

## 15. Využití fyzikálních vlastností ionizujícího záření v praxi

### Dávka

(fyzikální dávka) odpovídá energii sdělené pomocí radioaktivního záření hmotě

Jednotka dávky>

Gray (Gy)     [Gy] = J/kg

### A) Metody založené na absorpci záření

➤ využívá se zeslabení svazku záření  $\beta$  nebo  $\gamma$  závislosti na tloušťce vrstvy (viz příslušné rovnice závislost intenzity svazku záření na tloušťce absorbující vrstvy)

1. používá se při kontrole tloušťky materiálu (lití, tažení, vytlačování) – **plechy tabulové sklo, pryžové nebo plastové fólie, papír** apod.

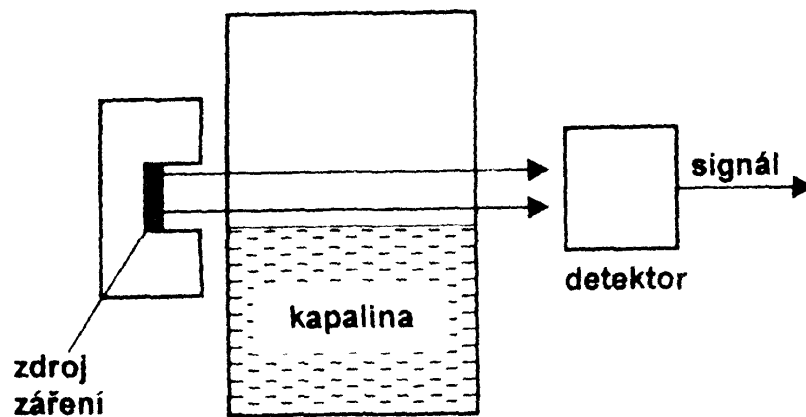
2. kontrola přísunu sypkého materiálu

3. určování popelnatosti uhlí při absorpci  $\gamma$ -záření o  $E < 100$  keV ( $^{241}\text{Am}$ ) - metoda je založena na to, že složky tvořící popel (Ca, Si, Fe) absorbují více než uhlík

4. kontrola tvorby usazenin v potrubí

5. kontrola vrstvy prachu zachyceného na filtrech (nejlépe z papíru)

## 6. kontrola výšky hladiny v reaktorech a zásobnících



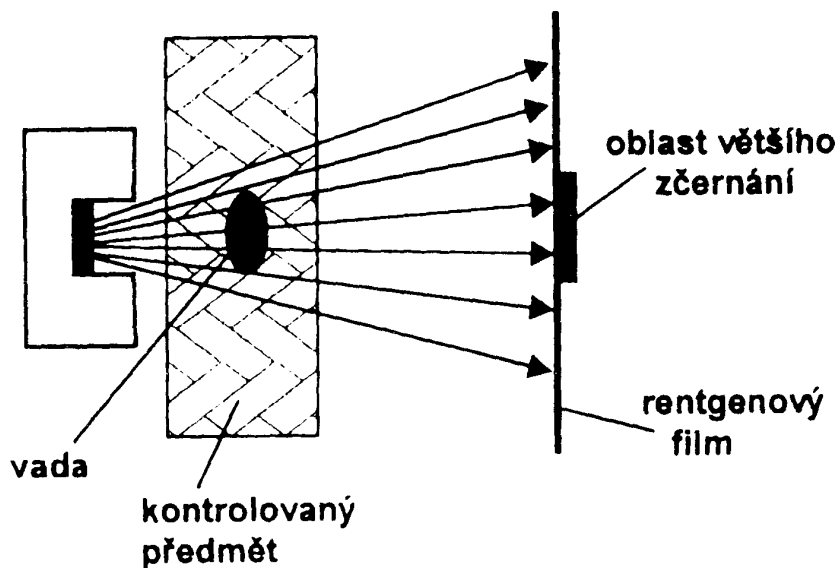
Kontrola výšky hladiny v zásobníku kapaliny.

kapalin

### ➤ využití závislosti absorpce na atomovém čísle

1. **gama radiografie** – slouží ke zjišťování vad a nehomogenity v kovových předmětech (metoda je podobná rtg diagnostickým metodám v lékařství) – kontrola svárů potrubí apod.

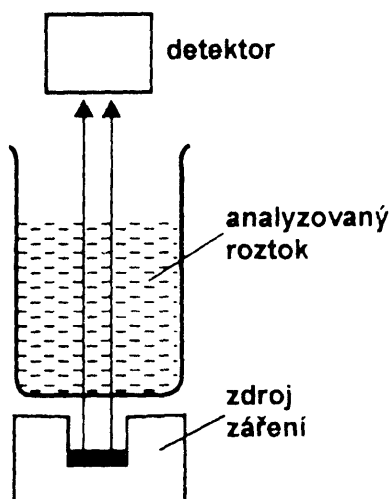
➤ zdroj:  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{192}\text{Ir}$



Gama radiografie.

2. **neutronová radiografie** – slouží pro kontrolu součástek a konstrukcí obsahujících vodík (využívá se schopnosti vodíku neutrony zpomalovat)

- zdroj:  $^{252}\text{Cf}$  ( $\alpha$ -zářič)
- detekce: film překrytý fólií z Gd:  
 $^{157}\text{Gd}(n,\gamma)^{158}\text{Gd}$  -  $\gamma$ - záření exponuje film  
 (místa obsahující vodík se jeví jako plochy s menším zčernáním)



3. **chemická analýza**  
 (založeno na zeslabení intenzity svazku gama záření)

- stanovení síry v ropě

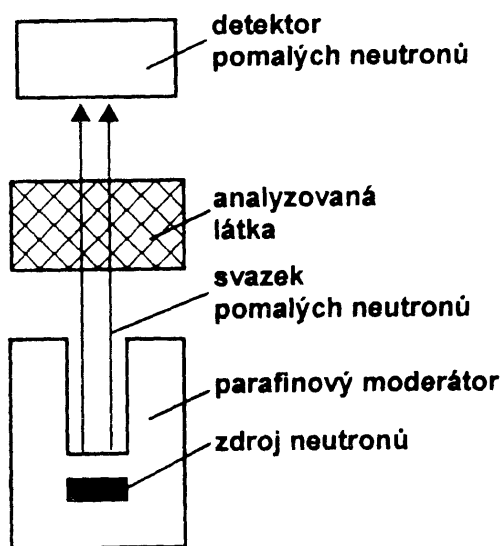
- olova v benzínu

Chemická analýza absorpcí

$\gamma$  záření.

-uranu a plutonia v roztocích  
při zpracování jaderného paliva

apod.



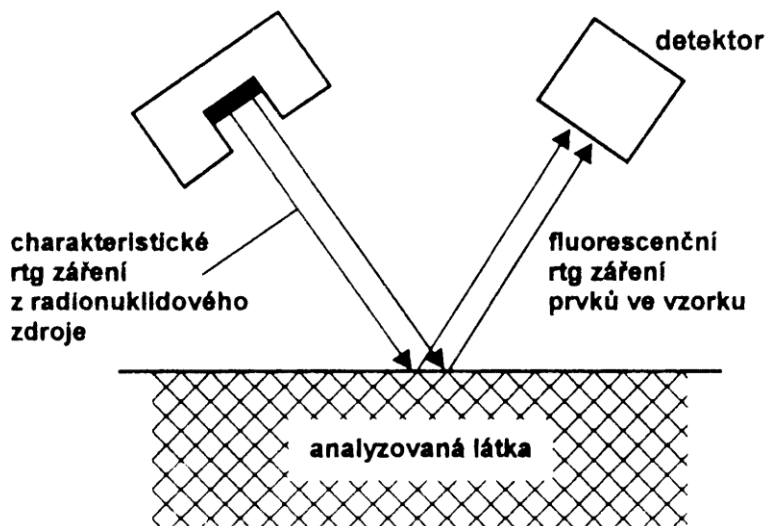
- stanovení boru ve  
sklech a pracích  
prostředcích (absorpce  
je způsobena reakcí  
 $^{10}\text{B}(n,\alpha)^7\text{Li}$ )

Chemická analýza absorpcí  
pomalých neutronů.

#### 4. fluorescenční rtg analýza

- rtg nebo  $\gamma$ -záření o  $E < 100$  keV se při průchodu hmotou absorbuje převážně fotoefektem  $\Rightarrow$  následuje emise **charakteristického rtg záření** (fluorescenční záření)

- energie tohoto záření závisí na atomovém čísle atomu (**Moseleyho zákon**)
- z polohy jednotlivých linií se určí kvalitativní složení atomů tvořících vzorek
- z intenzity pak lze soudit na kvantitativní zastoupení
- radionuklidová fluorescenční rtg analýza využívá ke stanovení prvků ve vzorku radionuklidový zdroj rtg záření



Radionuklidová rentgenová fluorescenční analýza.

- metoda je velmi citlivá a univerzální, lze stanovit všechny prvky počínaje Mg
- zařízení může existovat v mobilní (přenosné) formě
- analýza slitin, rudných koncentrátů a hornin
- geologické průzkumné práce (měřicí sonda s radionuklidovým zdrojem rtg záření se společně s detektorem spouští do vrtu)

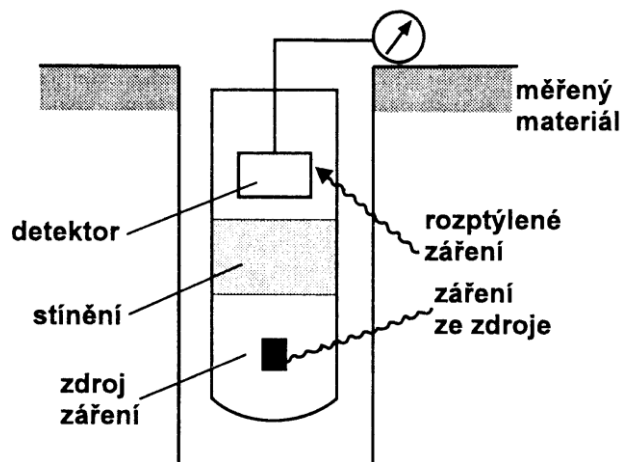
- existuje i varianta, kdy primárním zdrojem je rtg lampa, k lepšímu rozlišení linií spektra se používají polovodičové Si(Li) detektory (tato zařízení jsou nepřenositelná a používají se pouze v laboratořích)

Emise fluorescenčního rtg záření lze vyvolat i protony urychlenými na energii 1-3 MeV

- tyto protony interagují s absorpční látkou, vyrážejí z vnitřních orbitalů atomů elektrony  $\Rightarrow$  vznik charakteristického rtg záření
- komerční metoda pro stanovení prvků od Al se nazývá **PIXE** (proton induced X-ray emission)
- tato metoda je velmi citlivá a umožňuje stanovit prvky na ploše několika  $\mu\text{m}^2$  – **protonová mikrosonda**
- užití při analýze malých zrněk minerálů v horninách, mikrostruktur v elektronice a studia chemické nehomogenity povrchů

## B) Metody založené na rozptylu záření ionizujícího záření

- jsou založeny na **rozptylu částic** při průchodu hmotou (tj. jde o změnu směru pohybu částic záření)
- **příčiny rozptylu:**
  - rozptyl na elektronech (Comptonův rozptyl) u  $\gamma$ -záření
  - elektromagnetická interakce s elektrony u záření  $\beta$
  - elektromagnetická interakce s elektrony u záření  $\alpha$
  - srážky s jádry u neutronového záření
- **charakteristiky rozptylu  $\gamma$ -záření:**
  - pravděpodobnost rozptylu roste s rostoucím atomovým (resp. průměrným atomovým) číslem vzorku (tedy s rostoucí hustotou rozptylující látky)
  - využívá se pro stanovení hustoty sypkých hmot (písek, půda) – **čím je větší hustota látky, tím méně rozptýlených částic dopadá na detektor**



Měření hustoty z rozptylu  $\gamma$  záření.

- jako zdroj záření se používá:  $^{241}\text{Am}$ ,  $^{137}\text{Cs}$
- sondu (přikládá se k povrchu materiálu) lze kalibrovat přímo v hodnotách hustoty materiálu
- sonda se vkládá do sypkého materiálu, primární záření se ve směru detektoru odstiňuje a registruje se pouze vystupující rozptýlené záření (tzv. zpětný rozptyl)
- metoda se používá v průzkumu podloží staveb (tzv.  $\gamma$ - $\gamma$  karotáž)

- lze zjišťovat mj.

- mocnost a uložení uhelných slojí (hustota uhlí je jiná než hustota okolní hlušiny)
- obsah popela v uhlí
- obsah ropy a zemního plynu v horninách
- geologický stav horniny (např. umístění trhlin apod.)

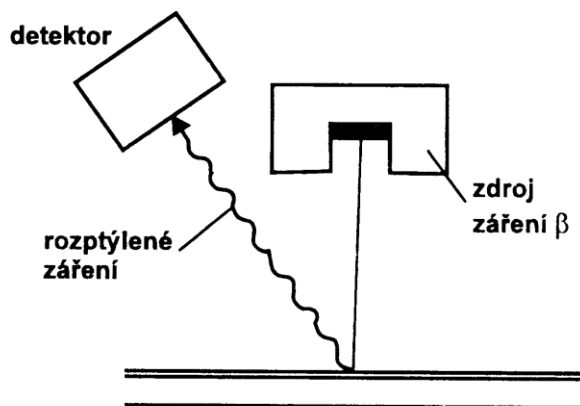


➤ charakteristiky rozptylu  $\beta$ -záření:

- intenzita  $\beta$ -záření vystupujícího z měřené látky závisí na atomovém čísle rozptylujícího materiálu

$$I = kZ^{2/3}$$

- metoda se používá k měření tenkých vrstev kovových povlaků na podkladovém materiálu (skleněná zrcadla), je-li splněna podmínka dostatečného rozdílu v atomových číslech obou materiálů



Měření tloušťky povrchových vrstev z rozptylu  $\beta$  záření.

➤ **charakteristiky rozptylu  $\alpha$ -záření:**

- využívá se faktu, že energie rozptýleného záření závisí na hmotnosti rozptylujících atomů, potažmo tedy na jejich atomovém čísle
- informace o rozptylu záření tedy poskytuje informace o chemickém složení povrchové vrstvy
- měřicí aparatura však vyžaduje cyklotron, polovodičový detektor a spektrometr po měření energie rozptýleného  $\alpha$ -záření
- měření musí probíhat ve vakuu, aby se vyloučil rozptyl na jádrech atomů, které vzduch tvoří (dusík, kyslík)

➤ **charakteristiky rozptylu neutronů:**

- rozptyl je spojen se zpomalováním neutronů
- využívá se pro terénní měření vlhkosti půdy a písku a při vyhledávání ložisek ropy
- jako zdroj neutronů se používá  $^{241}\text{Am}/\text{Be}$ ,
- sonda obsahuje zdroj a detektor pomalých neutronů
- sonda se vnoří do měřeného materiálu, neutrony se na lehkých jádrech vodíku zpomalí a rozptylují
- v okolí detektoru se tedy vytvoří určitá prostorová hustota pomalých neutronů, která souvisí s koncentrací vodíkatých látek ve vzorku (např. vody)