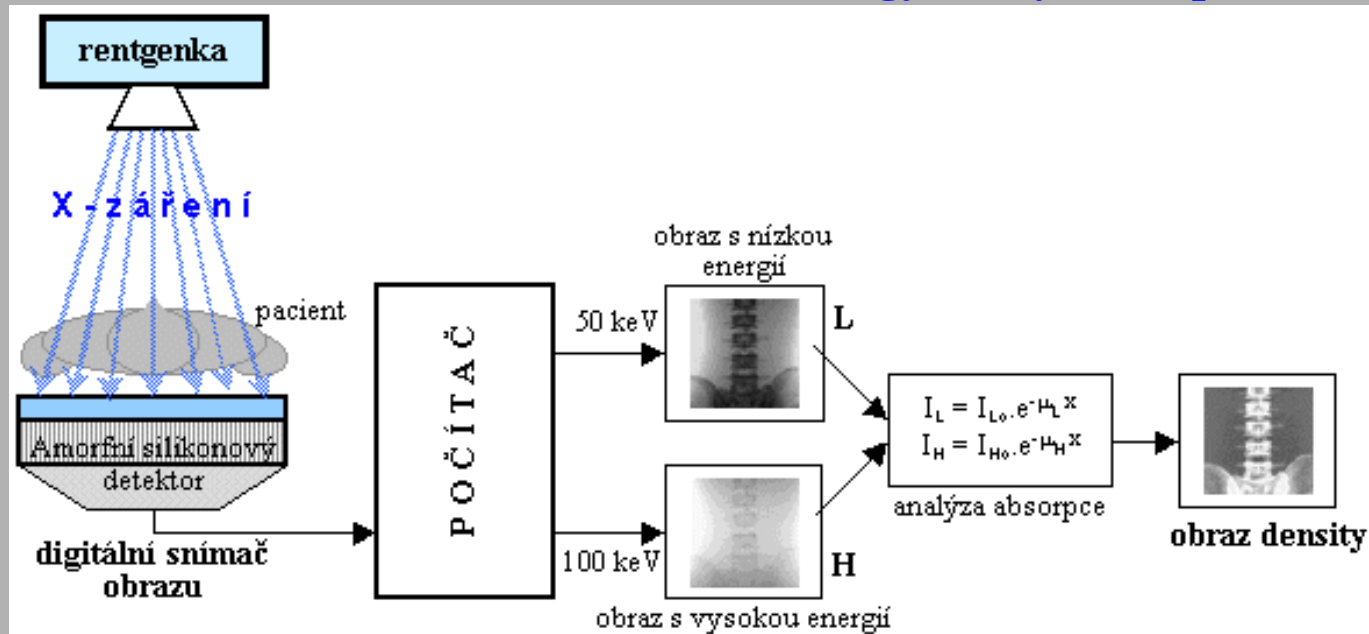
„přímá“ digitalizace

(„nepřímá“ digitalizace je jen provizorním přechodným řešením mezi filmovým „mokrým“ procesem a elektronickým zobrazením)

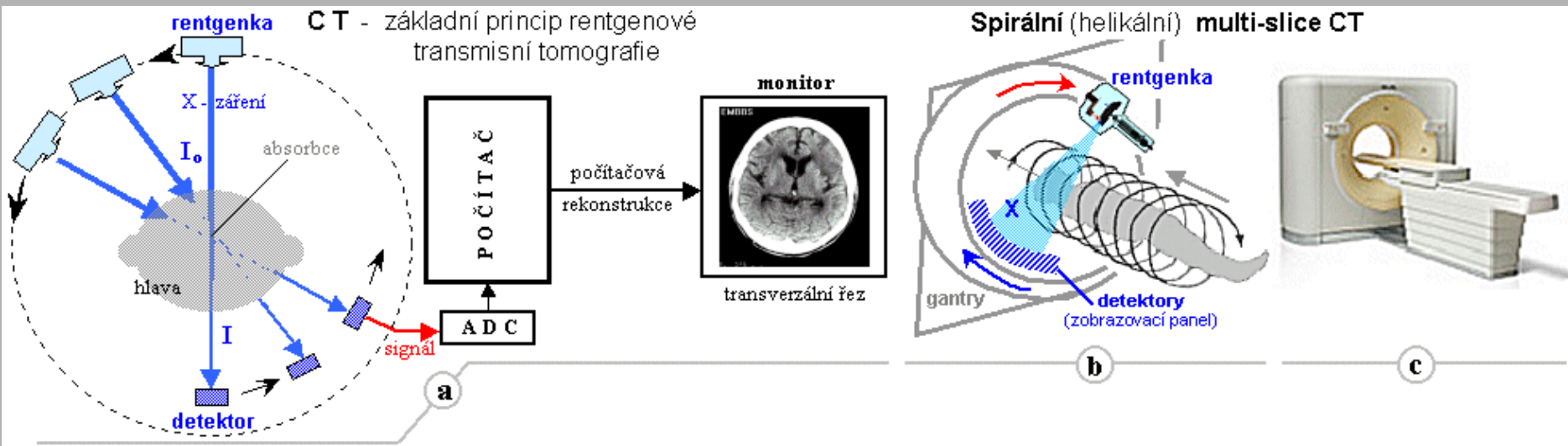
DSA - digitální subtrakční angiografie



RTG denzitometrie - DEXA Dual Energy X-ray Absorptiometry



Rentgenová počítačová tomografie C T



Obr.3.2.4

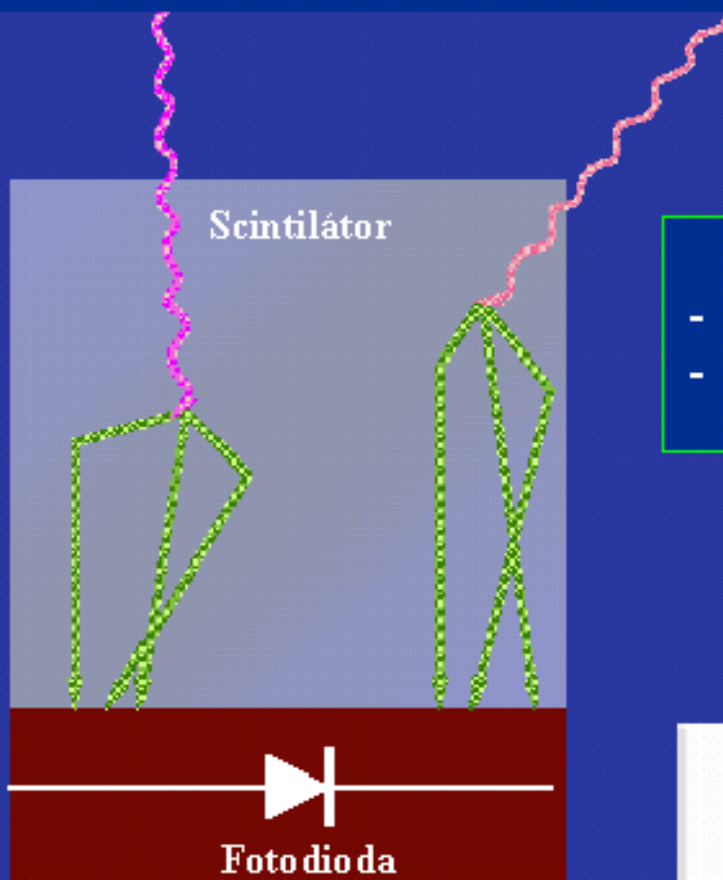
Detektory CT

UFC - (ultra fast ceramic)
- rychlé keramické scintilační detektory -

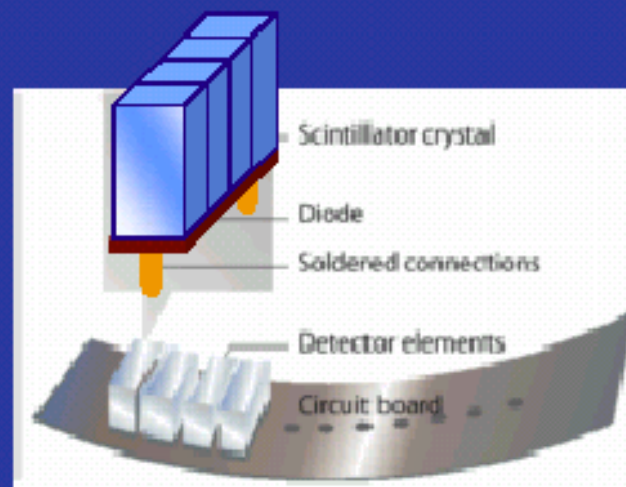
Dopadající
X-zářeni

Scintilace
viditelného
světla

Detekce
světelných
záblesků



- Vysoká detekční účinnost
- Vysoká rychlost



Vznik denzitního obrazu

Má-li podle obr.3.2.4 vlevo svazek X-záření, emitovaný rentgenkou a dopadající na vyšetřovanou oblast, počáteční intenzitu (tok fotonů za 1s) I_0 , pak jeho intenzita I po průchodu tkáně bude $I = I_0 \cdot e^{-\sum \mu(i,j) \cdot \Delta x}$, kde $\mu(i,j)$ je lineární součinitel zeslabení X-záření pronikajícího místem tkáně o souřadnicích i,j a Δx je velikost (délka ve směru paprsku) elementu tkáně. Hodnoty koeficientů $\mu(i,j)$ závisí na lokální hustotě a protonovém čísle jednotlivých míst (i,j) tkáně. Logaritmováním se tento vztah dá upravit na tvar: $\ln(I/I_0) = \sum \mu(i,j) \cdot \Delta x$, který říká, že logaritmus poměru intenzit X-záření vstupujícího do vyšetřované tkáně a z ní vystupujícího, se rovná součtu součinů lineárních koeficientů zeslabení μ a drah Δx , které fotony X-záření v jednotlivých místech tkáně překonávají.

Měřením při různých polohách (úhlech) rentgenky a detektoru se získá řada hodnot zeslabovacího poměru $\ln(I/I_0)$. Počítač pak v zásadě řeší soustavu lineárních rovnic shora uvedeného tvaru, čímž se získají hodnoty lineárních součinitelů zeslabení X-záření tkáňových elementů v jednotlivých místech (i,j) tkáně - vzniká **obraz denzity tkáně** v transverzálním řezu. V praxi se nepostupuje výše uvedeným přímočarým způsobem. Výsledný transverzální CT obraz se získává **rekonstrukcí** z jednorozměrných profilů distribuce intenzity prošlého paprsku X-záření při otáčení rentgenky a protilehlých detektorů kolem vyšetřovaného objektu. Pro tuto rekonstrukci se používá většinou metoda filtrované **zpětné projekce**, někdy i dokonalejší (avšak výpočetně náročnější) metoda **iterativní rekonstrukce**. Tyto rekonstrukční metody, které jsou analogické jako u SPECT, jsou stručně popsány v §4.3 "[Tomografická scintigrafie](#)"

I - intenzita γ nebo X-záření
 I_0 - výchozí intenzita

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

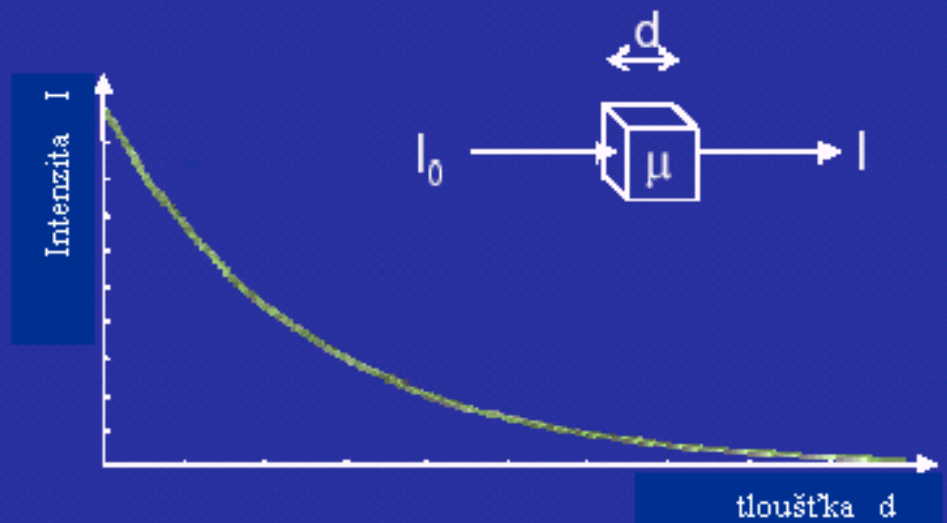
γ a X-záření je zeslabováno v důsledku fotoefektu a Comptonova rozptylu

A - atenuace γ nebo X-záření :

$$A = \ln \frac{I_0}{I} = \mu \cdot d$$

μ - lineární absorpční koeficient :

$$\mu = \frac{1}{d} \cdot \ln \frac{I_0}{I}$$



Nehomogenní (heterogenní) látkové prostředí :

$$A = \mu_1 \cdot d_1 + \mu_2 \cdot d_2 + \mu_3 \cdot d_3 + \dots = \sum_{i=1}^n \mu_i \cdot d_i = \int_0^d \mu \cdot ds$$



Intenzita I



Tloušťka d

Polychromatický svazek
γ nebo X-záření :

$$I = \int_0^{E_{\max}} I_0(E) \cdot e^{-\int \mu(E, \vec{r}) \cdot ds} dE$$

Prezentace denzitního CT obrazu

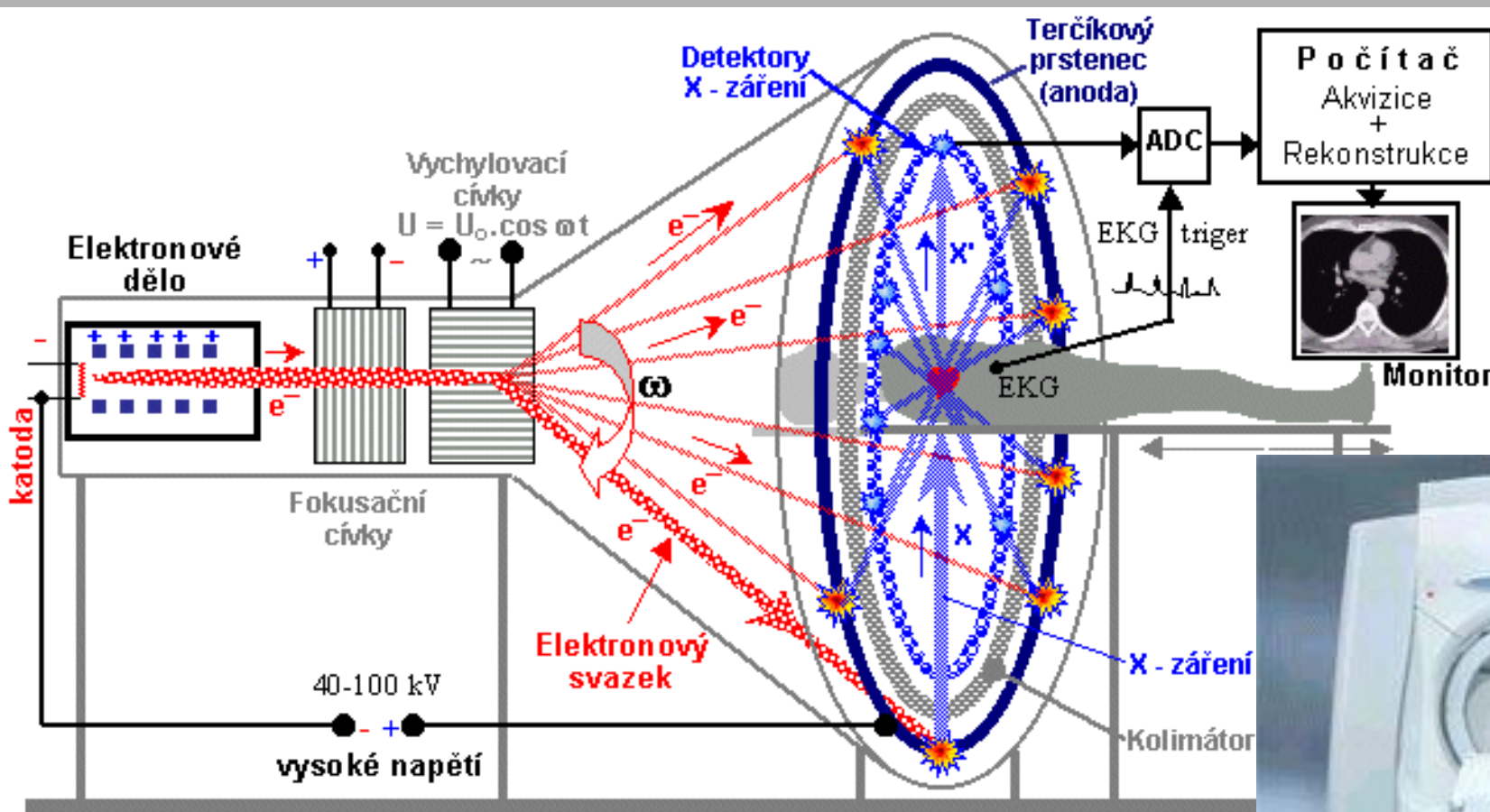
Denzita vyšetřované tkáně se většinou porovnává s **densitou vody** a v obraze CT je číselně prezentována v tzv. **Hounsfieldových jednotkách** :

$$HU = 1000 \cdot (\mu_{\text{tkáň}} - \mu_{\text{voda}}) / \mu_{\text{voda}} ,$$

zavedených předním průkopníkem v oblasti CT G.N.Hounsfieldem, spolu s A.L.Cormackem. Použití faktoru 1000 (místo obvyklého 100, kde bychom dostávali desetinné hodnoty) odráží **vysoké denzitní rozlišení** CT. Nulové denzity (vakuum, vzduch) odpovídá hodnota $HU = -1000$, pro vodu je $HU = 0$, kosti mají denzitu řádově $HU = 100 \div 1000$, někdy i vyšší. Provzdušněné plíce mají HU cca -800 , tuk $HU = -40 \div -120$, denzita měkkých tkání je $HU = 20 \div 80$. Tak velký rozsah denzit není obrazovka počítače schopna lineárně jasově zobrazit; rovněž lidské oko je schopno rozlišit jen několik desítek stupňů šedi. Pro optimální prezentaci obrazu si proto pomáháme vhodnou **modulací jasu a kontrastu** obrazu. Pokud nás zajímají rozdíly v tkáních s podobnou denzitou (tak tomu bývá v měkkých tkáních), vybíráme pomocí této modulace z celé škály denzit jen úzkou část - tzv. **okénko**, jehož škálu denzit zobrazíme v celém jasovém rozsahu obrazovky. Dostáváme tak dobře prokreslené obrazy požadovaných struktur a posunováním okének můžeme postupně získávat detailní informace o tkáních s různými denzitami.

EBT - Electron Beam CT

Tomografie elektronovým svazkem



Výhody:

- Velmi rychlá tomografie - vhodné pro gatované CT srdce
- Neobsahuje mechanické díly - rotace paprsku je elektromagnetická

Nevýhody:

- Složitost a nákladnost zařízení

Je plně nahrazeno vysokorychlostním multi-slice CT, zvláště CT s 2 rentgenkami - Dual Source CT →

DSCT : Dual Source a Dual Energy CT

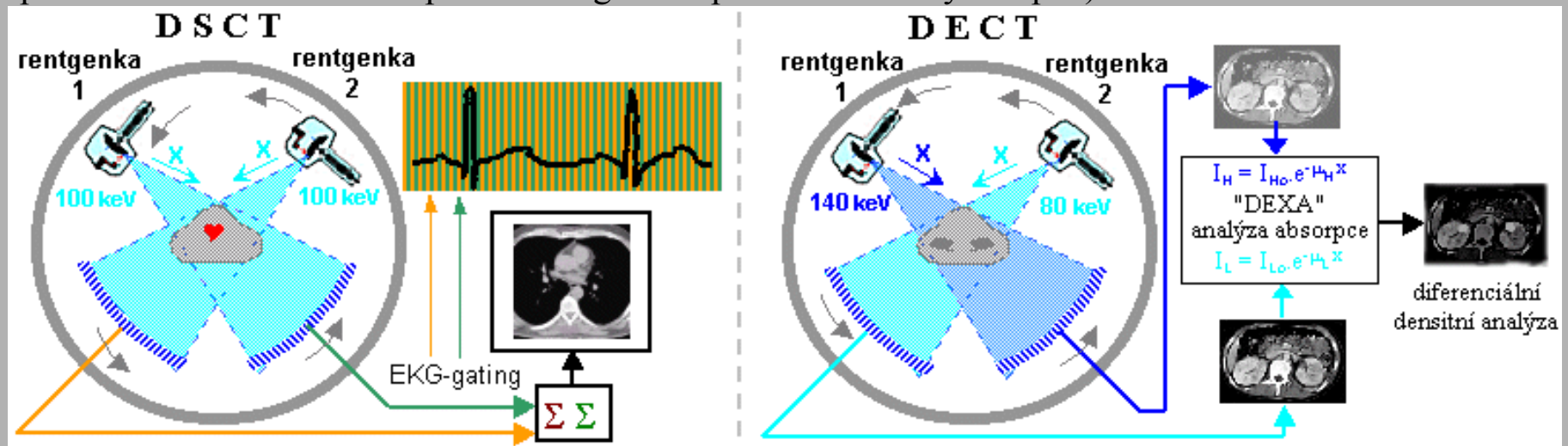
Další technické zdokonalení CT spočívá v konstrukci přístrojů, které mají **2 rentgenky** - dva systémy rentgenka/detektor (uložené kolmo k sobě), které mohou **snímat současně**. Zařízení se označuje jako **Dual Source CT (DSCT)**. Může pracovat ve dvou základních režimech, poskytujících dvě výhody:

♦ 1. Obě rentgenky pracují při stejném napětí

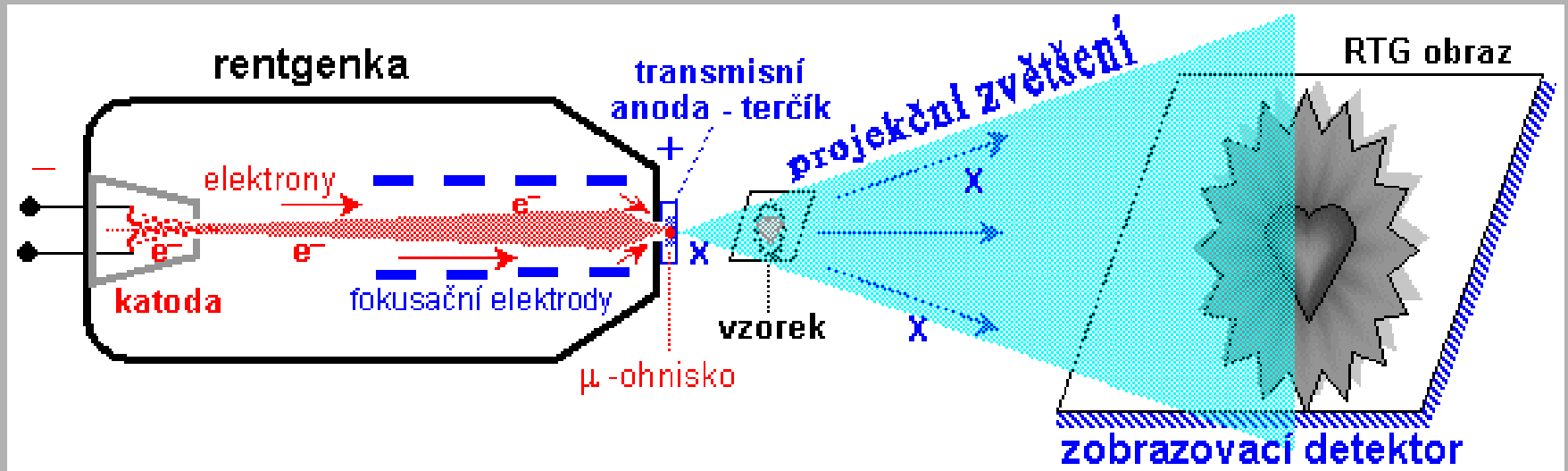
⇒ "zdvojený systém" - **zvýšení rychlosti** a zkrácení akvizičního času se snížením časového rozlišení na cca 80ms. To má význam zvláště u CT srdce (s vyšší tepovou frekvencí).

♦ 2. Obě rentgenky pracují při různém anodovém napětí (např. 140kV a 80kV)

⇒ možnost snímání s **dvojí energií (DECT - Dual Energy CT)**: každá z obou rentgenek vytváří X-zářeni o rozdílné energii. Získáme tak **dva různé denzitní obrazy** téhož místa. To umožňuje nejen lépe kvantifikovat distribuci density, ale navíc stanovovat **složení tkání pomocí diferenciální denzitní analýzy** - podobné analýzy denzitních obrazů, jako u metody **DEXA (Dual Energy X-ray Absorptiometry, viz níže "Kostní densitometrie")**. Poskytuje to nejen detailní snímky anatomie, ale perspektivně to umožní rozlišovat různé druhy tkáně (odlišit např. kosti, cévy, tkáň tukovou), či kvantifikovat distribuci kontrastní látky v myokardu (a posoudit funkční ovlivnění při morfologickém postižení věnčitých tepen).



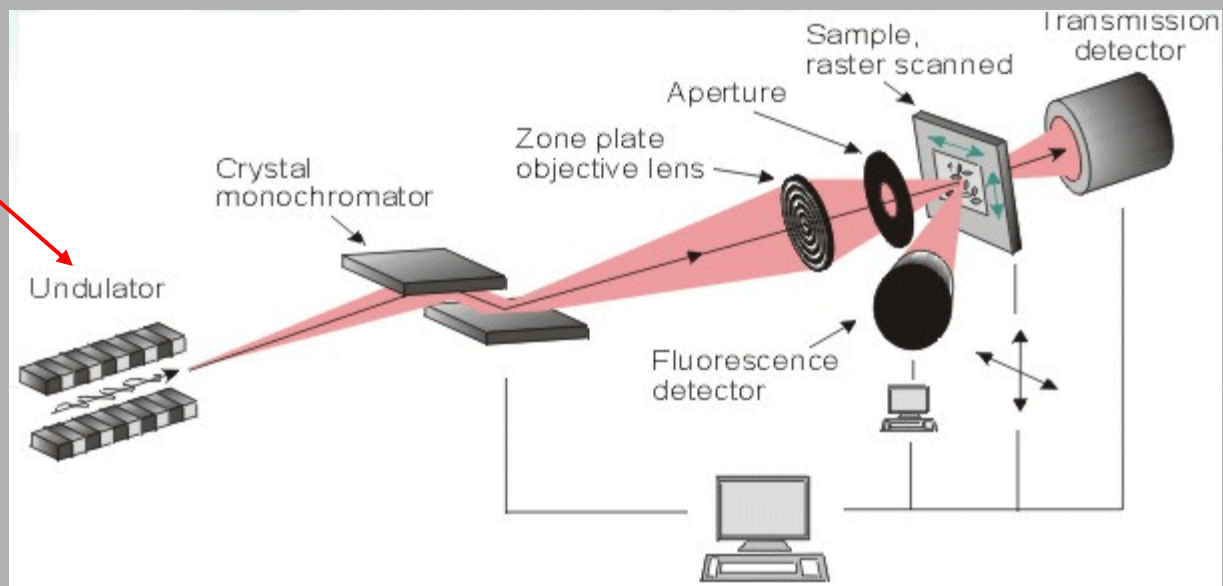
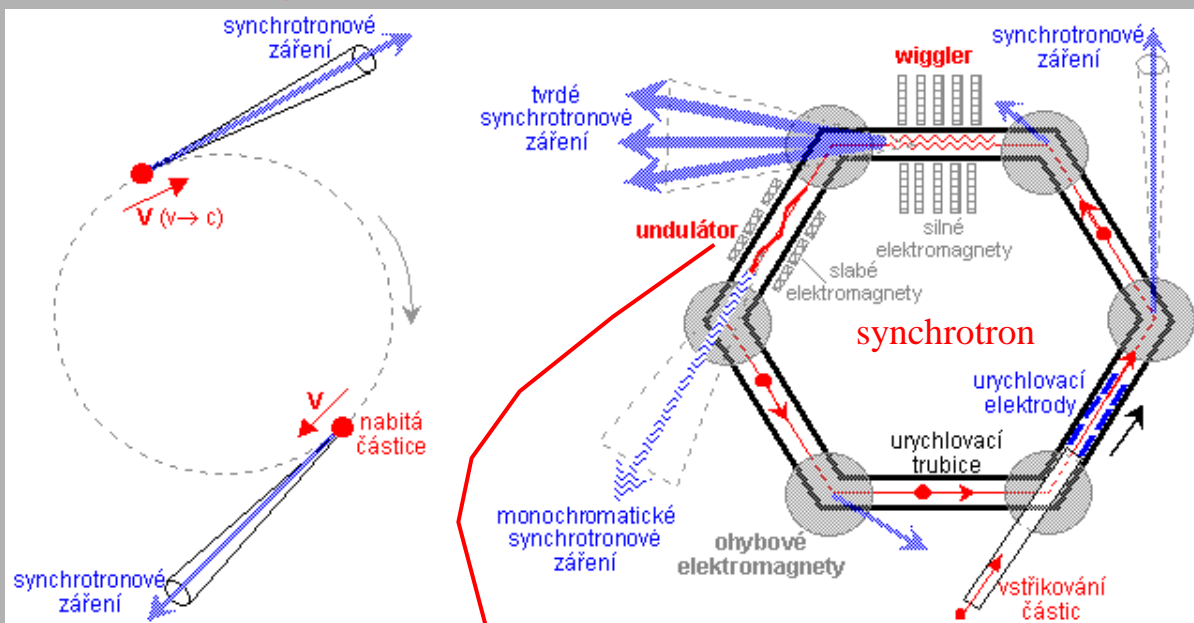
Rentgenová mikroskopie



Mikro-fokusová rentgenka s transmisní anodou
(otevřená konstrukce - rozebíratelná, výměnné komponenty)

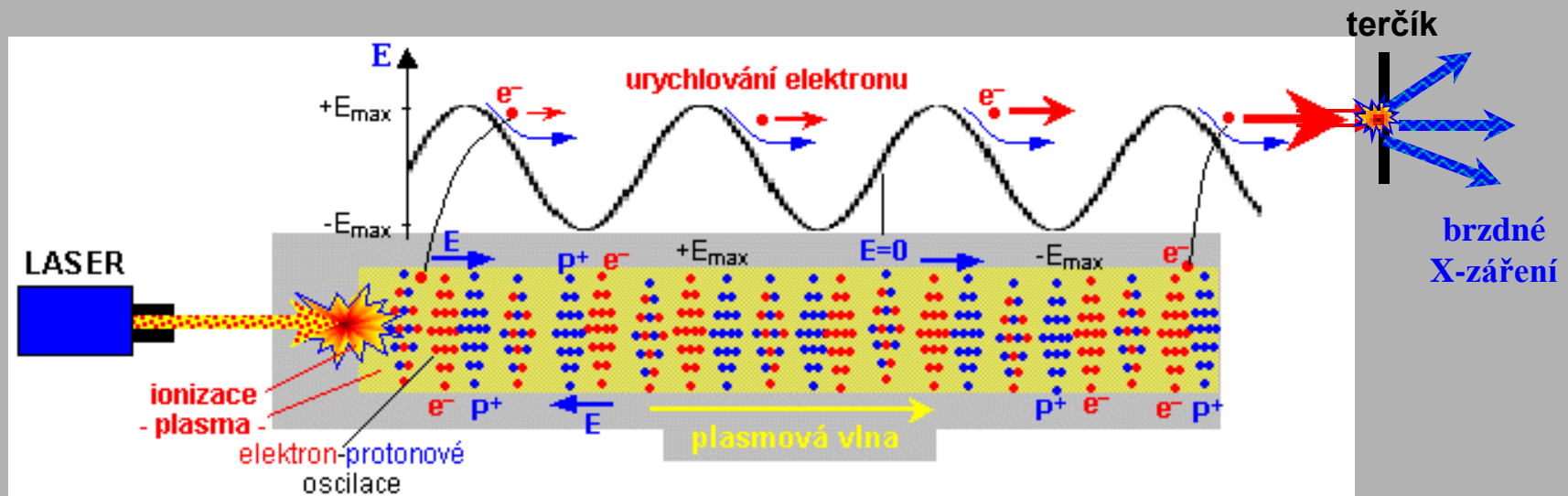
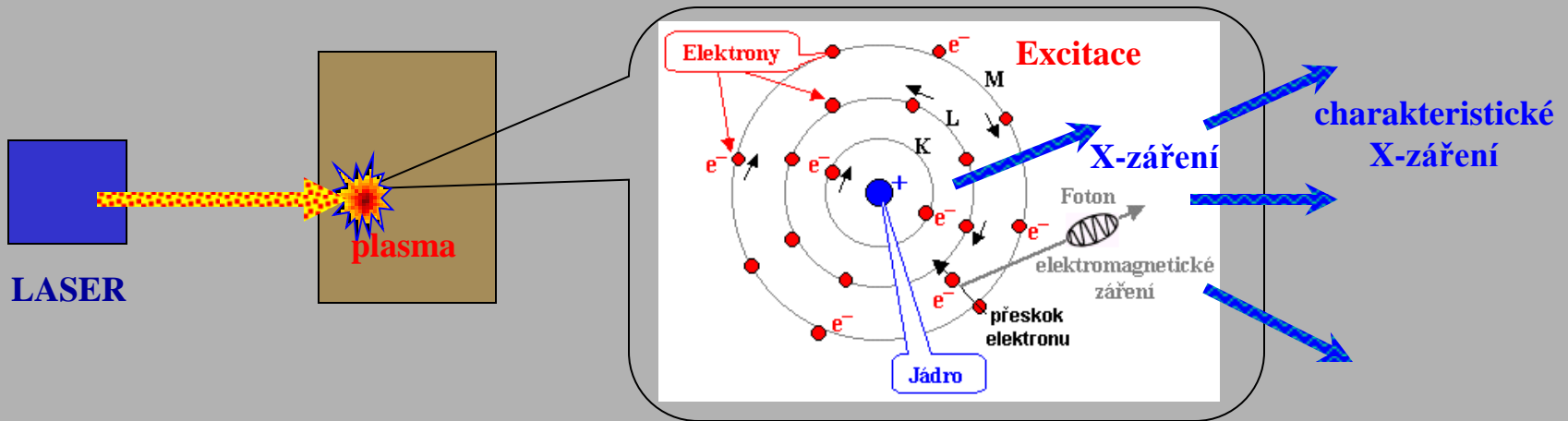
Rentgenová mikroskopie - velké laboratoře

Generátor synchrotronového záření



Laserové zdroje X-záření

- Buzení charakteristického X-záření ve vysokoteplotní plasmě vytvořené laserem



- Laserové plasmové urychlovače LWFA

(Laser Wake Field Accelerator - laserové urychlovače stopovým polem, angl. wake = stopa za lodí, brázda)

POKROK V OBLASTI ELEKTRONIKY A PŘÍSTROJOVÉ TECHNIKY



HYBRIDNÍ KOMBINACE

- fúze radiologických technologií -

1. FÚZE ZOBRAZOVACÍCH MODALIT

- hybridní zobrazovací systémy -
SPECT+CT , PET+CT , NMRI+CT

2. INTEGRACE ZOBRAZOVACÍCH A OZAŘOVACÍCH TECHNOLOGIÍ

IGRT , tomoterapie , hadronová terapie

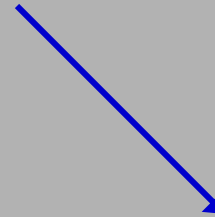
FÚZE ZOBRAZOVACÍCH MODALIT

- hybridní zobrazovací systémy -
SPECT+CT , PET+CT , NMRI+CT

scintigrafie + CT
SPECT/PET



Poskytuje obraz funkce
(metabolismu, dynamiky)

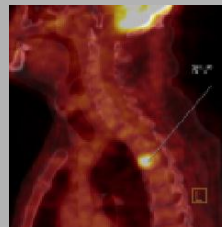


Poskytuje obraz denzity
(anatomie, lokalizace)

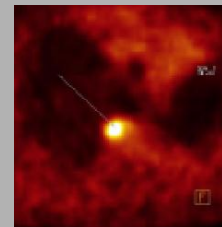
Funkčně - anatomická korelace
- zpřesnění diagnostiky -



CT →



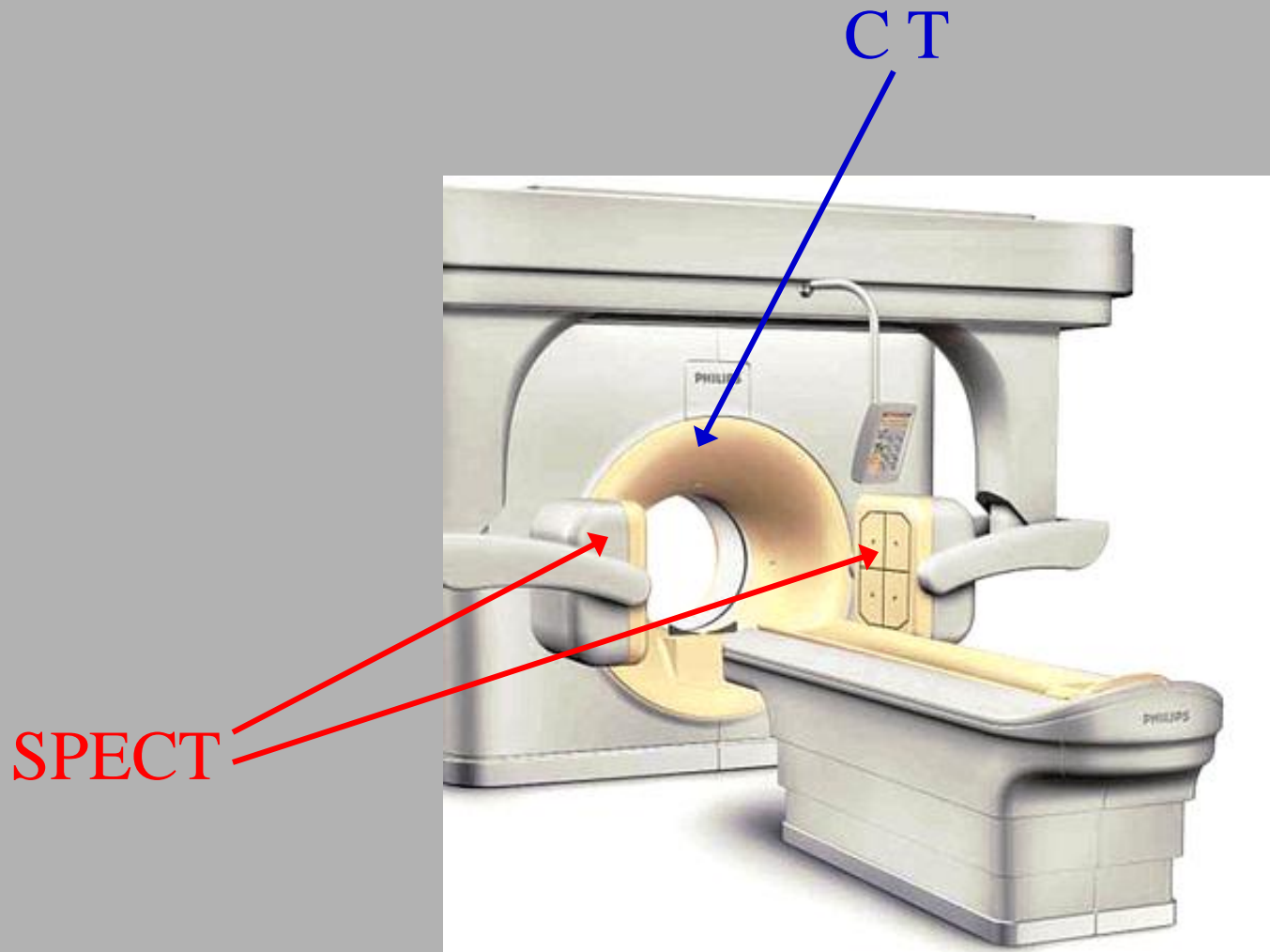
PET+CT
fúze



← PET

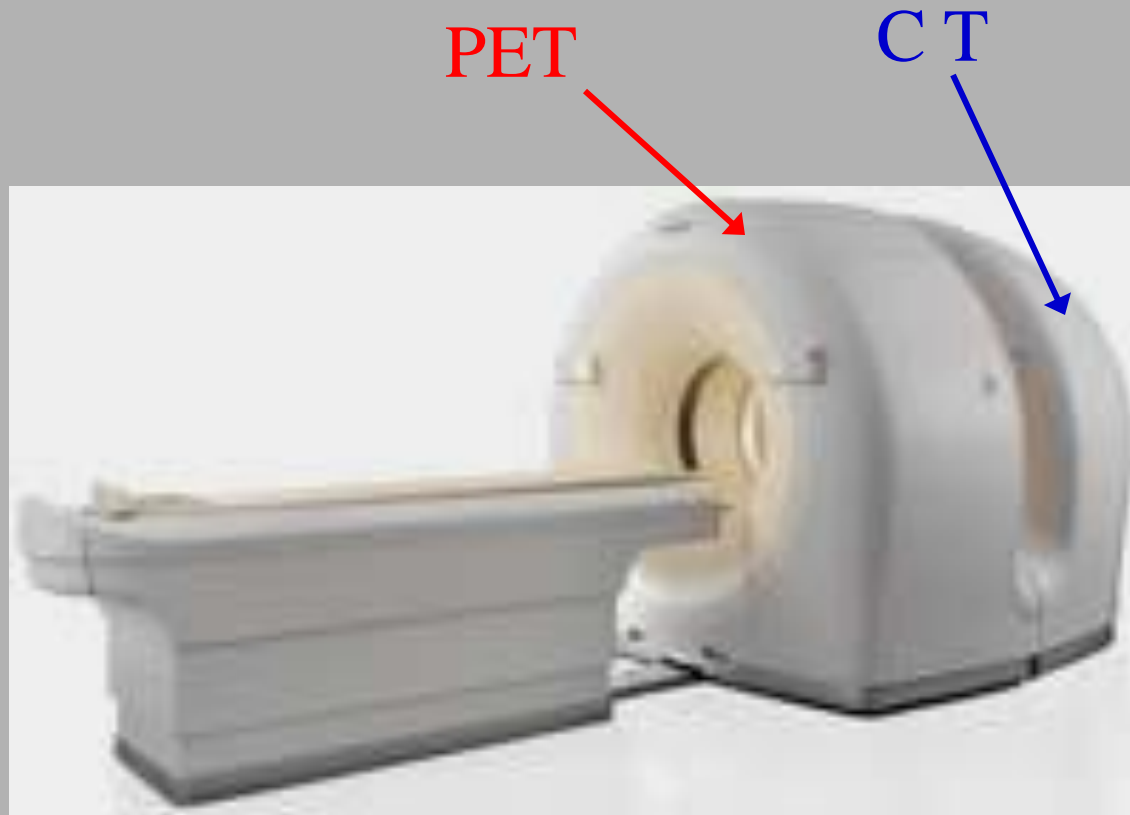
FÚZE ZOBRAZOVACÍCH MODALIT

- hybridní zobrazovací systémy -
SPECT+CT



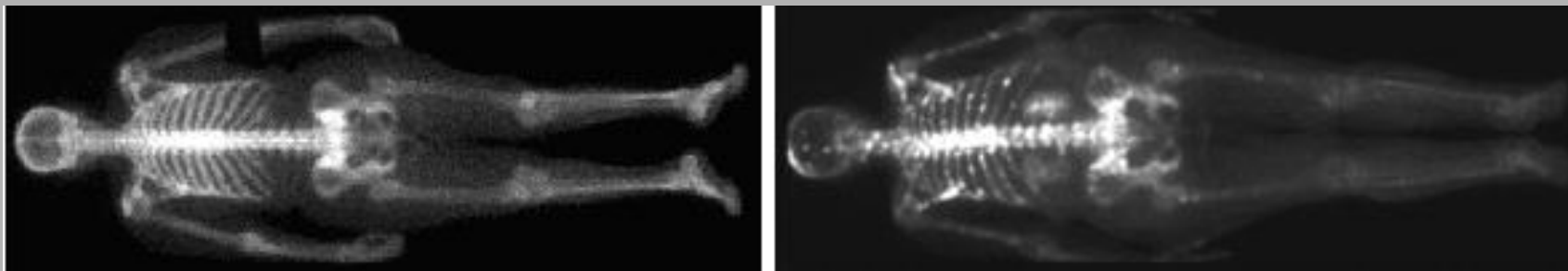
FÚZE ZOBRAZOVACÍCH MODALIT

- hybridní zobrazovací systémy -
PET + CT



v čem může nukleární medicína přispět radioterapii a onkologické léčbě?

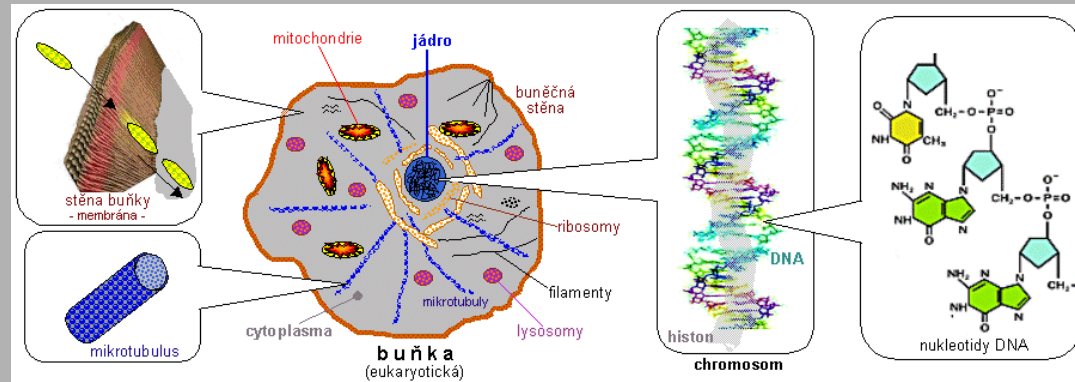
- ❖ **Primární nádorová diagnostika** - scintigrafie: planární, SPECT, PET
- ❖ **Anatomický rozsah - staging** - (TNM) - odhalení metastáz (scinti skeletu)



- ❖ **Upřesnění ozařovacího plánu** - CTV, PTV - viabilní nádorová tkáň
- ❖ **Diagnostika výsledků terapie** - kvantifikace obrazů tumoru (SUV)
- ❖ **Monitorování biologické odezvy tkáně na terapii** —————→
- ❖ **Dispensarizace po terapii**

v čem může nukleární medicína přispět radioterapii a onkologické léčbě?

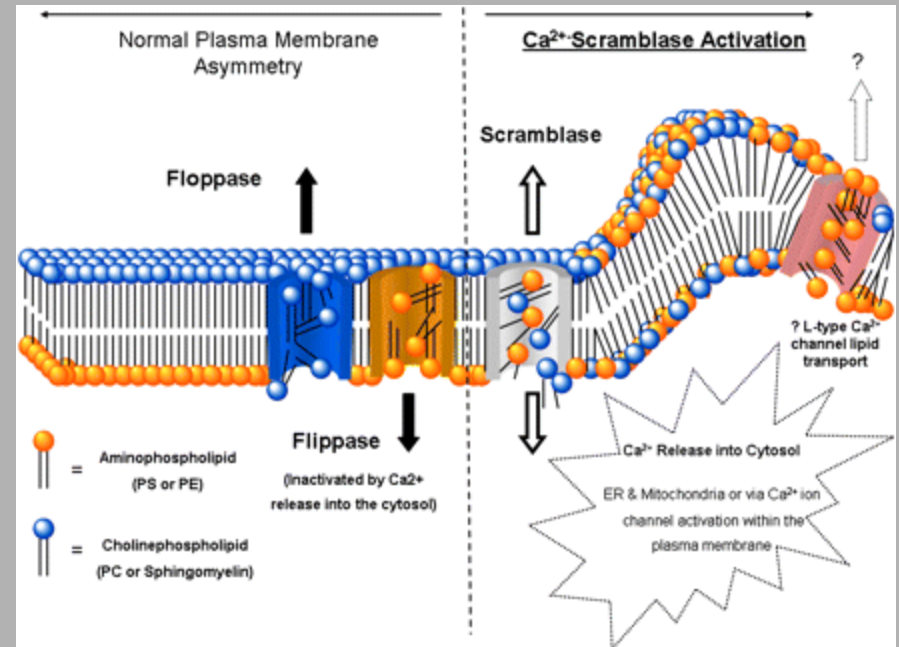
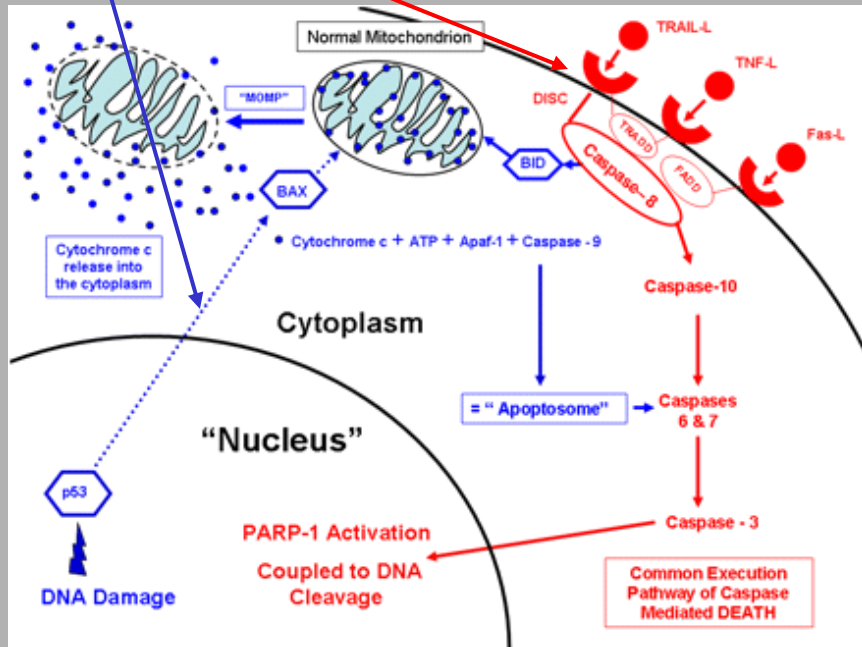
❖ Monitorování biologické odezvy tkáně na terapii - raná detekce apoptózy



signální dráhy apoptózy

vnitřní

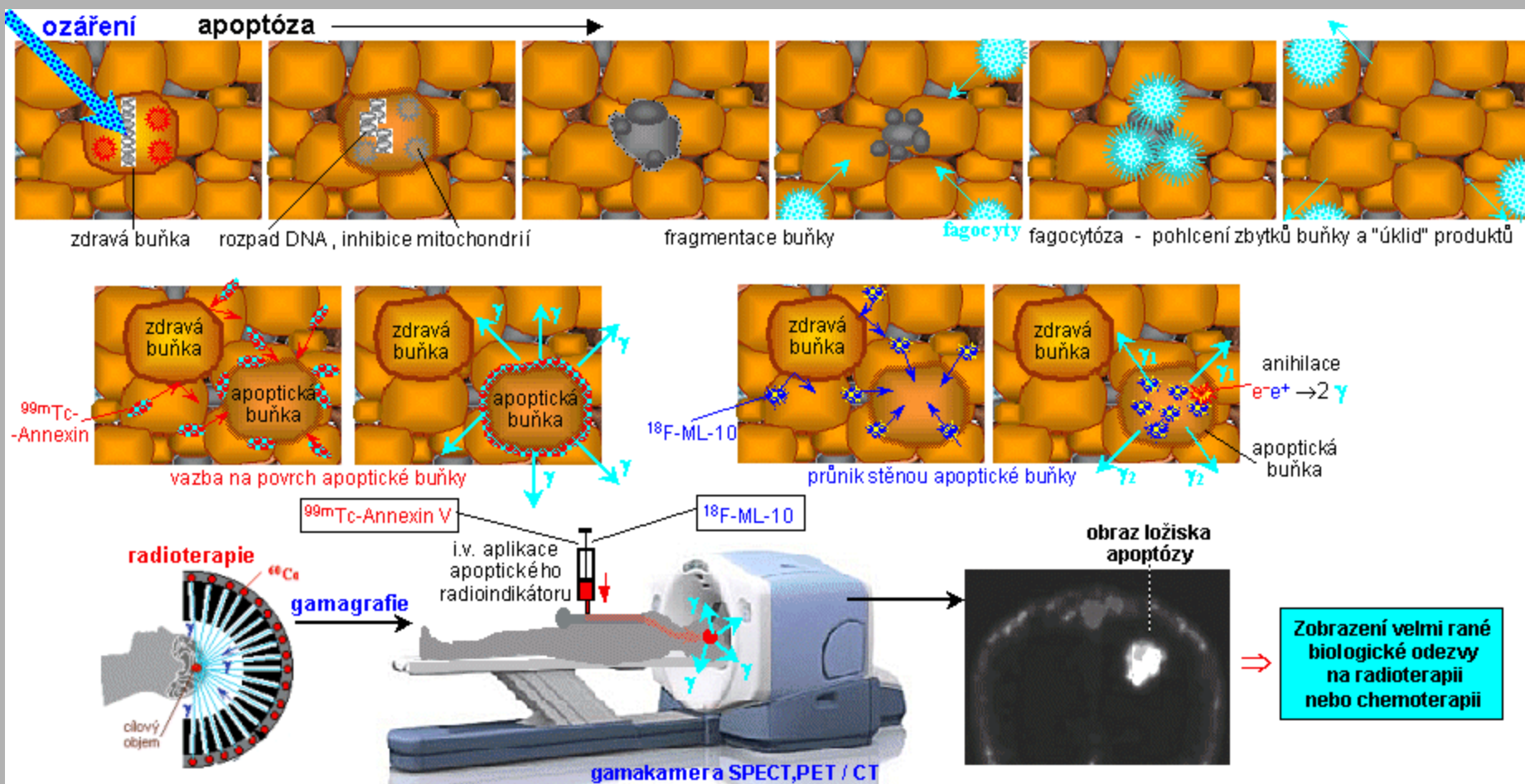
vnější



v čem může nukleární medicína přispět radioterapii a onkologické léčbě?

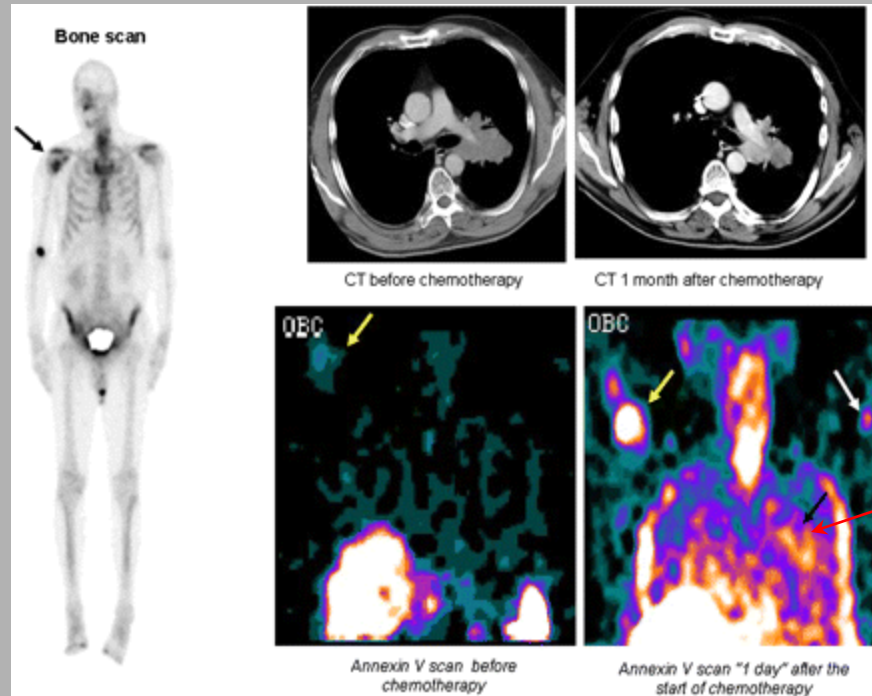
❖ Monitorování biologické odezvy tkáně na terapii

- raná detekce apoptózy -



v čem může nukleární medicína přispět radioterapii a onkologické léčbě?

❖ Monitorování biologické odezvy tkáně na terapii - raná detekce apoptózy -



Radioindikátor [**18F**] - **ML10**
dodává firma **IBA** - Aposense (Belgium-USA)

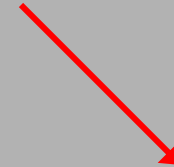
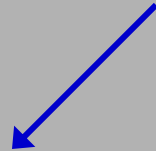
Radioindikátor **Annexin V**
si laboratoře většinou značí samy ve spolupráci
s biochemickými ústavy
kit dodává firma **BD PharMingen**, USA

Snímky:
F.G.Blankenberg
Dept. of radiology
Stanford, California
Clinical case NAS 2021, Middelheim Hospital, Antwerp, Belgium

INTEGRACE ZOBRAZOVACÍCH A OZAŘOVACÍCH TECHNOLOGIÍ - on-line

IGRT , tomoterapie , hadronová terapie

ZOBRAZENÍ + OZÁŘENÍ
CT/PET/NMRI IGRT



Poskytuje obraz denzity
(anatomie, lokalizace, objem
cílové tkáně) - umožní korekci
ozařovacího plánu

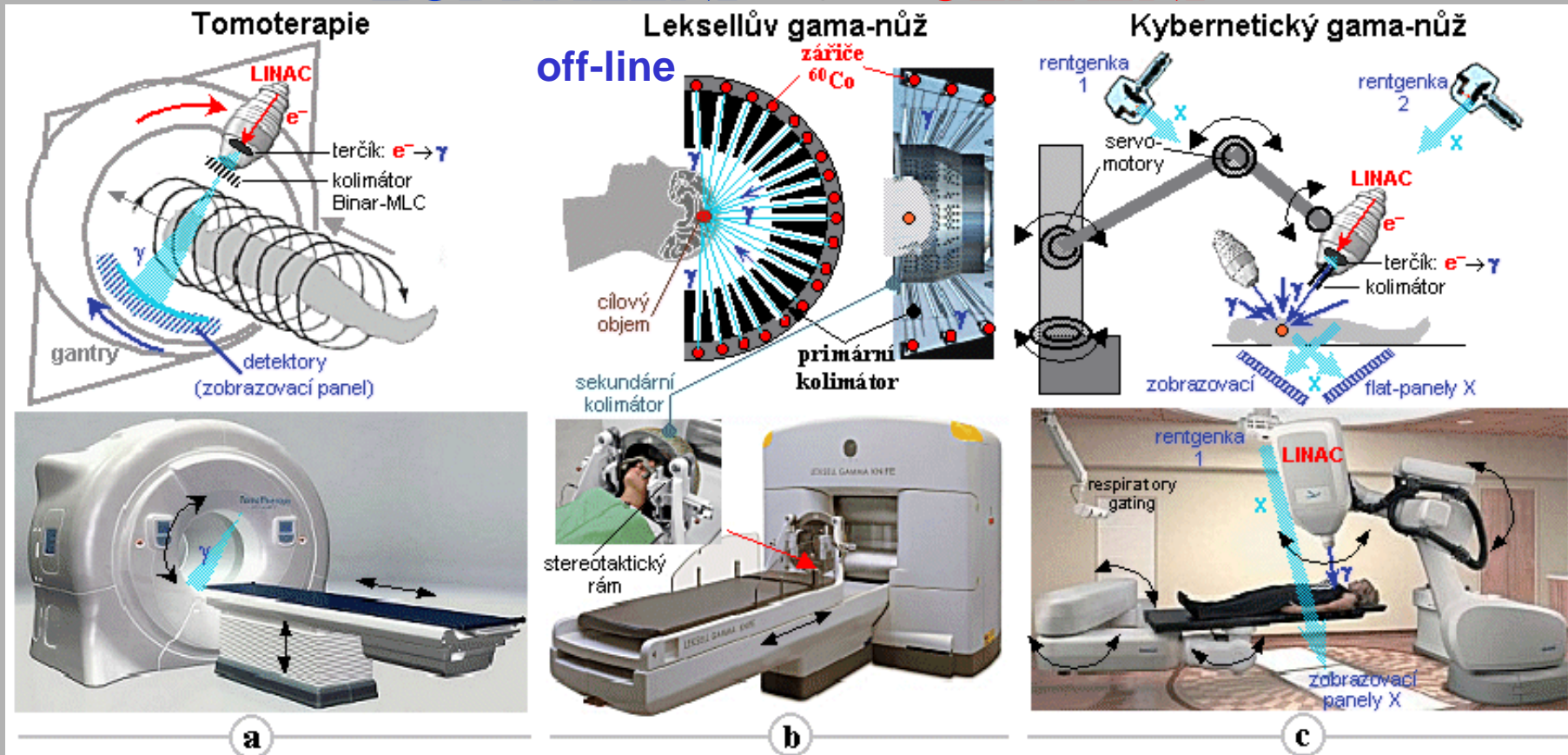
Provede ozáření přesně
modulovaným svazkem
IGRT - obrazem řízená
radioterapie

**Přesně cílená konformní
radioterapie**

INTEGRACE ZOBRAZOVACÍCH A OZAŘOVACÍCH TECHNOLOGIÍ

IGRT - tomoterapie - gama-nůž

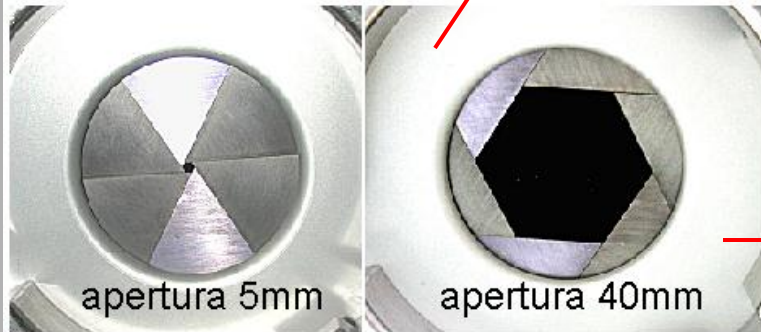
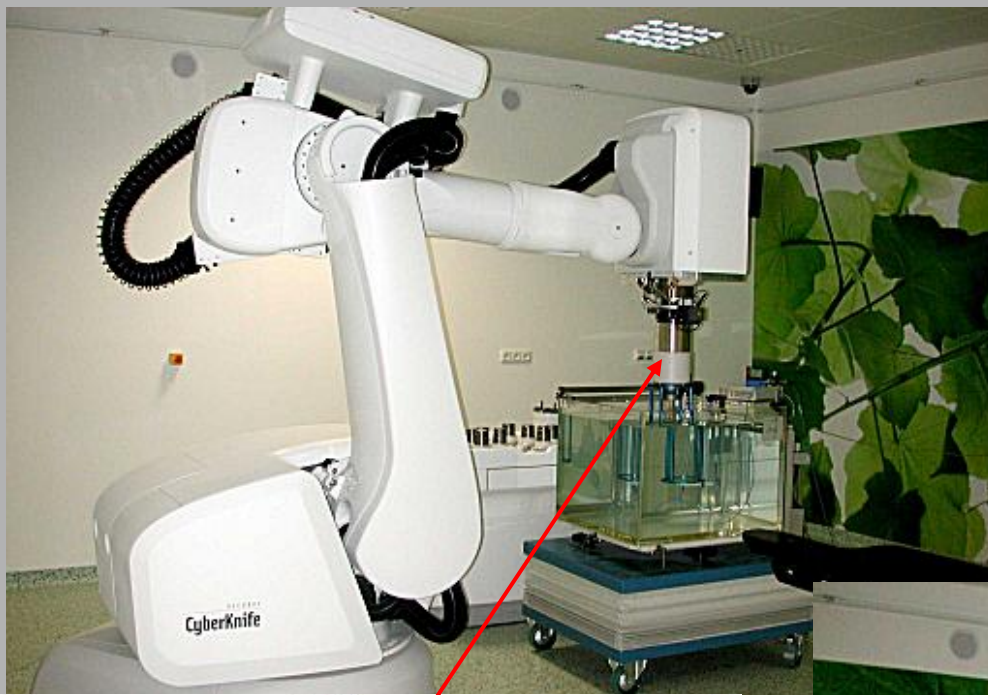
on-line ZOBRAZENÍ + OZÁŘENÍ on-line



**Přesně cílená konformní
radioterapie**

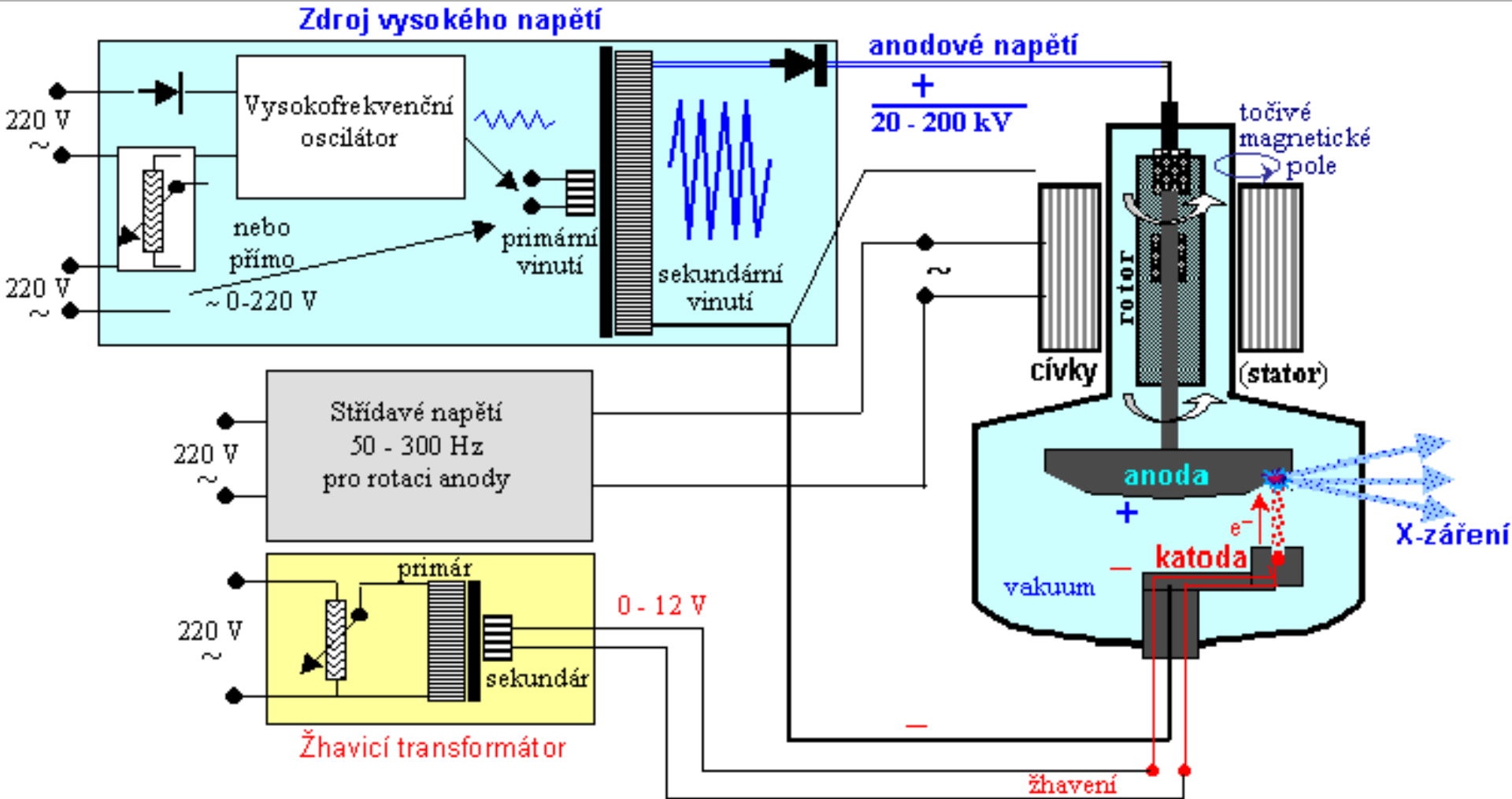
CyberKnife - FN Ostrava

fantomová měření
s Iris-kolimátorem



Elektrické napájení rentgenky

- demonstrace pro rozptýlení -



www-stránky: „AstroNuklFyzika“

Jaderná fyzika - Astrofyzika - Kosmologie - Filosofie

<http://AstroNuklFyzika.cz>
www.AstroNuklFyzika.cz

The screenshot shows a web browser window with the address bar displaying 'http://astroNuklFyzika.cz/'. The website has a green background with several framed sections. At the top left, a box identifies the author as 'Vojtěch Ulmann, Fyzik'. Below this, there are two main columns of content. The left column features a diagram of a nuclear reactor and a photograph of a laboratory, with text describing 'Jaderná fyzika' (Nuclear physics), 'Nukleární medicína' (Nuclear medicine), 'Sčítografie' (Scintigraphy), 'Matematická analýza' (Mathematical analysis), and 'Software - OSTNUCLINE'. The right column features a diagram of a galaxy and a portrait of a man, with text describing 'Astrofyzika - kosmologie' (Astrophysics - cosmology), 'Teorie relativity, prostoročas' (Theory of relativity, spacetime), 'Gravitace, černé díry' (Gravity, black holes), 'Antropický princip' (Anthropic principle), and 'Vesmír a Bůh' (Universe and God). To the right of these columns is a large text block titled 'Systém AstroNuklFyzika' (AstroNuklFyzika system) and 'Struktura www-stránek' (Structure of www-pages). The text describes the website's content as a collection of articles and essays in electronic form, covering nuclear and radiation physics, relativity, astrophysics, cosmology, and philosophical issues. It also mentions that the website is structured into four main sections: 'Jaderná fyzika' (Nuclear physics), 'Astrofyzika - kosmologie' (Astrophysics - cosmology), 'Gravitace, černé díry' (Gravity, black holes), and 'Antropický princip' (Anthropic principle). The text concludes with a note about the website's structure and a link to the 'Antropický princip' section.

Část tvoří stránky

Některé konkrétní odkazy:

Jaderná a radiační fyzika :

<http://AstroNuklFyzika.cz/Fyzika-NuklMed.htm>

<http://AstroNuklFyzika.cz/JadRadFyzika.htm>

..... atd.

Astrofyzika, kosmologie, teorie relativity :

Antropický princip aneb Kosmický Bůh:

<http://AstroNuklFyzika.cz/AntropPrincip.htm>

Gravitace, černé díry a fyzika prostoročasu:

<http://AstroNuklFyzika.cz/Gravit.CerneDiry.htm>

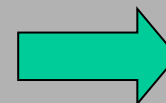
Kosmická alchymie:

<http://AstroNuklFyzika.cz/KosmickaAlchymie.htm>

Fyzikální základy:

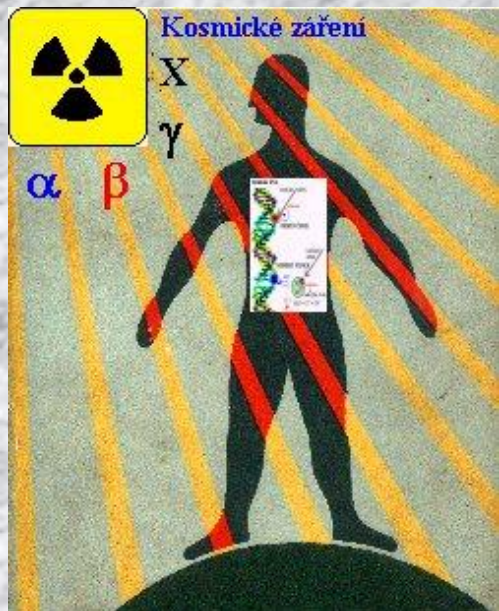
<http://AstroNuklFyzika.cz/HudbaLadiv.htm>

<http://AstroNuklFyzika.cz/HudbaLadiv.htm> atd.



END

Konec prezentace

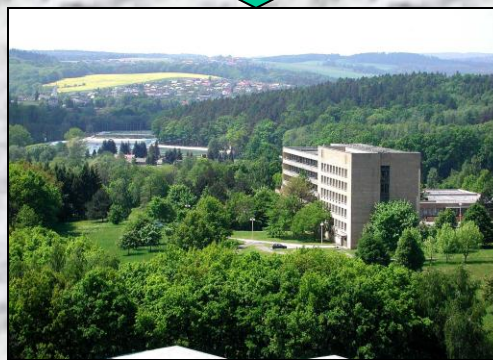
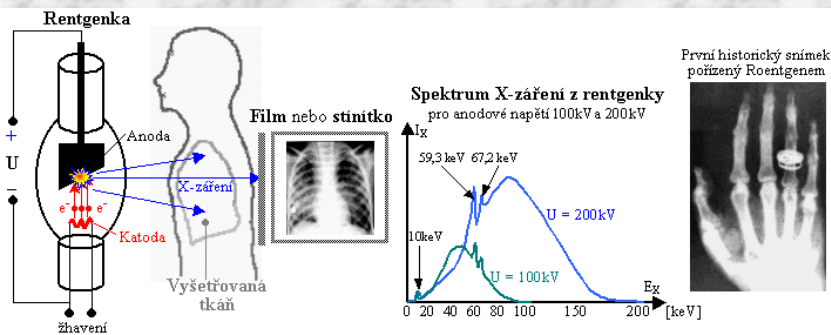
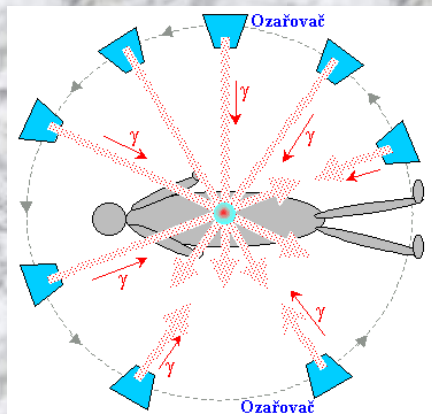


RADIOLOGICKÁ FYZIKA

— VYBRANÉ KAPITOLY —

Vojtěch Ullmann
fyzik

Klinika nukleární mediciny FN Ostrava
Katedra zobrazovacích metod ZSF OU Ostrava



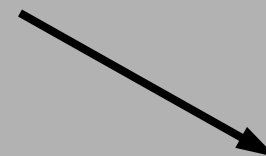
Obecně:

RADIOLOGIE = věda o záření

Speciálně v medicíně:

RADIOLOGIE = využití záření pro diagnostiku a terapii

IONIZUJÍCÍ ZÁŘENÍ V RADIOLOGII



RTG diagnostika

Nukleární medicína

Radioterapie

Obecně:
JADERNÁ FYZIKA
A
FYZIKA IONIZUJÍCÍHO ZÁŘENÍ
(radiační fyzika)

Speciálně v medicíně:
RADIOLOGICKÁ FYZIKA = fyzikální aspekty záření pro
diagnostiku a terapii

Pro konkrétní druhy záření radiologická fyzika zahrnuje:

- Mechanismy vzniku záření
- Fyzikální vlastnosti záření
- Interakce záření s látkou + radiobiologické účinky
- Detekce a spektrometrie záření
- Aplikace záření pro diagnostiku nebo terapii
- Matematická analýza a vyhodnocování výsledků

Tyto oblasti si postupně probereme ⇒

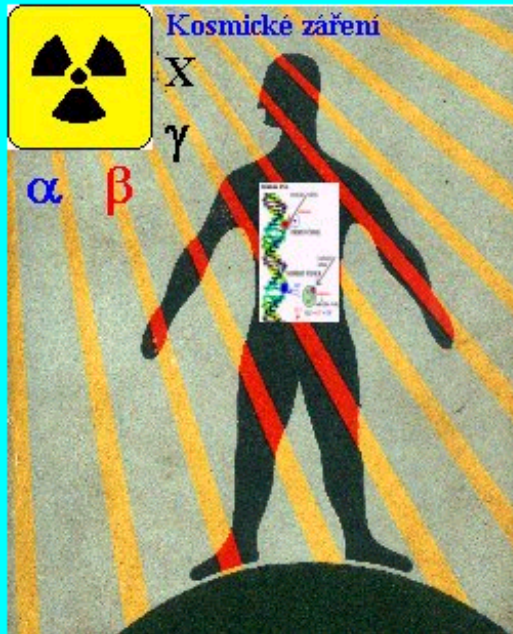
♣ ZÁŘENÍ ♣



jeden z nejdůležitějších fenoménů v přírodě



[AstroNuklFyzika](#) → Jaderná fyzika - Astrofyzika - Kosmologie - Filosofie



♣ PAPRSKY ŽIVOTA ♣

i

☠ SMRTI ☠

Záření jako důležitý přírodní fenomén

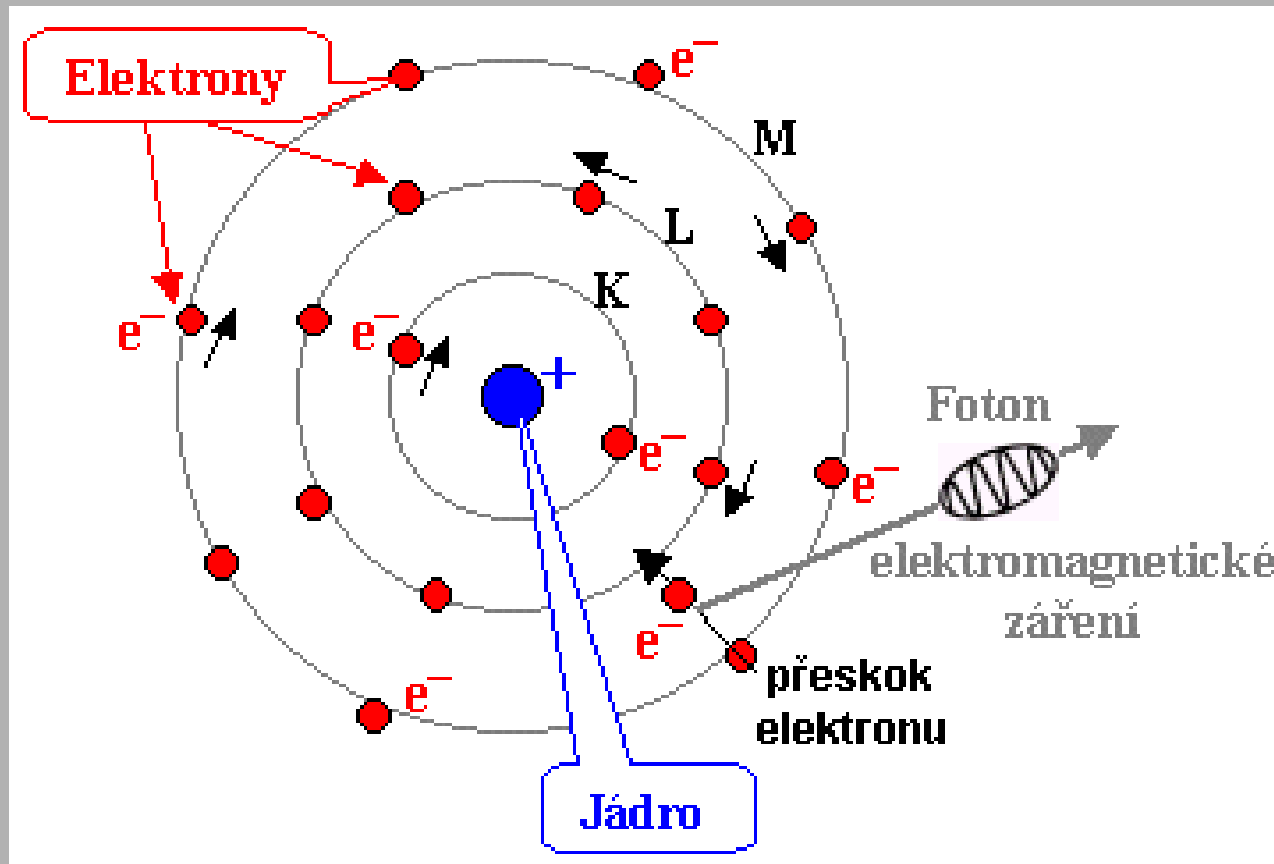
Vliv ionizujícího záření na život

Využití záření v diagnostice a terapii

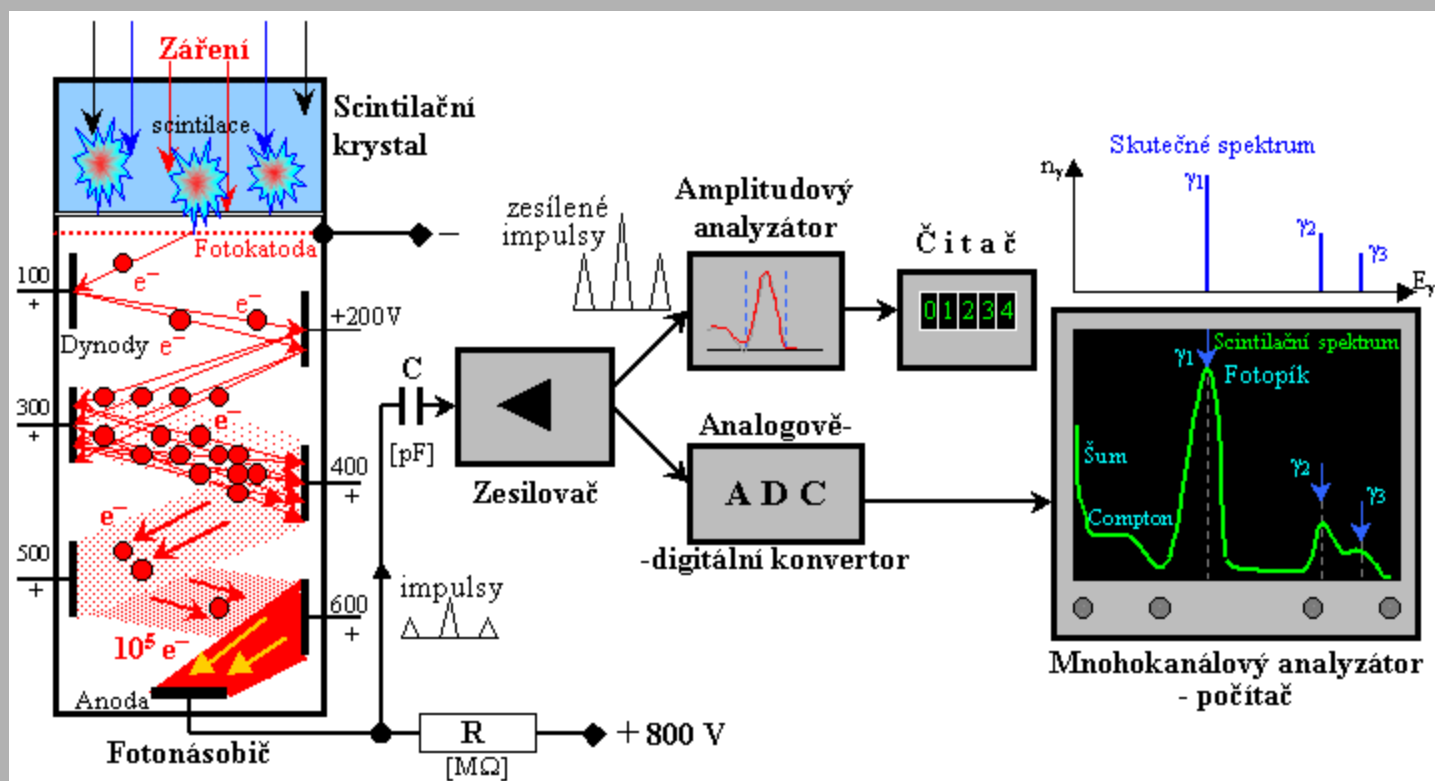
Přednáší: RNDr. Vojtěch Ullmann
fyzik

Atomová a jaderná fyzika

+ chvála elektřiny (elektrodynamiky)



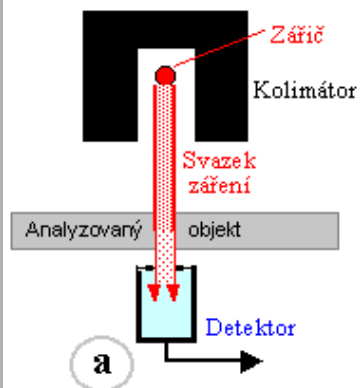
Detekce a spektrometrie záření



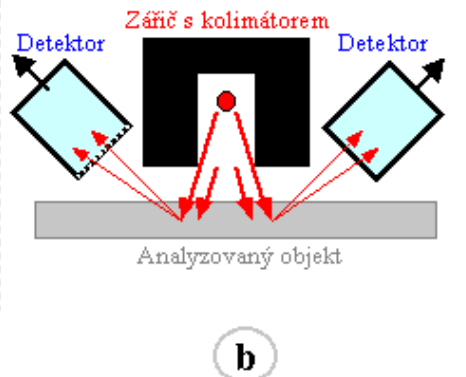
Aplikace ionizujícího záření



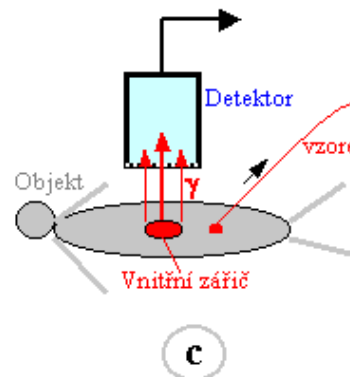
Transmisní měření



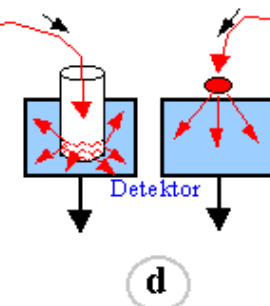
Rozptylové/fluorescenční měření



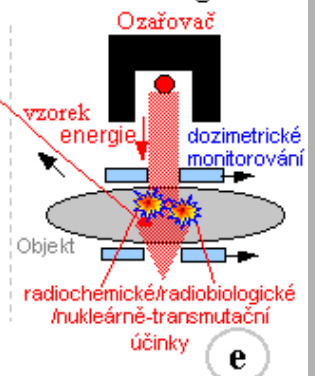
Emisní měření



Měření radioaktivních vzorků

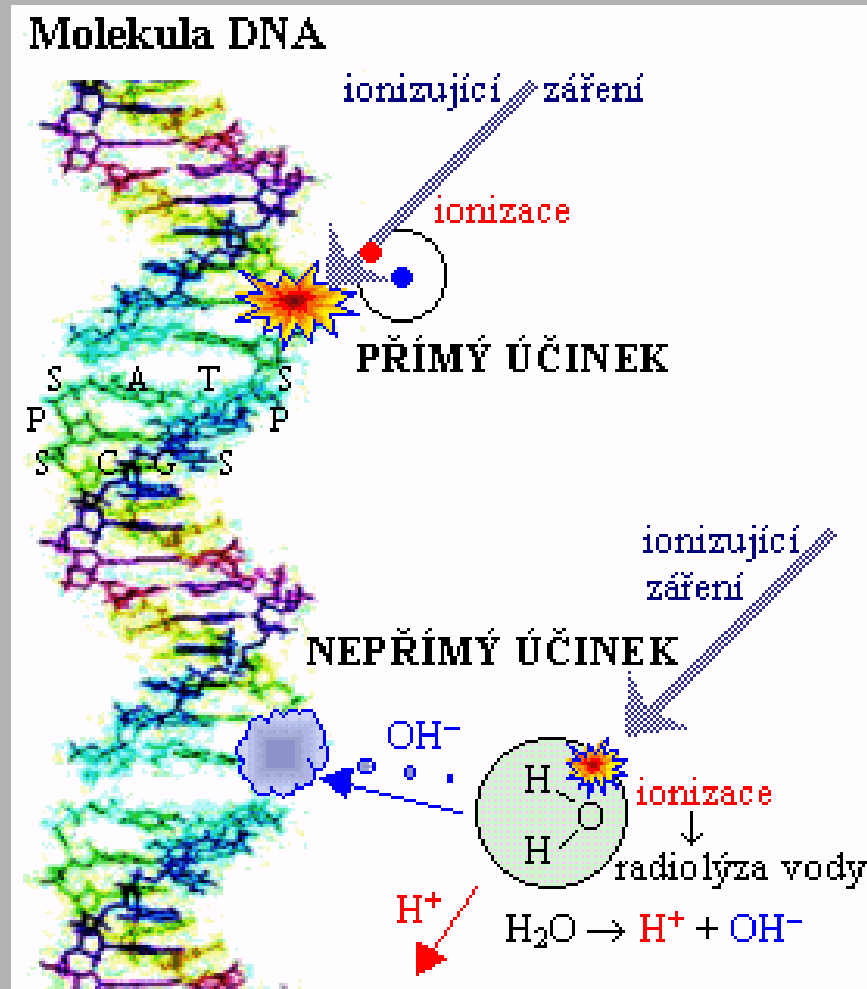


Ozařovací technologie

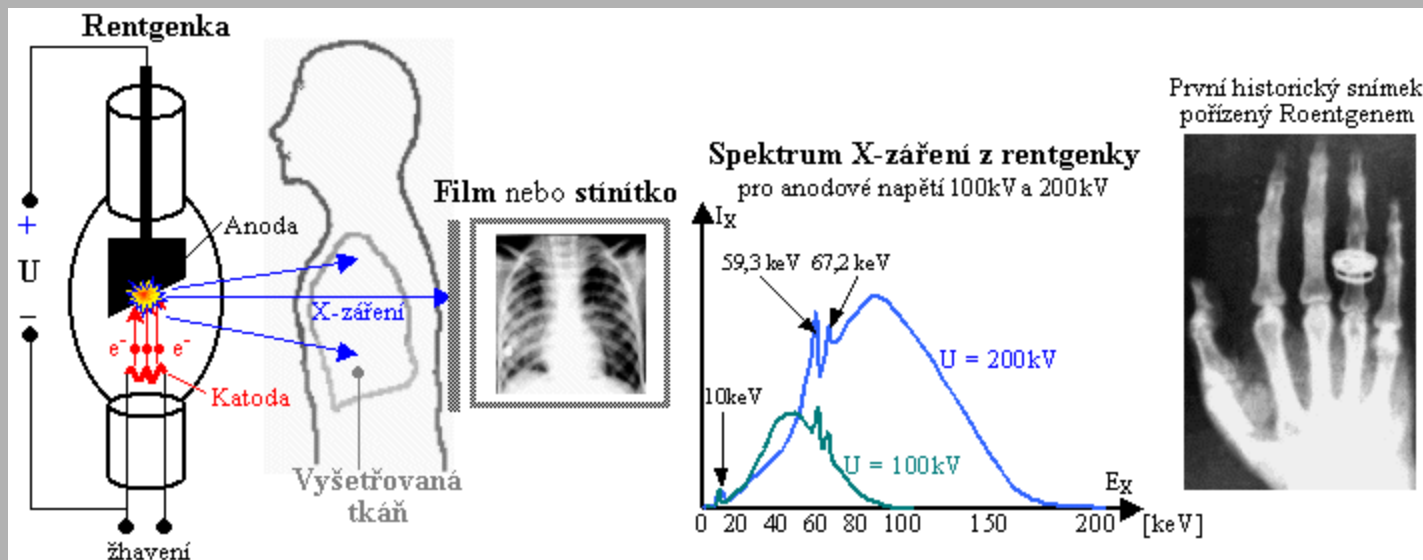


Účinky záření na látku a tkáň

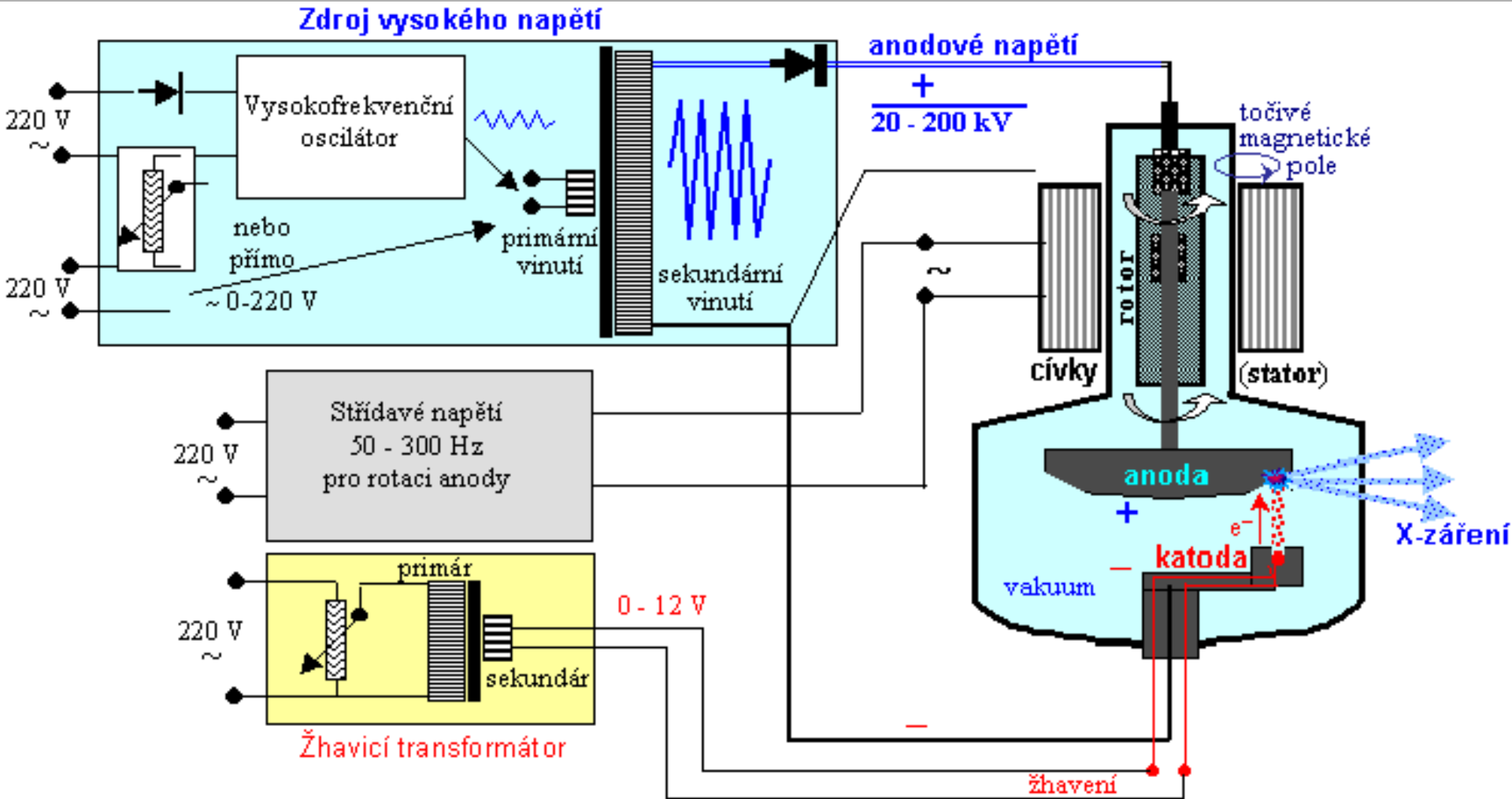
↓ odkaz ↓



Doplňující fyzikální poznámky k RTG diagnostice a CT



Elektrické napájení rentgenky



I - intenzita γ nebo X-záření
 I_0 - výchozí intenzita

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

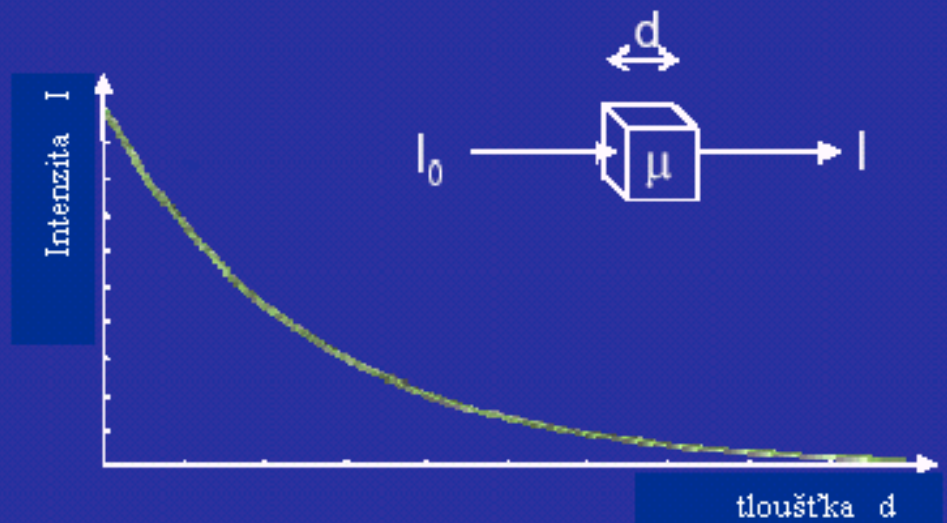
γ a X-záření je zeslabováno v důsledku fotoefektu a Comptonova rozptylu

A - atenuace γ nebo X-záření :

$$A = \ln \frac{I_0}{I} = \mu \cdot d$$

μ - lineární absorpční koeficient :

$$\mu = \frac{1}{d} \cdot \ln \frac{I_0}{I}$$



Nehomogenní (heterogenní) látkové prostředí :

$$A = \mu_1 \cdot d_1 + \mu_2 \cdot d_2 + \mu_3 \cdot d_3 + \dots = \sum_{i=1}^n \mu_i \cdot d_i = \int_0^d \mu \cdot ds$$



Intenzita I



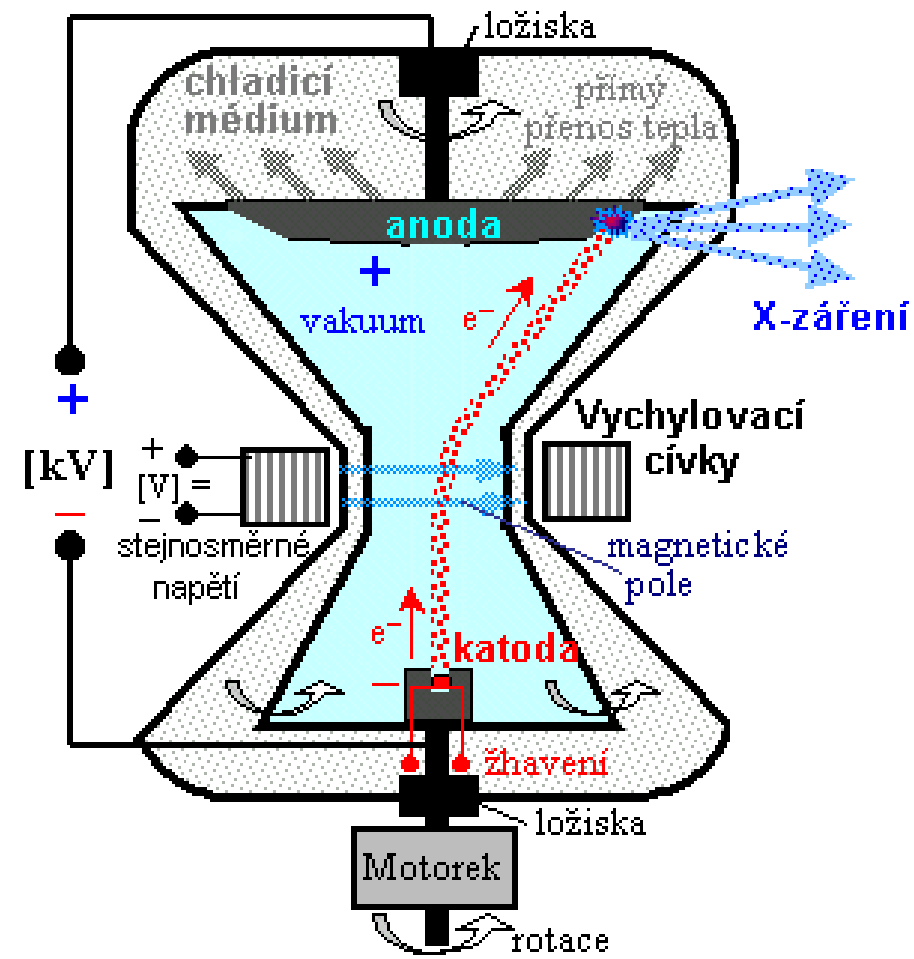
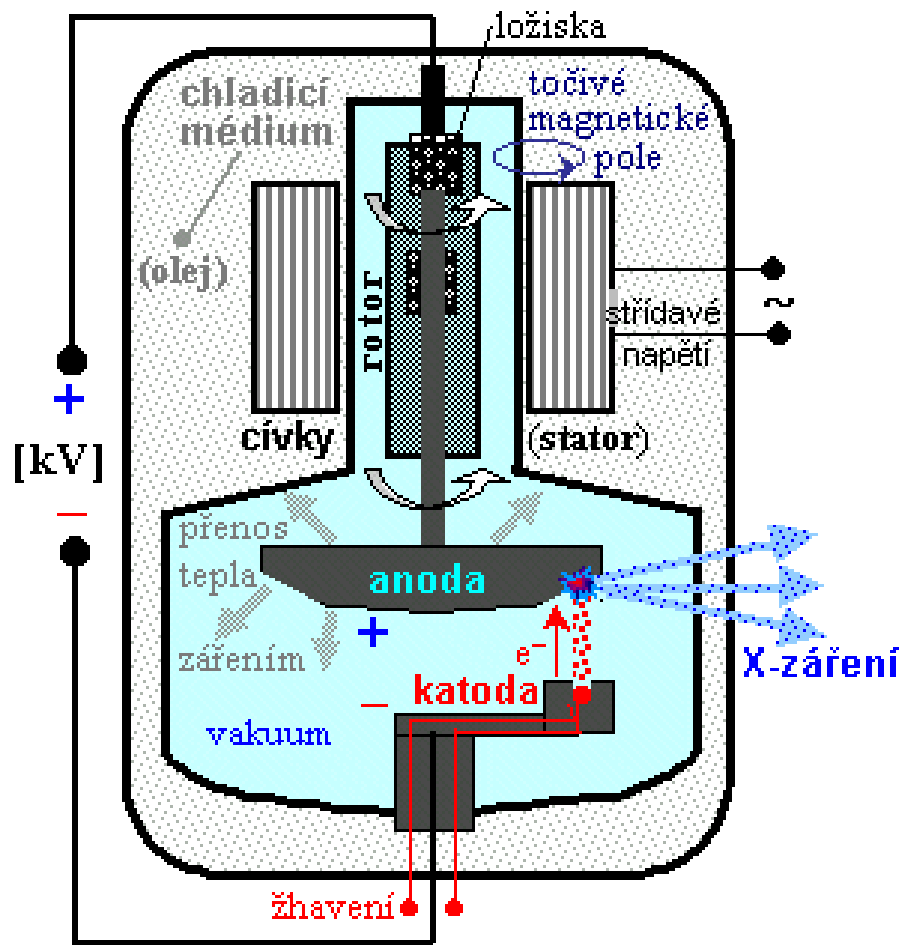
Tloušťka d

Polychromatický svazek
γ nebo X-záření :

$$I = \int_0^{E_{\max}} I_0(E) \cdot e^{-\int \mu(E, \vec{r}) \cdot ds} dE$$

Rentgenka s rotující anodou

Rentgenka rotující jako celek



Rentgenka s excetrickou katodou a s anodou rotující uvnitř vakuové trubice

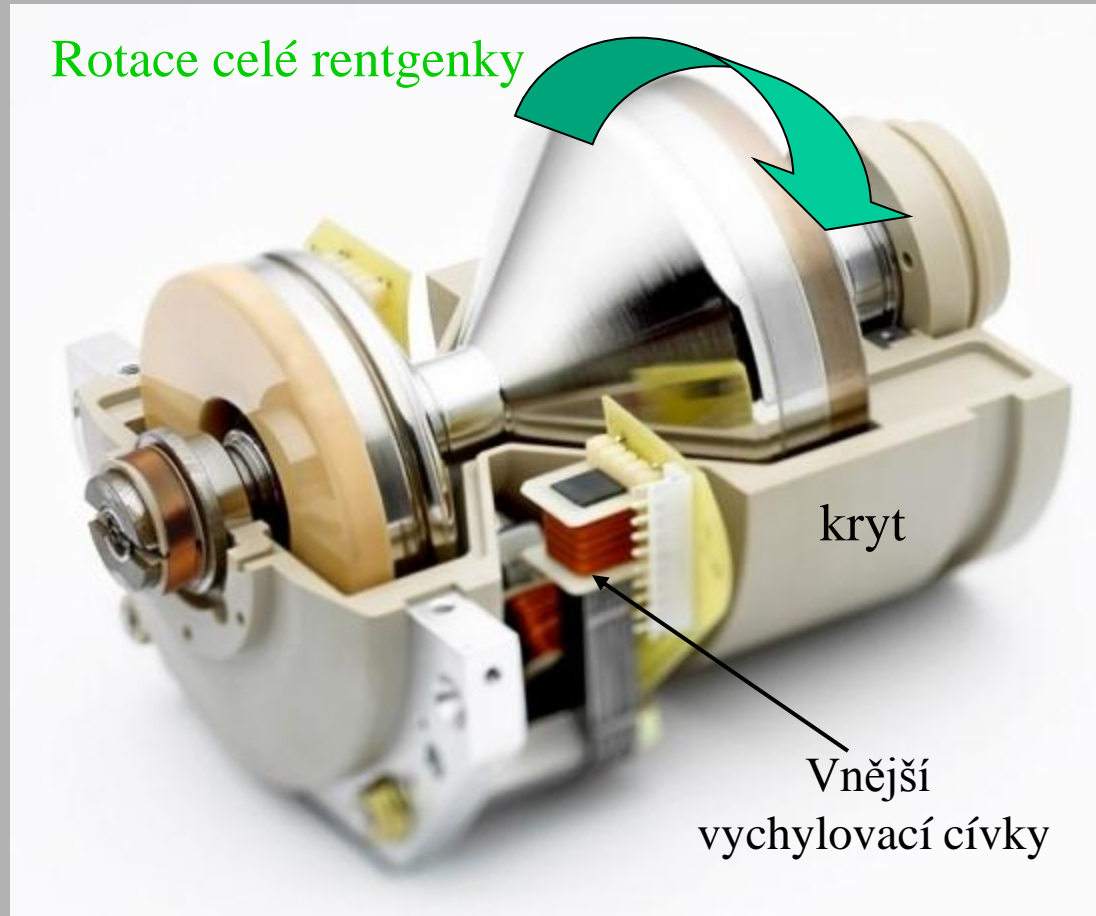
Rentgenka rotující jako celek s čelní anodou a magnetickým vychylováním elektronového svazku

Klasická rentgenka

Rentgenka STRATON

Rentgenka rotující jako celek

s čelní anodou v přímém styku s chladícím médiem
a s magnetickým vychylováním elektronového toku



Rentgenka typu STRATON

DSCT : Dual Source a Dual Energy CT

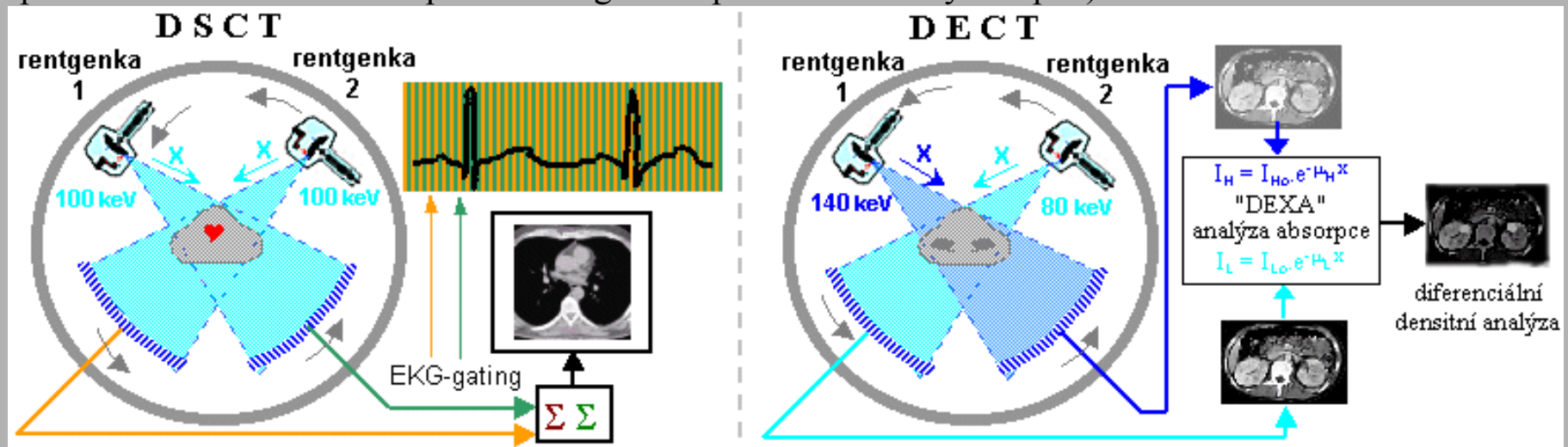
Další technické zdokonalení CT spočívá v konstrukci přístrojů, které mají **2 rentgenky** - dva systémy rentgenka/detektor (uložené kolmo k sobě), které mohou **snímat současně**. Zařízení se označuje jako **Dual Source CT (DSCT)**. Může pracovat ve dvou základních režimech, poskytujících dvě výhody:

♦ 1. Obě rentgenky pracují při stejném napětí

⇒ "zdvojený systém" - **zvýšení rychlosti** a zkrácení akvizičního času se snížením časového rozlišení na cca 80ms. To má význam zvláště u CT srdce (s vyšší tepovou frekvencí).

♦ 2. Obě rentgenky pracují při různém anodovém napětí (např. 140kV a 80kV)

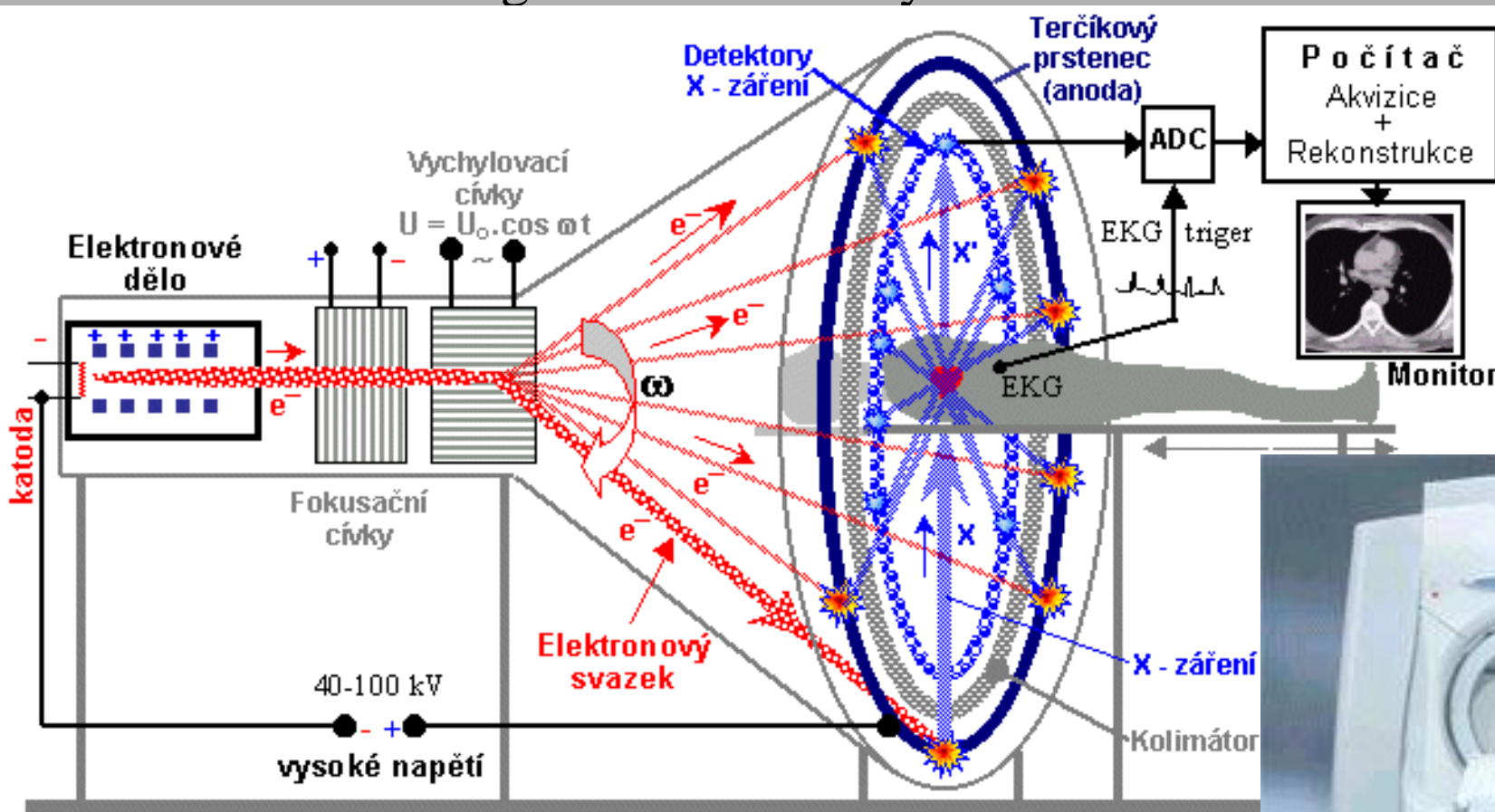
⇒ možnost snímání s **dvojí energií (DECT - Dual Energy CT)**: každá z obou rentgenek vytváří X-zářeni o rozdílné energii. Získáme tak **dva různé denzitní obrazy** téhož místa. To umožňuje nejen lépe kvantifikovat distribuci density, ale navíc stanovovat **složení tkání pomocí diferenciální denzitní analýzy** - podobné analýzy denzitních obrazů, jako u metody **DEXA (Dual Energy X-ray Absorptiometry, viz níže "Kostní densitometrie")**. Poskytuje to nejen detailní snímky anatomie, ale perspektivně to umožní rozlišovat různé druhy tkáně (odlišit např. kosti, cévy, tkáň tukovou), či kvantifikovat distribuci kontrastní látky v myokardu (a posoudit funkční ovlivnění při morfologickém postižení věnčitých tepen).



EBT - Electron Beam CT

Tomografie elektronovým svazkem

↓ odkaz ↓



Výhody:

- **Velmi rychlá tomografie** - vhodné pro gatované CT srdce
- **Neobsahuje mechanické díly** - rotace paprsku je elektromagnetická

Nevýhody:

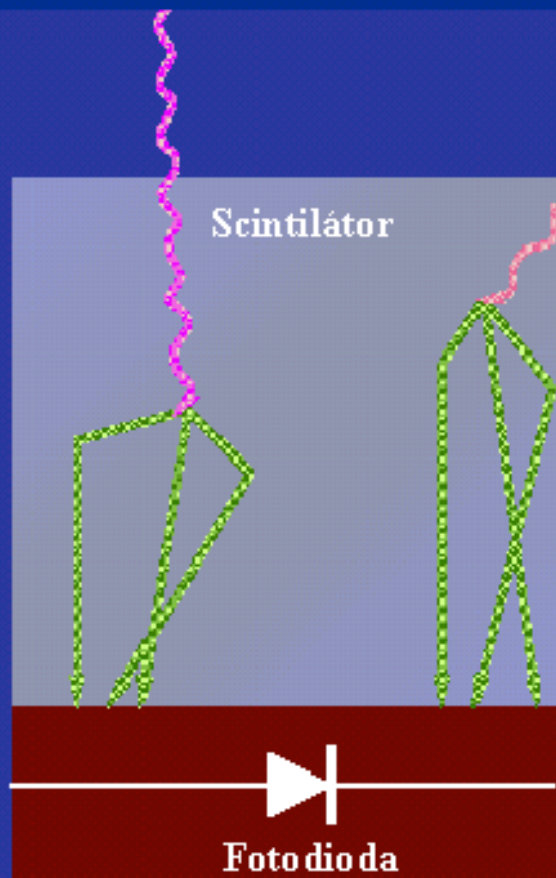
- **Složitost a nákladnost zařízení**

UFC - (ultra fast ceramic)
- rychlé keramické scintilační detektory -

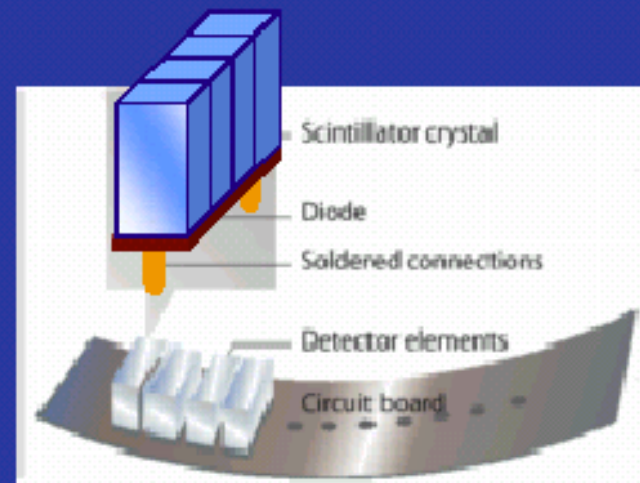
Dopadající
X-zářeni

Scintilace
viditelného
světla

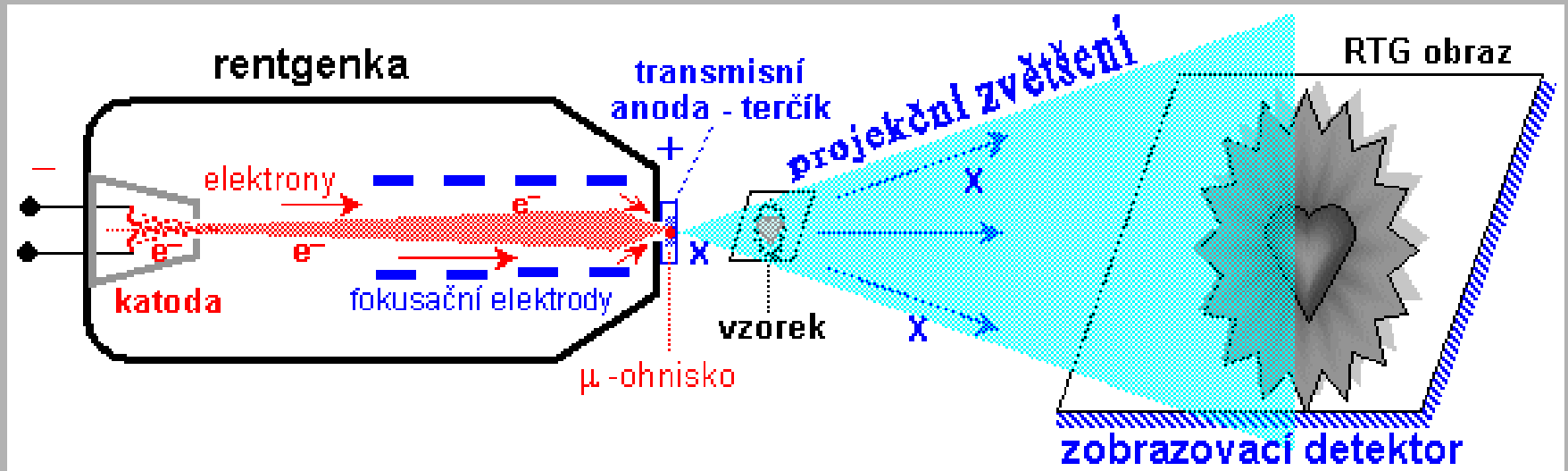
Detekce
světelných
záblesků



- **Vysoká detekční účinnost**
- **Vysoká rychlost**



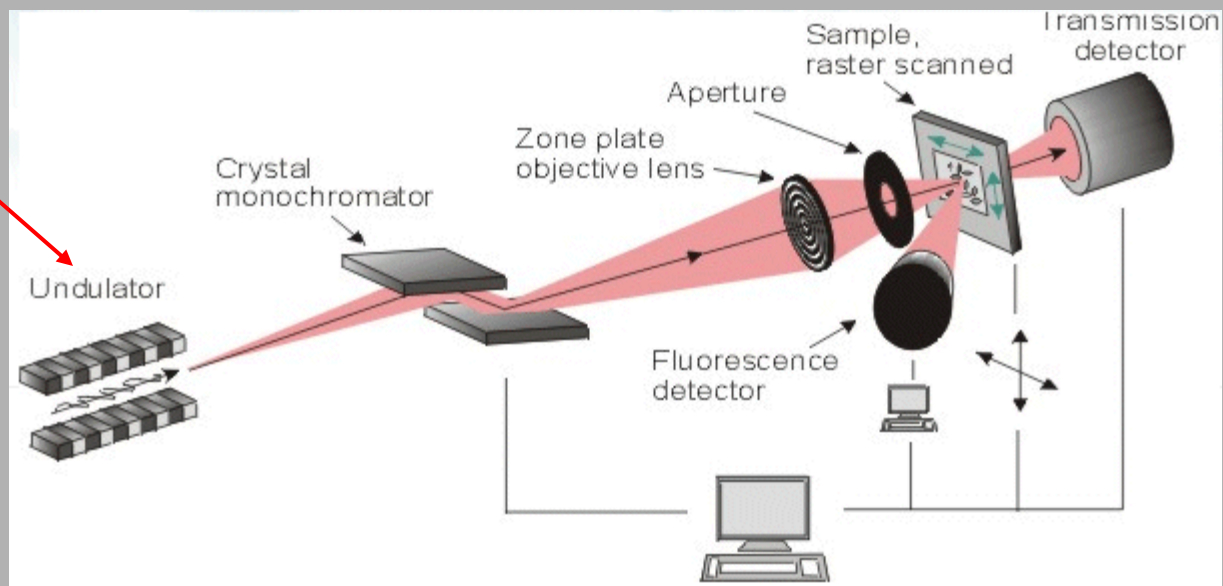
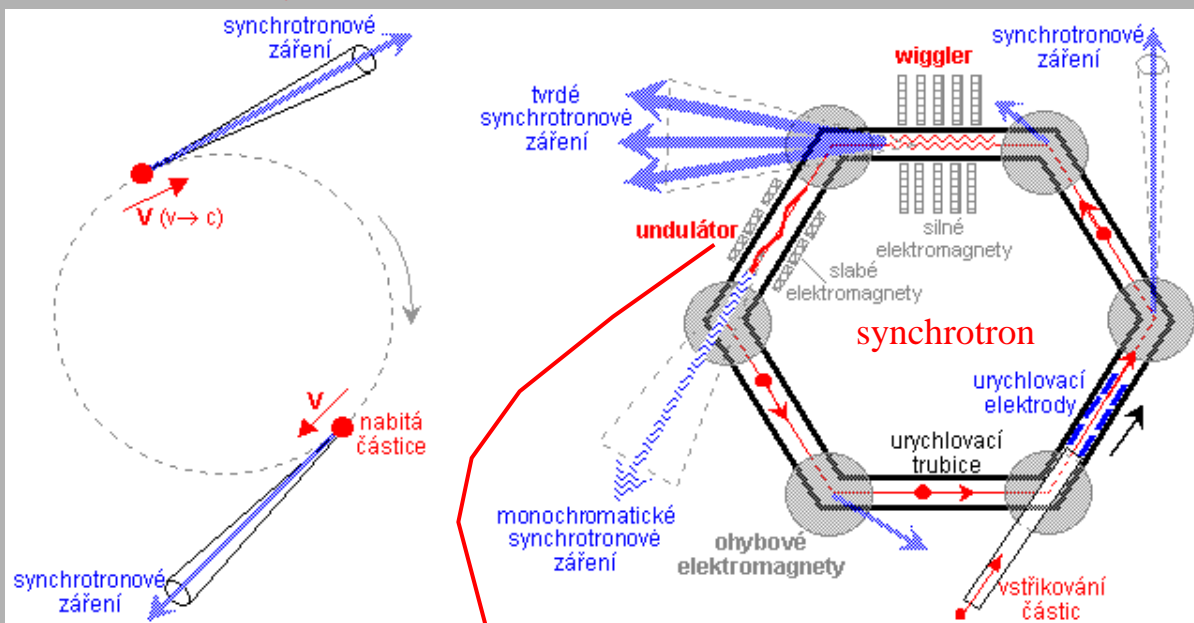
Rentgenová mikroskopie



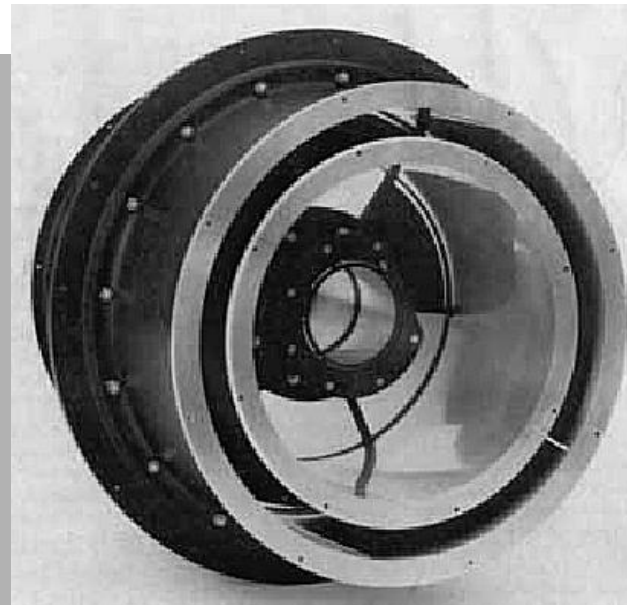
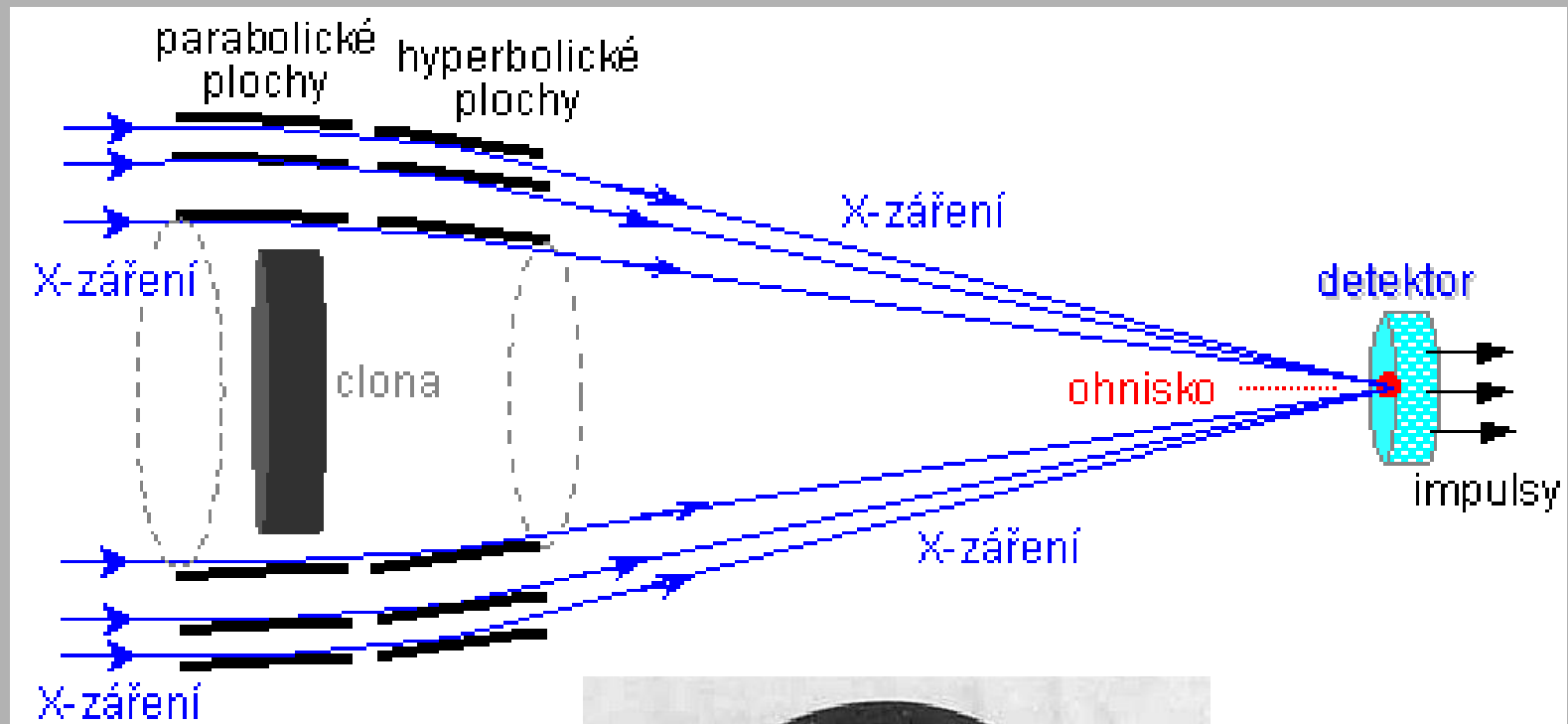
Mikro-fokusová rentgenka s transmisní anodou
(otevřená konstrukce - rozebíratelná, výměnné komponenty)

Rentgenová mikroskopie - velké laboratoře

Generátor synchrotronového záření



Rentgenové dalekohledy



HYBRIDNÍ KOMBINACE

- fúze radiologických technologií -

1. FÚZE ZOBRAZOVACÍCH MODALIT

- hybridní zobrazovací systémy -
SPECT+CT , PET+CT , NMRI+CT

2. INTEGRACE ZOBRAZOVACÍCH A OZAŘOVACÍCH TECHNOLOGIÍ

IGRT , tomoterapie , hadronová terapie

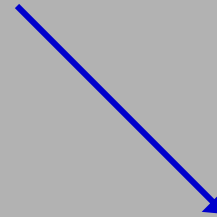
FÚZE ZOBRAZOVACÍCH MODALIT

- hybridní zobrazovací systémy -
SPECT+CT , PET+CT , NMRI+CT
-

scintigrafie + CT
SPECT/PET



Poskytuje obraz funkce
(metabolismu, dynamiky)

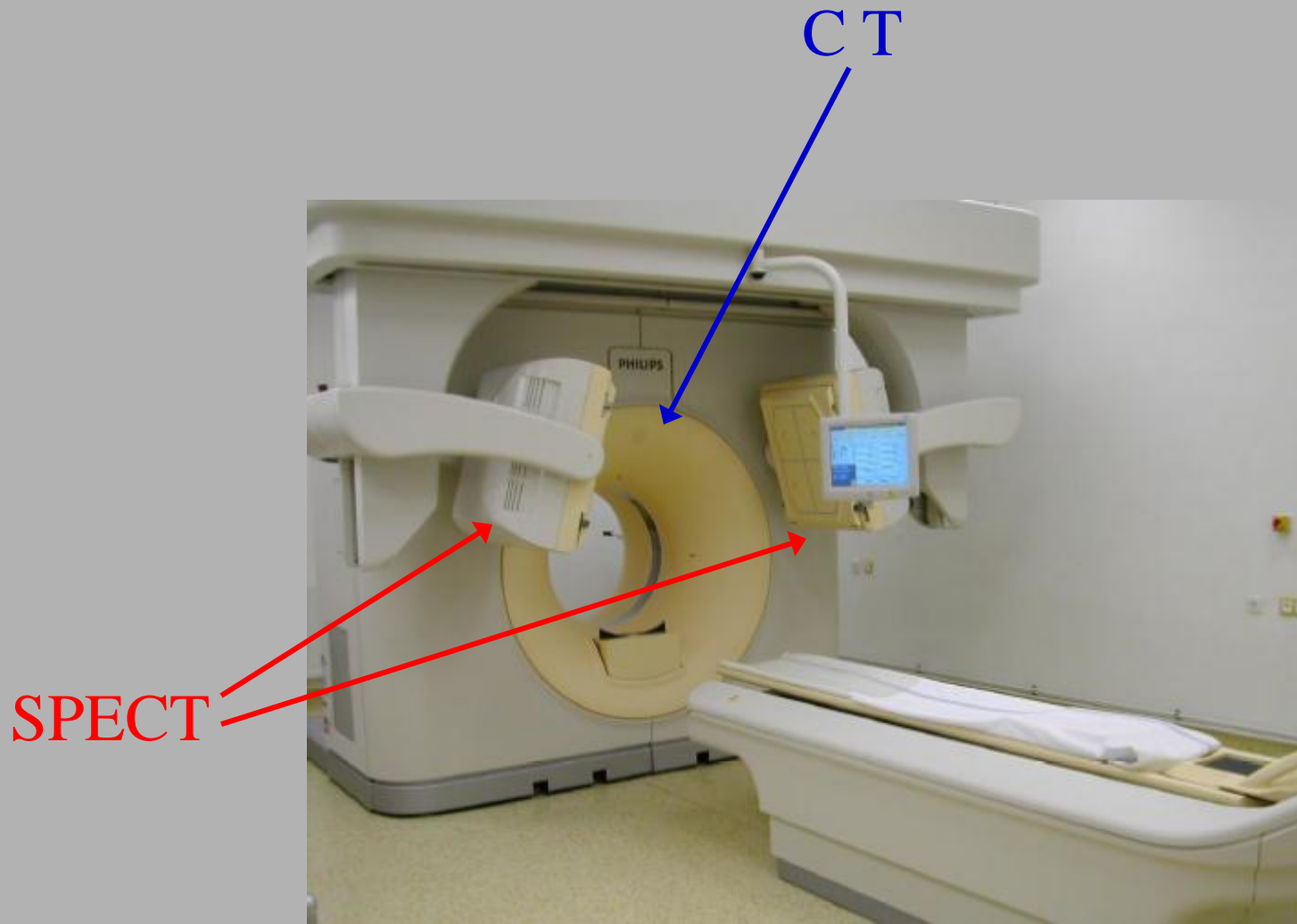


Poskytuje obraz denzity
(anatomie, lokalizace)

Funkčně - anatomická korelace
- zpřesnění diagnostiky -

FÚZE ZOBRAZOVACÍCH MODALIT

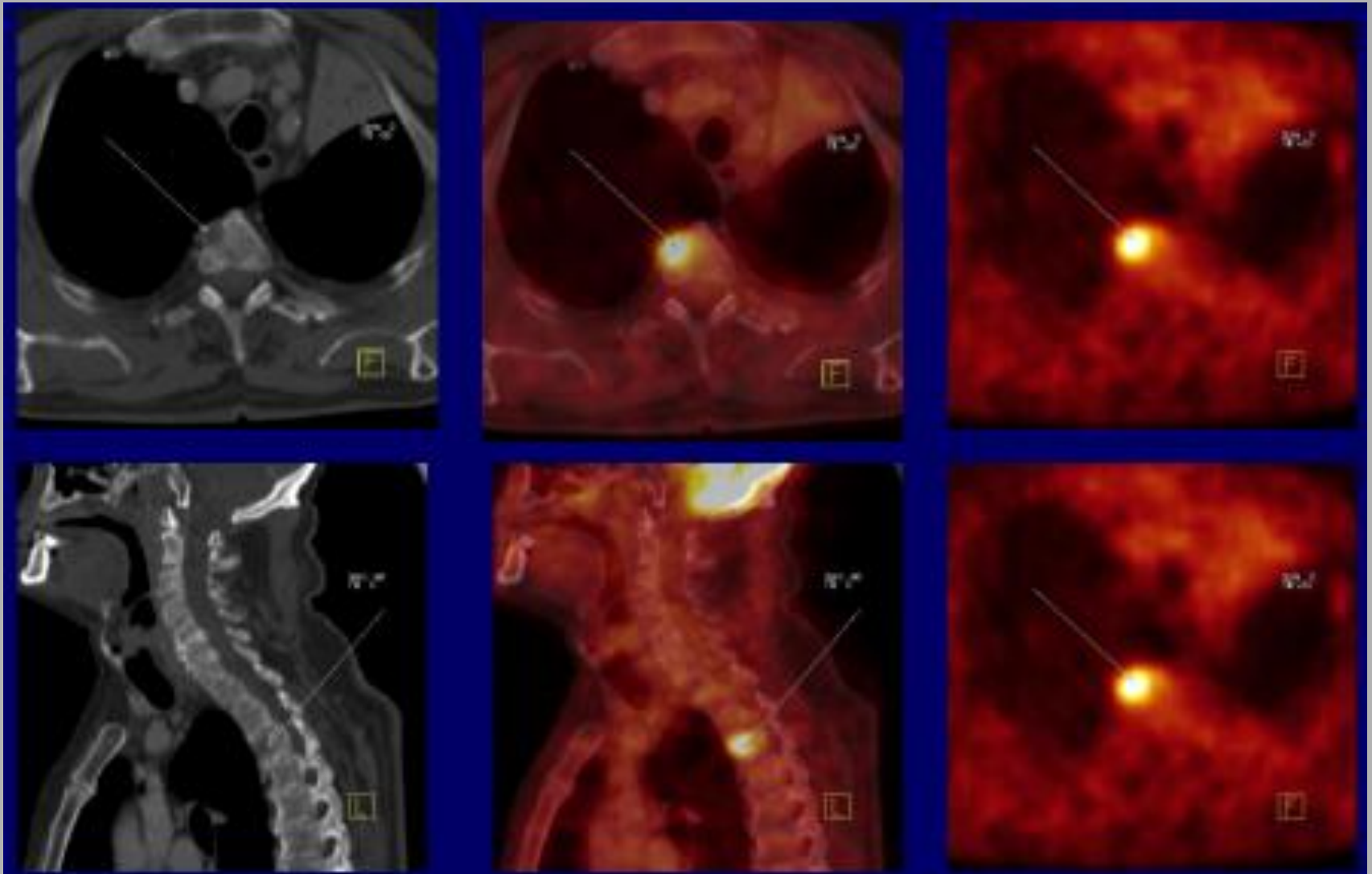
- hybridní zobrazovací systémy -
SPECT+CT



Obraz CT

Fúze

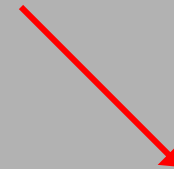
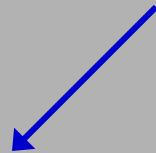
Obraz PET



INTEGRACE ZOBRAZOVACÍCH A OZAŘOVACÍCH TECHNOLOGIÍ

IGRT , tomoterapie , hadronová terapie

ZOBRAZENÍ + OZÁŘENÍ
CT/PET/NMRI IGRT

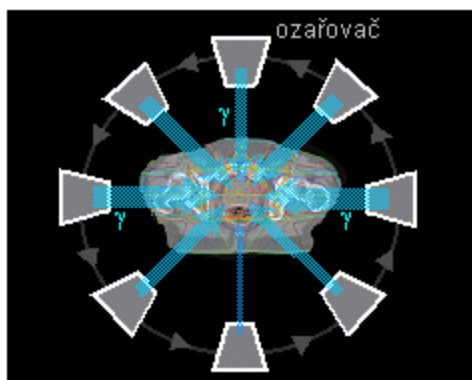
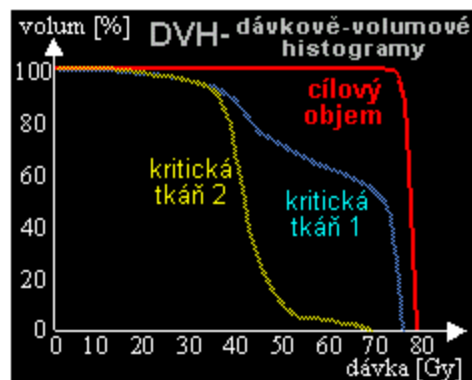
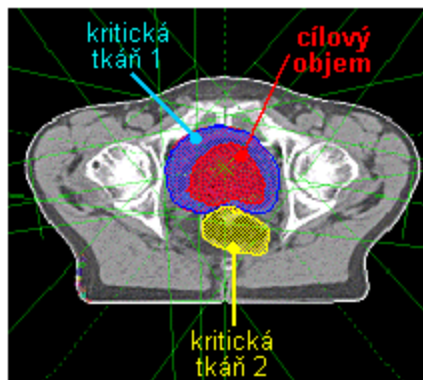
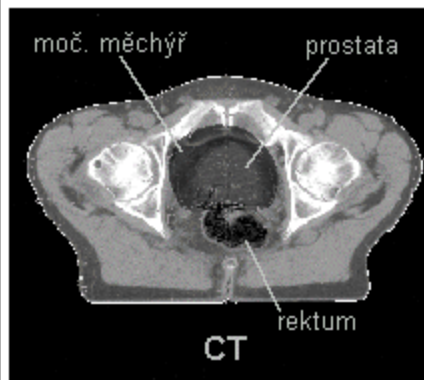
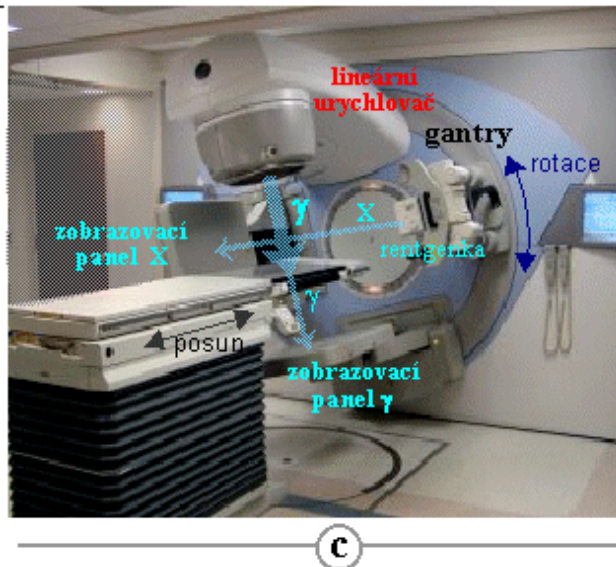
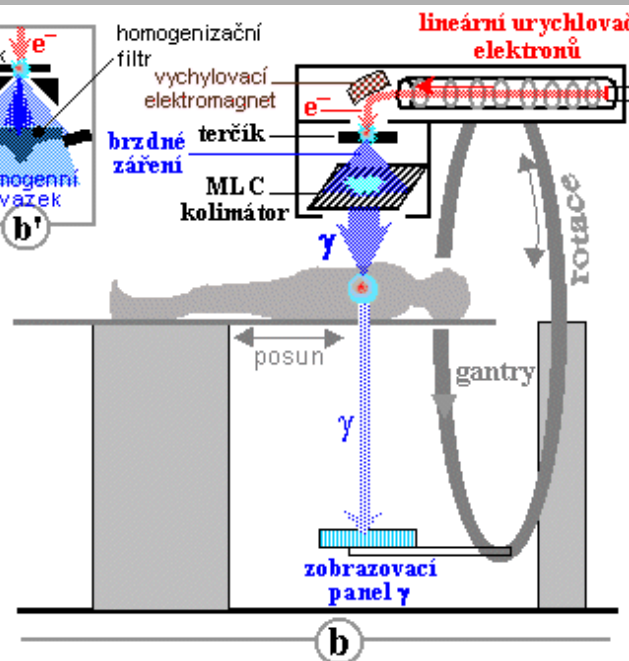
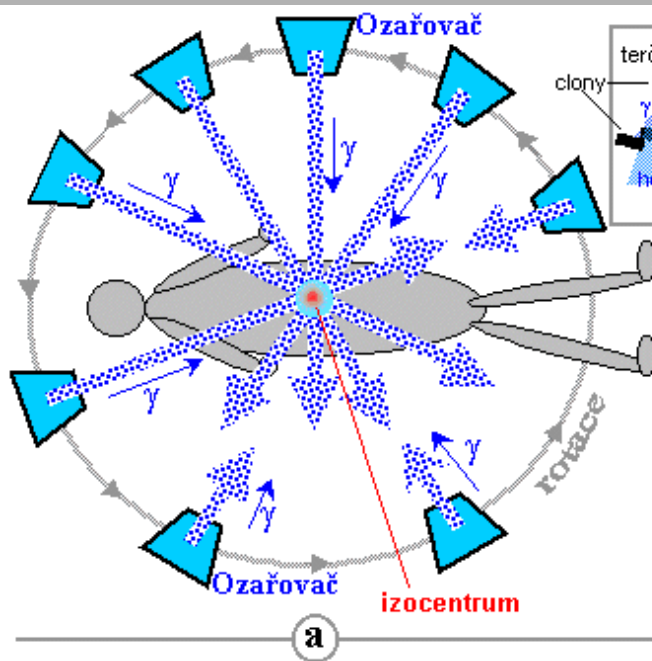


Poskytuje obraz denzity
(anatomie, lokalizace, objem
cílové tkáně) - umožní korekci
ozařovacího plánu

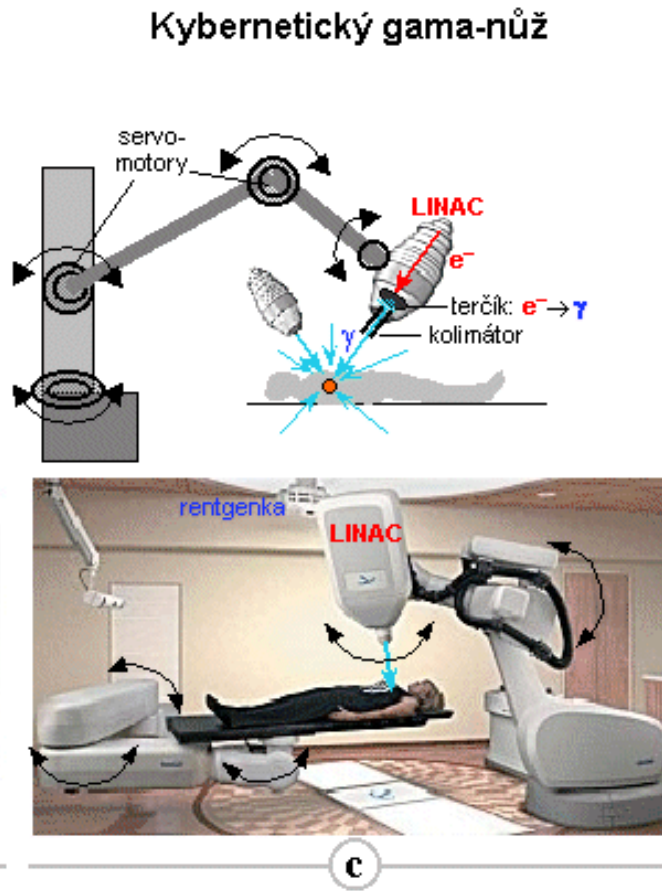
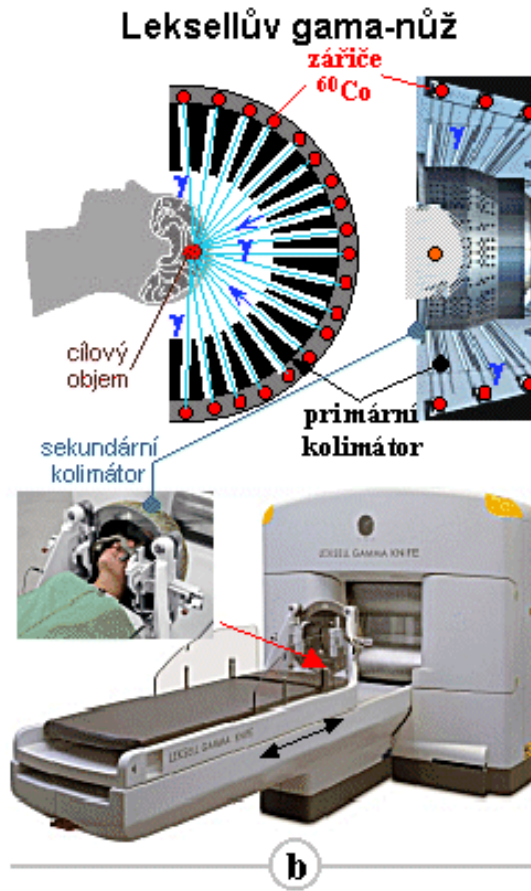
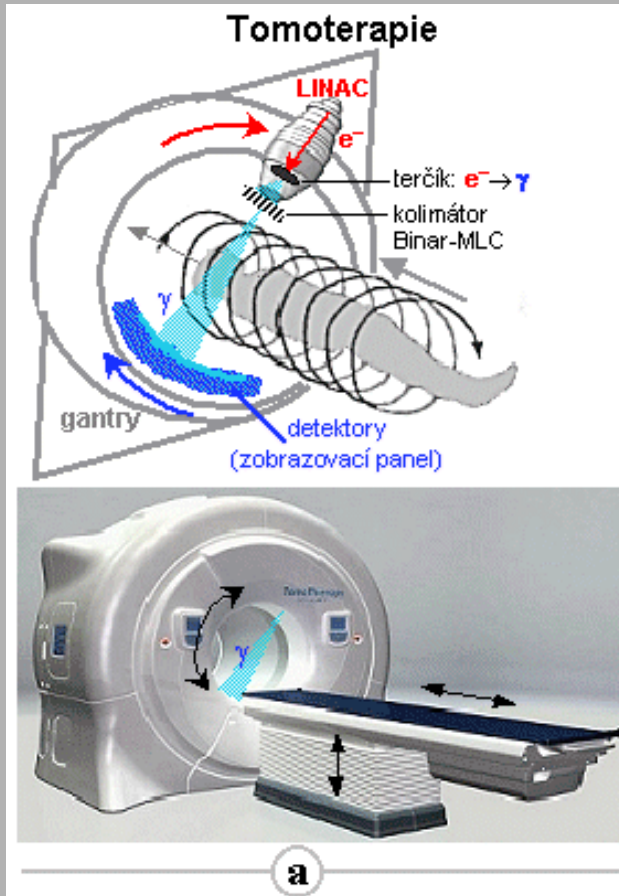
Provede ozáření přesně
modulovaným svazkem
IGRT - obrazem řízená
radioterapie

**Přesně cílená konformní
radioterapie**

INTEGRACE ZOBRAZOVACÍCH A OZAŘOVACÍCH TECHNOLOGIÍ IGRT



INTEGRACE ZOBRAZOVACÍCH A OZAŘOVACÍCH TECHNOLOGIÍ IGRT - tomoterapie - gama-nůž



**Přesně cílená konformní
radioterapie**

INTEGRACE ZOBRAZOVACÍCH A OZAŘOVACÍCH TECHNOLOGIÍ

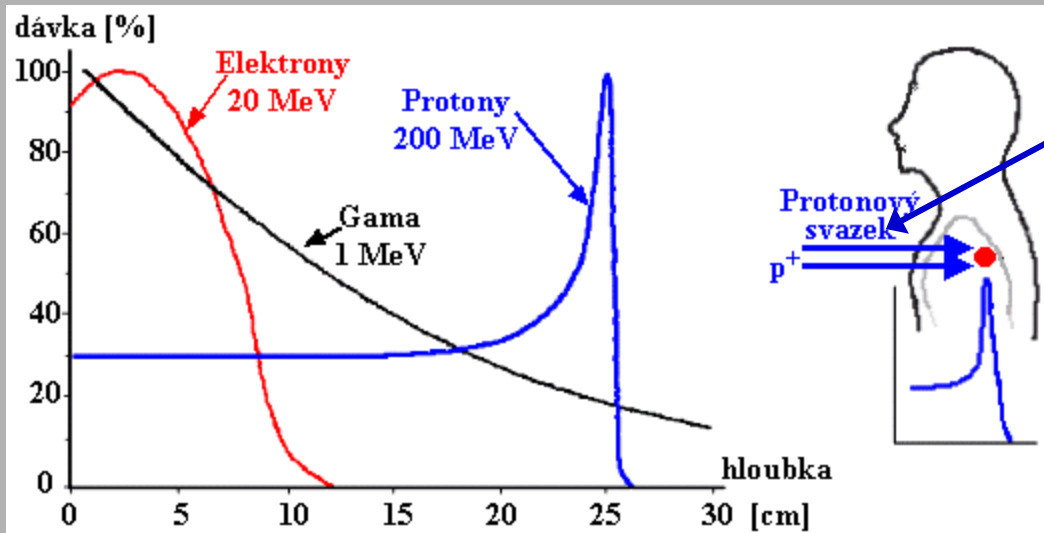
IGRT , tomoterapie , hadronová terapie

Poslední „výkřiky techniky“:

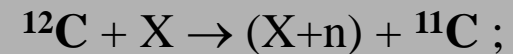
Spirální - helikální - tomoterapie - IGRT řízená obrazem CT

video: ➔ [⁶⁰Co +NMRI](#) ; ➔ [Tomotherapy](#)

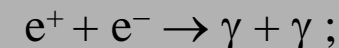
Hadronová radioterapie - urychlenými jádry **uhlíku ¹²C**



Během letu ¹²C v tkáni:



¹¹C je pozitronový radionuklid:

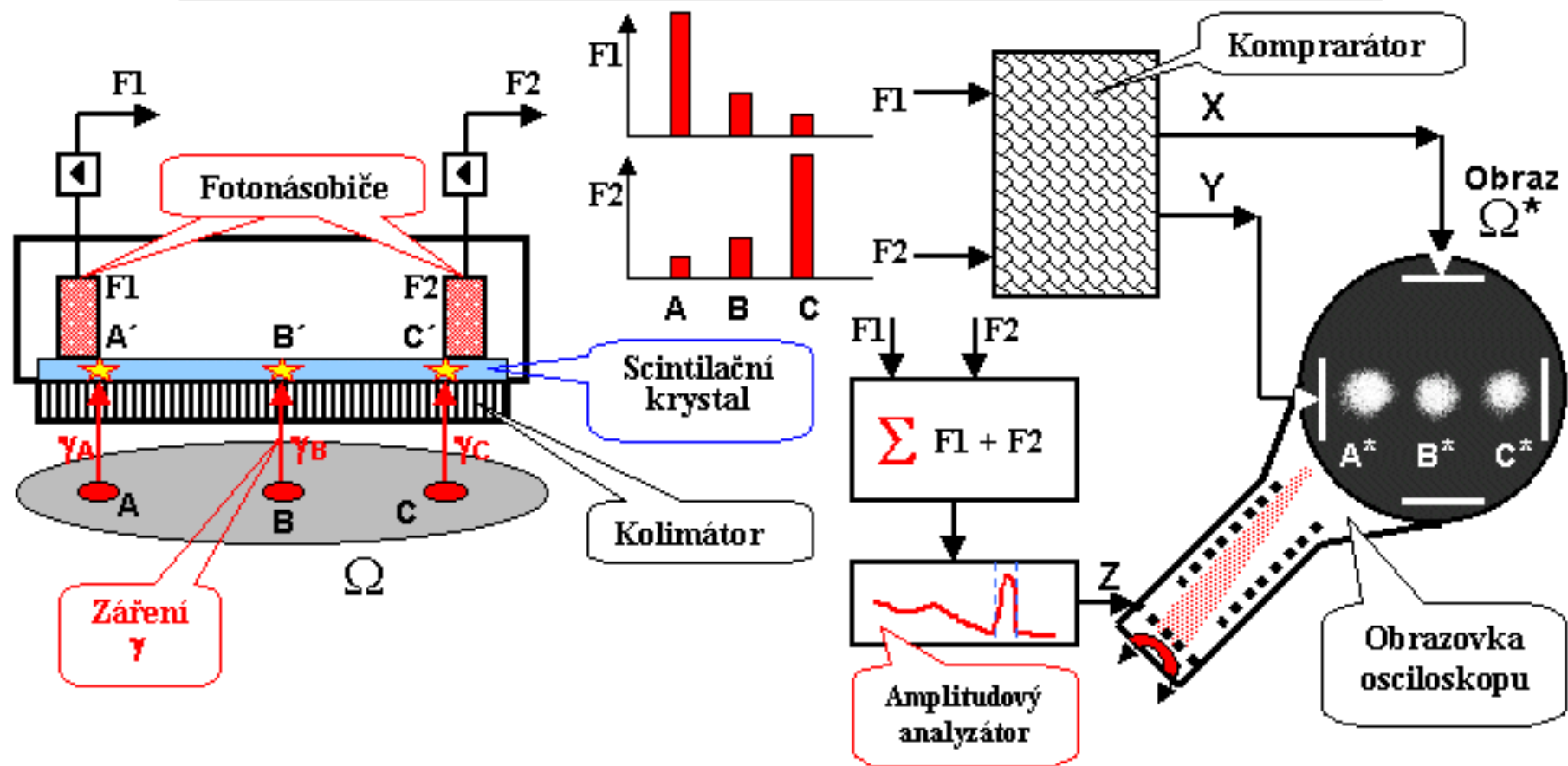


Dvojice anihilačních kvant γ může být detekována kamerou PET ➔ scintigrafické monitorování hadronové ¹²C terapie

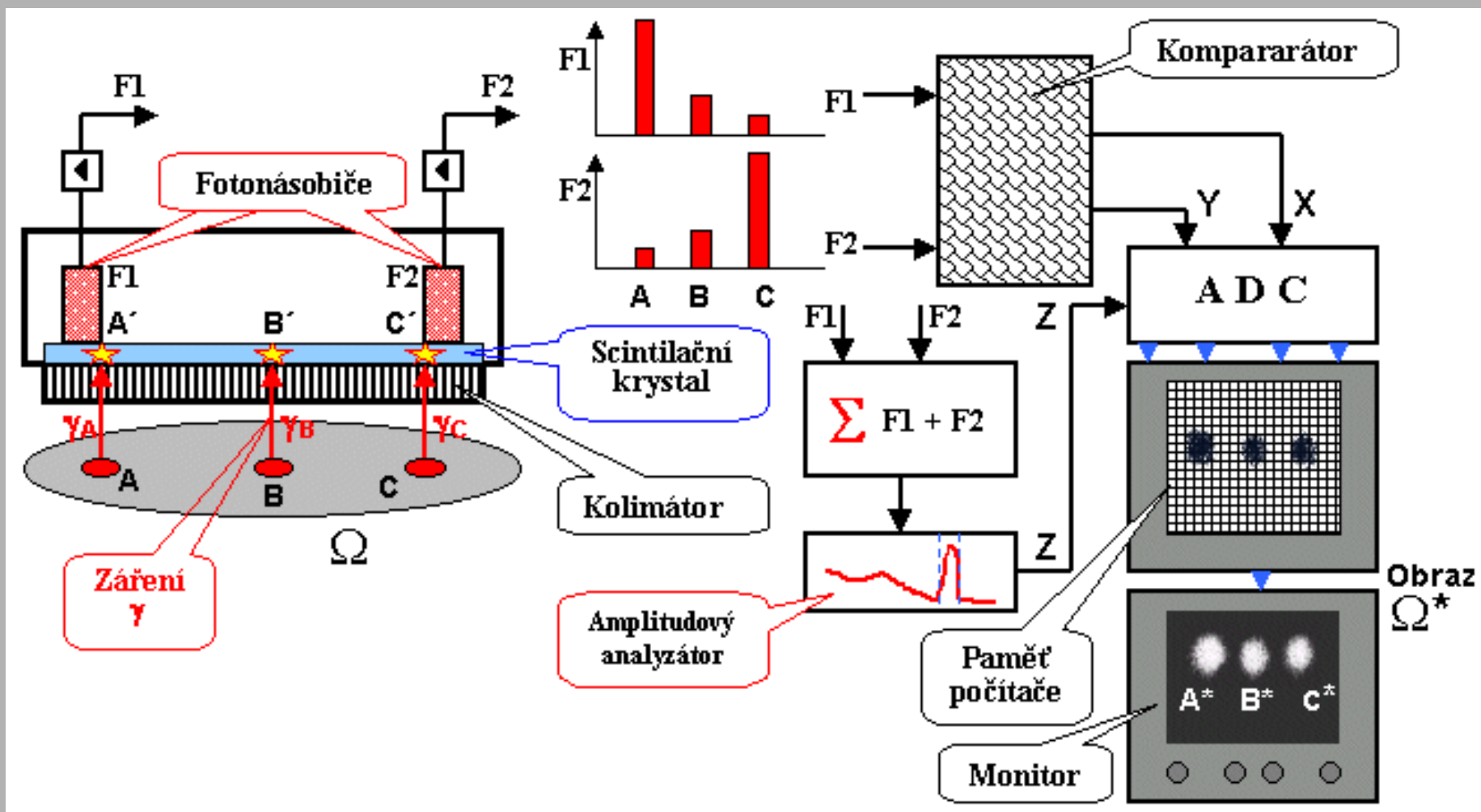
➔ Hybridní kombinace [**hadronový ¹²C-ozařovač + PET kamera**]

Zobrazování distribuce radioindikátoru v organismu

SCINTILAČNÍ KAMERA

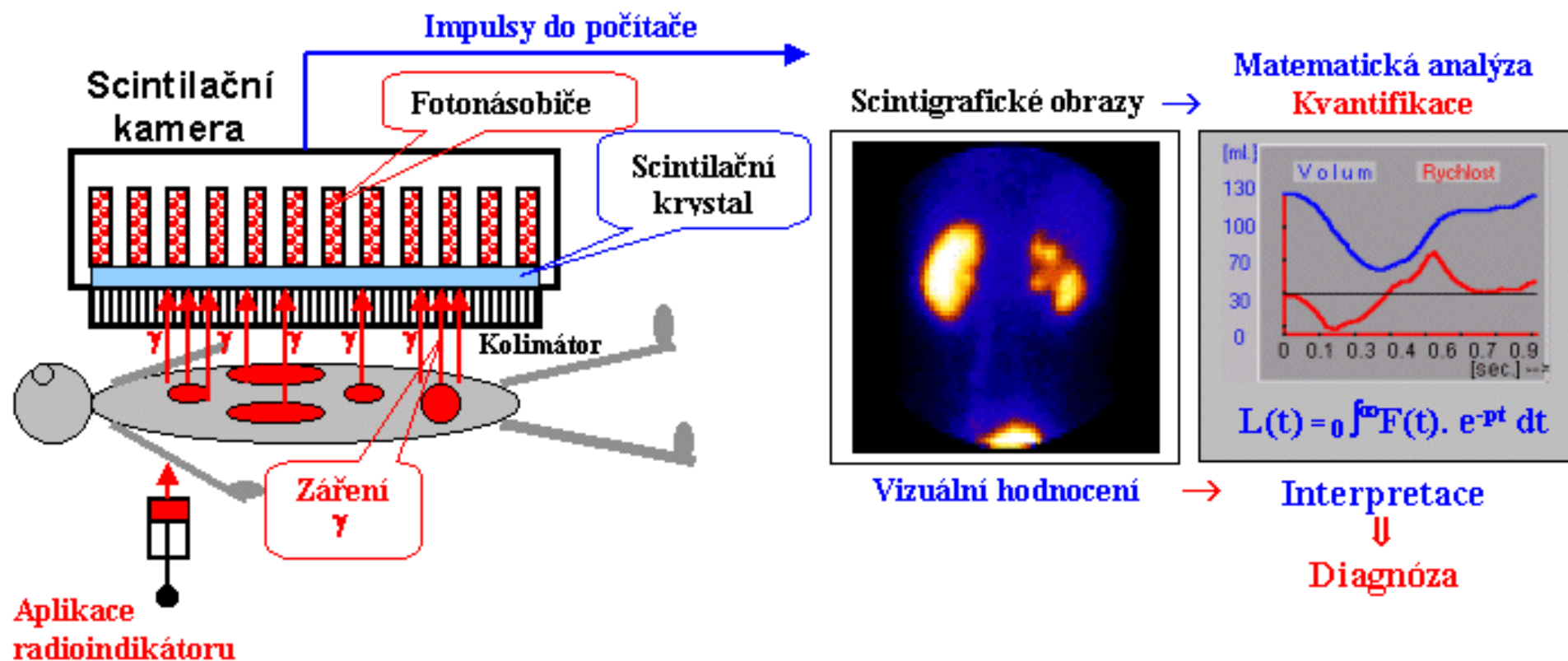


Scintilační kamera + počítač



Příprava pacienta (premedikace) → Aplikace radioindikátoru →
→ Snímání scintigrafické studie → Počítačové vyhodnocení →
→ Interpretace výsledků → **Diagnóza**

RADIOISOTOPOVÁ SCINTIGRAFIE

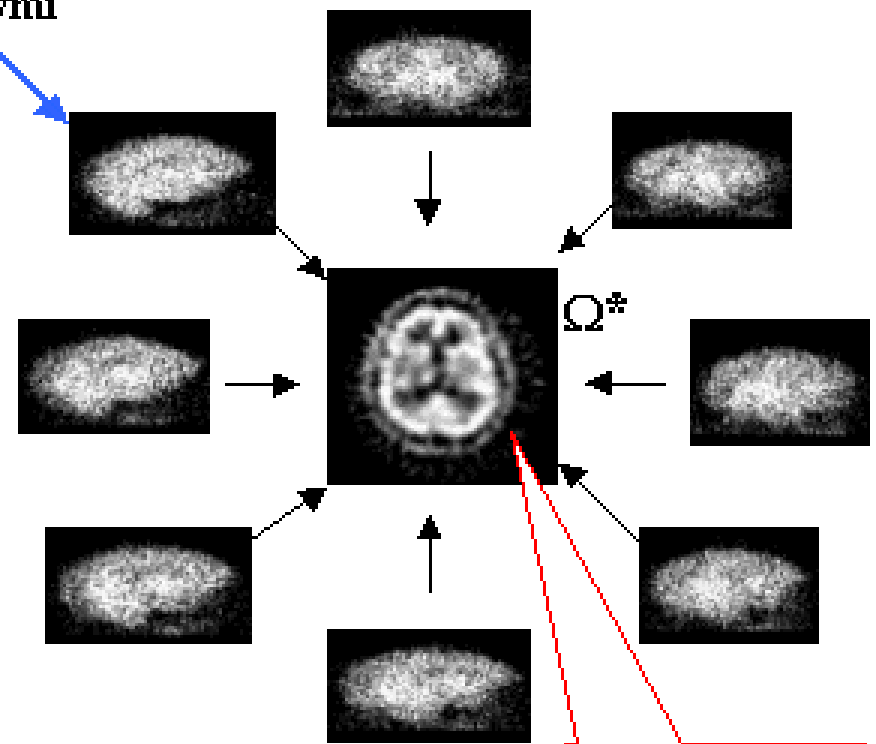
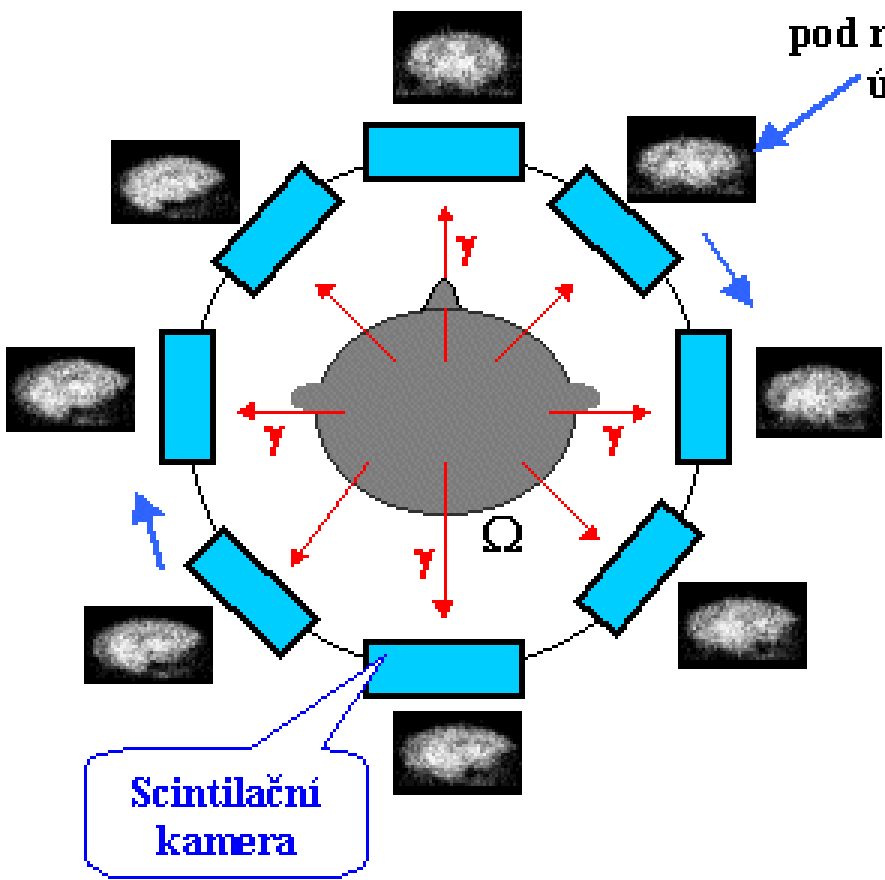


Tomografická scintigrafie SPECT

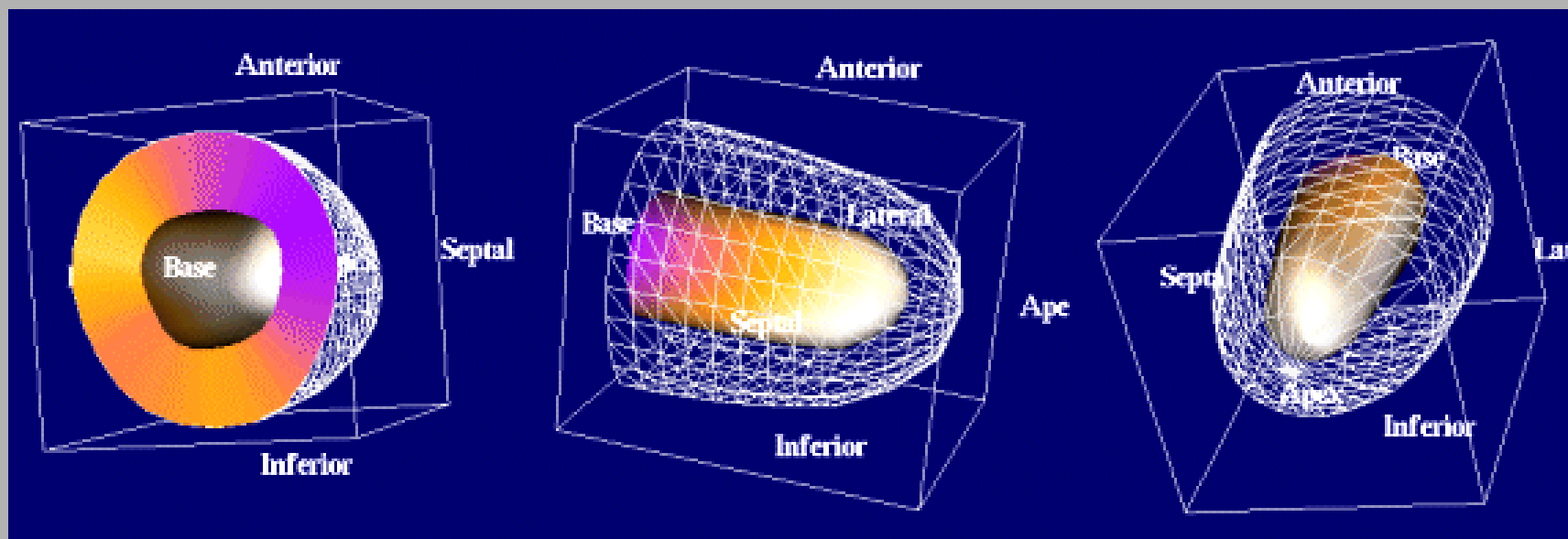
Akvizice SPECT

Rekonstrukce SPECT

Snímky
pod různými
úhly



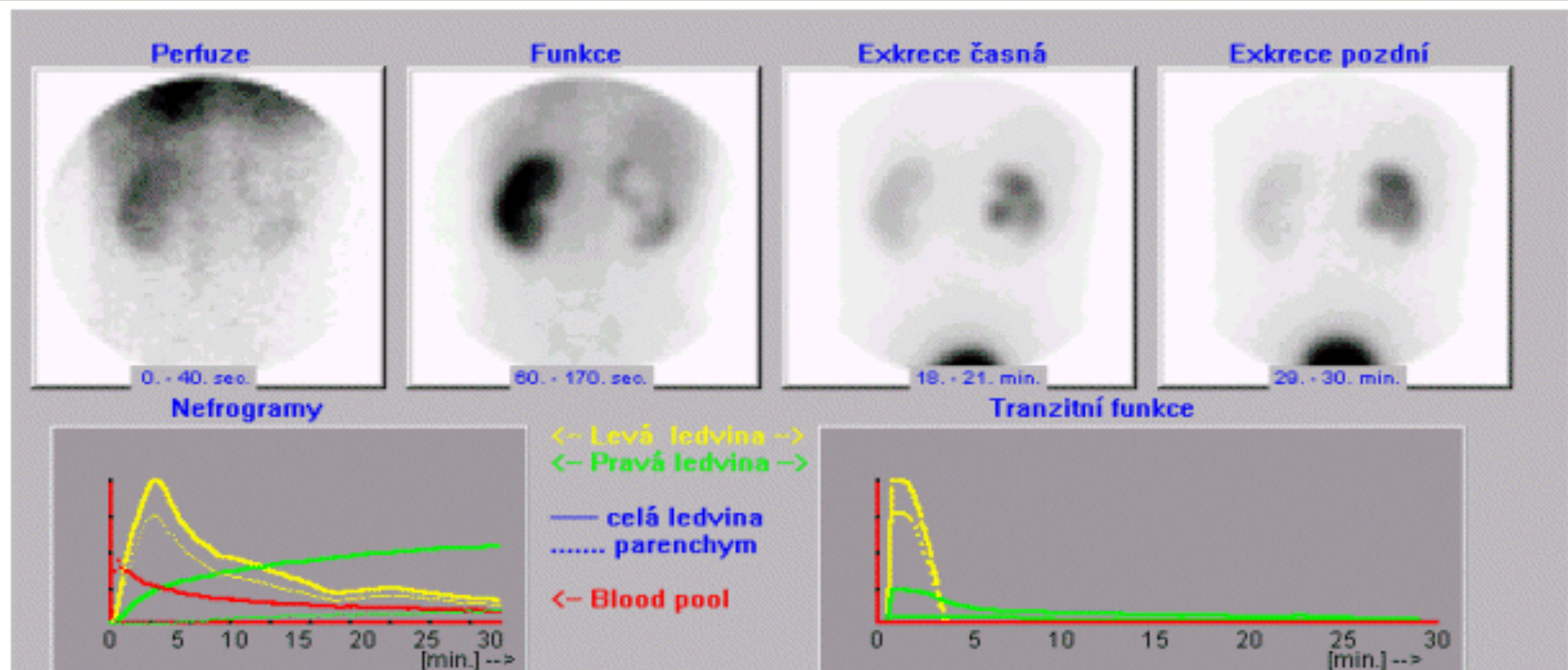
3-rozměrné zobrazení myokardu pomocí počítačové grafiky





Jméno, příjmení, rodné číslo

Matematická analýza a komplexní vyhodnocení dynamické funkční scintigrafie ledvin - (MAG-3) průtok plazmy



Poločas clearance = 24 min.

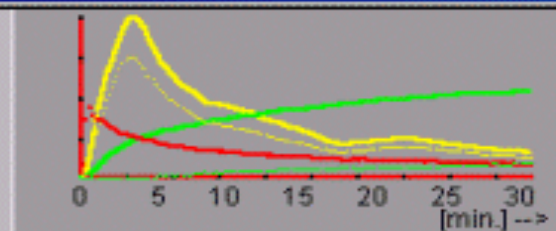
GLOBÁLNÍ FUNKCE = 8.30 ml/s = 7.19 ml/s/1.73m²
(ERPF)

LEVÁ LEDVINA :

Funkce = 6.95 ml/s = 84 %
Čas maxima = 4 min.
Poločas exkrece = 5 min.
Max. tranzit. čas = 230 sec.
Exkreční frakce [/30 min] = 83 %

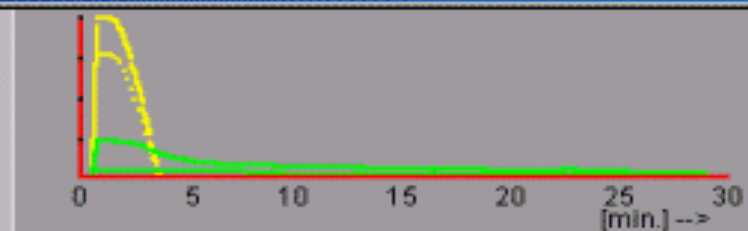
PRAVÁ LEDVINA :

Funkce = 1.34 ml/s = 16 %
Čas maxima = 30 min.
Poločas exkrece = 69 min.
Max. tranzit. čas = 1700 sec.
Exkreční frakce [/30 min] = 7 %



— celá ledvina
 parenchym

← Blood pool



Poločas clearance = 24 min.

GLOBALNÍ FUNKCE = 8.30 ml/s = 7.19 ml/s/1.73m²
 (ERPF)

LEVÁ LEDVINA :

Funkce = 6.95 ml/s = 84 %

Čas maxima = 4 min.

Poločas exkrece = 5 min.

Max. tranzit. čas = 230 sec.

Exkrecní frakce (/30 min) = 83 %

PRAVÁ LEDVINA :

Funkce = 1.34 ml/s = 16 %

Čas maxima = 30 min.

Poločas exkrece = 69 min.

Max. tranzit. čas = 1700 sec.

Exkrecní frakce (/30 min) = 7 %

Vizuální hodnocení :

Po i.v. aplikaci radioindikátoru se zobrazila sytě akumulující levá ledvina obvyklého tvaru i velikosti, bez patrných hrubších ložiskových změn, pravá ledvina se zobrazuje opožděně jako výrazně hypoaktivní, nehomogenní - zachován pouze úzký lem funkčního parenchymu kolem výrazně dilatovaného exkavovaného dutého systému (centrální minus v depozici RF).

Nefrogram levé ledviny má fyziologický tvar. Nefrogram pravé ledviny má výrazně nižší amplitudu křivky s nízkým funkčním segmentem, křivka má trvale ascendentní průběh i po aplikaci furosemidu v 16.min.

Závěr:

Globální funkce ledvin je hraniční vzhledem k věkové kategorii.

Dobrá funkce levé ledviny, **těžce hypofunkční pravá ledvina** s výraznou atrofií renálního parenchymu. Drenáž levé ledviny fyziologická, vpravo porucha drenáže **obstrukčního typu** bez reakce na podané diuretikum.

Podpis: MUDr. Drozdková

Seznam prováděných vyšetření včetně pokynů pro přípravu pacientů je možno nalézt na

http://www.fnspo.cz/kliniky/rme/prehled_vysetreni_rme.doc

www-stránky: „AstroNuklFyzika“

Jaderná fyzika - Astrofyzika - Kosmologie - Filosofie

<http://AstroNuklFyzika.cz>

[www.AstroNuklFyzika](http://www.AstroNuklFyzika.cz)

Adresa <http://astroNuklFyzika.cz/>

Author:
Vojtěch Ullmann
Fyzik

AstroNukl Fyzika :
- jaderná fyzika - astrofyzika -
- kosmologie - filosofie -

Jaderná fyzika
Nukleární medicína
Scintigrafie
Matematická analýza
Software - OSTNUCLINE

Astrofyzika - kosmologie
Teorie relativity, prostoročas
Gravitace, černé díry
Antropický princip
Vesmír a Bůh

Systém **AstroNuklFyzika** představuje řadu vzájemně propojených statí a pojednání v elektronické formě z oblasti jaderné a radiační fyziky včetně některých aplikací, teorie relativity, astrofyziky, kosmologie a přírodovědně-filosofických úvah, doplněných pasážemi z oblasti kultury, duchovní hudby a okrajově i pár postřehů a stanovisek společenských.

Struktura www-stránek:
Kliknutím na některý ze čtyř **tematických rámců** se otevře příslušná stránka, na níž je v užším levém rámečku uveden **obsah** (seznam materiálů) konkrétního okruhu. Jednotlivé materiály sponulíme klávesou na příslušná hesla v levém pásmu - vyběrné

Část tvořit stránky

Některé konkrétní odkazy:

Jaderná a radiační fyzika :

<http://AstroNuklFyzika.cz/Fyzika-NuklMed.htm>

<http://AstroNuklFyzika.cz/JadRadFyzika.htm>

..... atd.

Astrofyzika, kosmologie, teorie relativity :

Antropický princip aneb Kosmický Bůh:

<http://AstroNuklFyzika.cz/AntropPrincip.htm>

Gravitace, černé díry a fyzika prostoročasu:

<http://AstroNuklFyzika.cz/GravitCerneDiry.htm>

Kosmická alchymie:

<http://AstroNuklFyzika.cz/KosmickaAlchymie.htm>

Průhledy na fyziku:

<http://AstroNuklFyzika.cz/HudbaJedre.htm>

<http://AstroNuklFyzika.cz/HudbaJapocastro.htm> atd.

STINNÉ STRÁNKY A RIZIKA TRENDU VÝVOJE VĚDY A TECHNIKY V POSLEDNÍCH DESÍTILETÍCH

Komerzializace, konzumní společnost



odliv odborníků

Lze očekávat **paradoxní vývoj**:

**Růst technické úrovně
přístrojů**



**Pokles odborné úrovně a
erudice pracovníků**

Inflace informací

(či spíše informačního šumu ?)



Obtížná dostupnost užitečných informací

Technokracie ← versus → šarlatánství



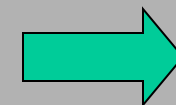
**Ztráta důvěry ve vědu
u značné části veřejnosti**

Masmédia - povrchnost - byrokratizace



**Staneme se společností bohatých blahobytných
barbarů ?**

Konec prezentace



END

