

15. Využití fyzikálních vlastností ionizujícího záření v praxi

1. Metody založené na absorpci záření

- využívá se zeslabení svazku záření β nebo γ 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.

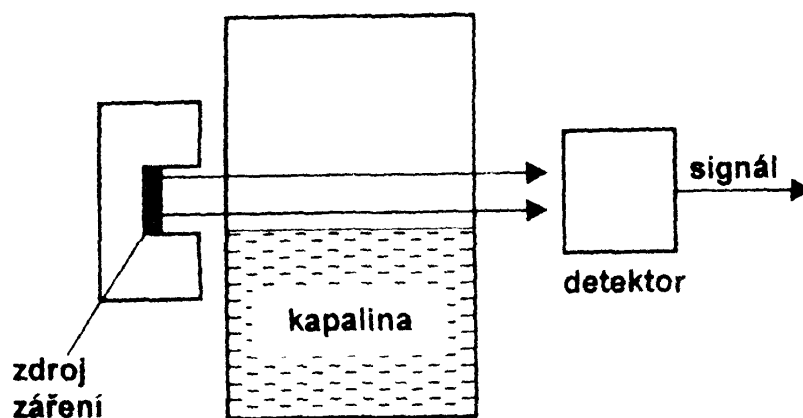
2. **kontrola přísunu sypkého materiálu**

3. **určování popelnatosti uhlí** při absorpci γ -záření o $E < 100$ keV (^{241}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 chemických reaktorech a zásobnících kapalin**

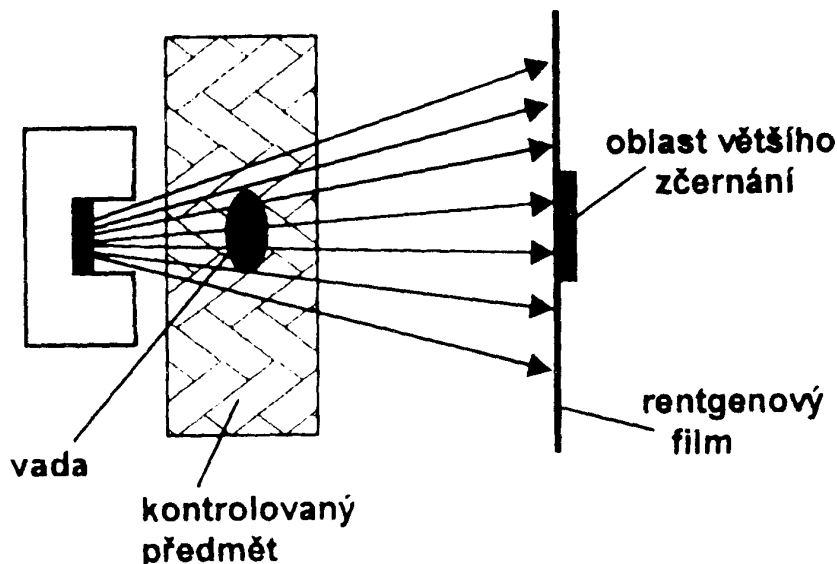


Kontrola výšky hladiny v zásobníku kapaliny.

Využití závislosti absorpce záření na atomovém čísle

- **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}Co , ^{192}Ir



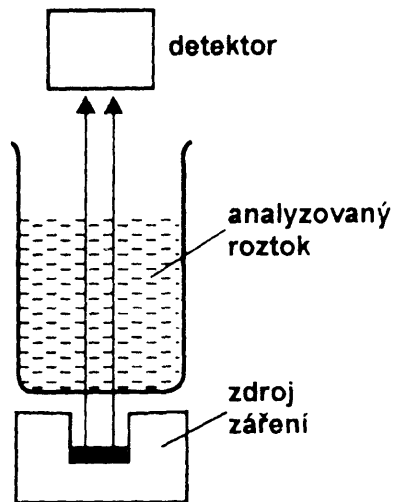
Gama radiografie.

- **neutronová radiografie** – slouží pro kontrolu součástí a konstrukcí obsahujících vodík (využívá se schopnosti vodíku neutrony zpomalovat)

➤ zdroj: ^{252}Cf (α -zářič)

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

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



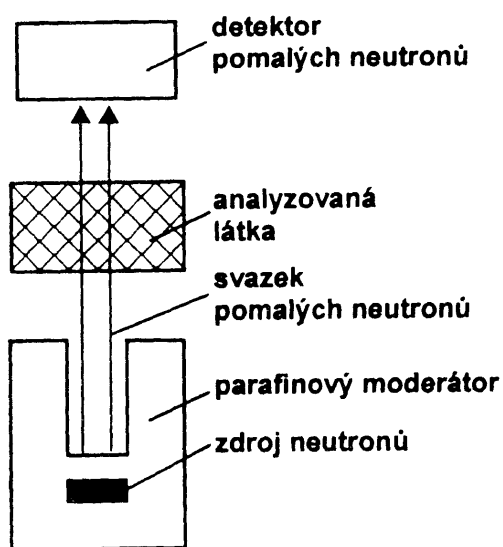
- stanovení síry v ropě

- olova v benzínu

- uranu a plutonia v roztocích při zpracování jaderného paliva

apod.

Chemická analýza absorpcí γ záření.



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

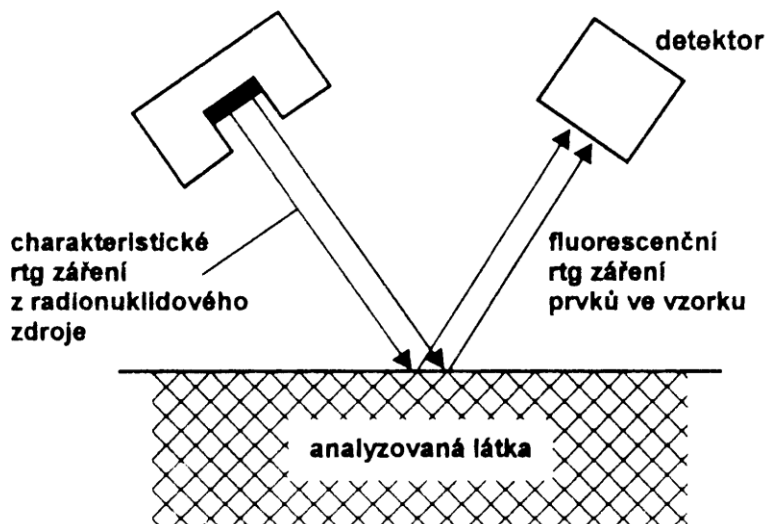
Chemická analýza absorpcí pomalých neutronů.

- fluorescenční rtg. analýza

- rtg. nebo γ -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**)

- $$\sqrt{\frac{\nu}{R}} = \frac{Z - S_n}{n}$$

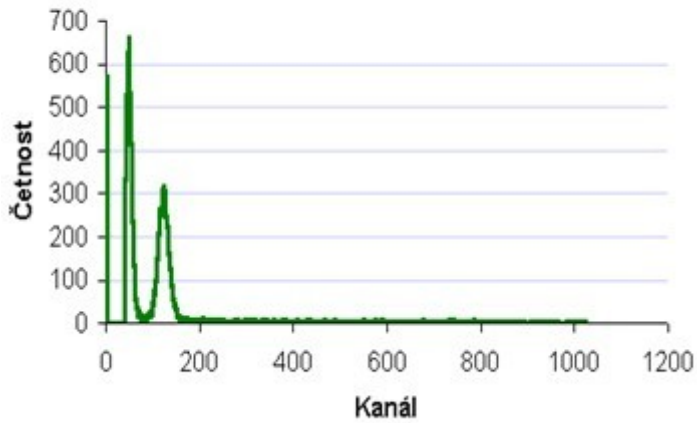
- z polohy jednotlivých linií se určí kvalitativní složení atomů tvořících vzorek
- z intenzity pak lze soudit na kvantitativní zastoupení
- radionuklidová fluorescenční rtg analýza využívá ke stanovení prvků ve vzorku radionuklidový zdroj rtg záření



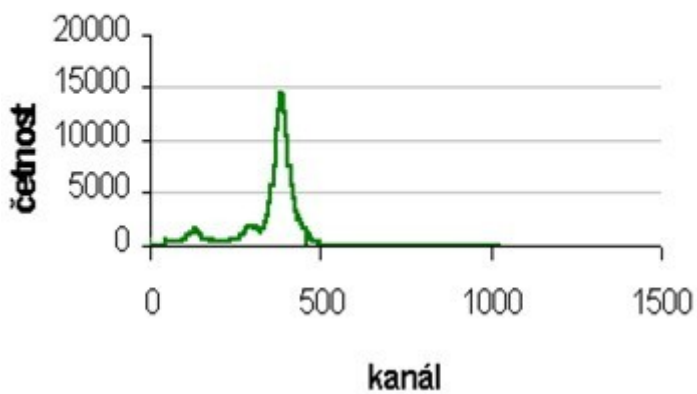
Radionuklidová rentgenová fluorescenční analýza.

- metoda je velmi citlivá a univerzální, lze stanovit všechny prvky počínaje Mg

Chlor



Molybden



- zařízení může existovat v mobilní (přenosné) formě



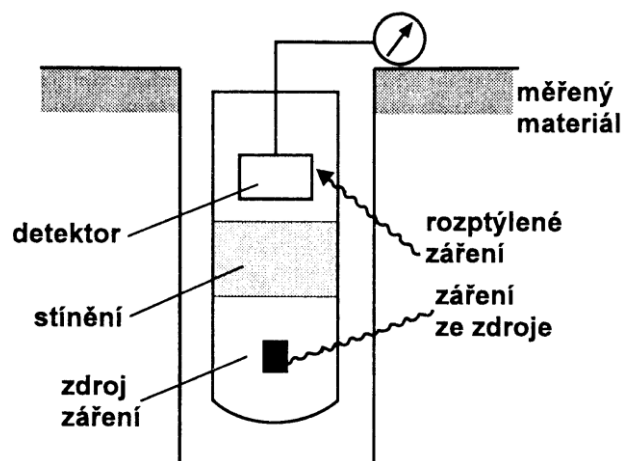
- analýza slitin, rudných koncentrátů a hornin
- geologické průzkumné práce (měřicí sonda s radionuklidovým zdrojem rtg záření se společně s detektorem spouští do vrtu)
- existuje i varianta, kdy primárním zdrojem je rtg lampa, k lepšímu rozlišení linií spektra se používají polovodičové Si(Li) detektory (tato zařízení jsou nepřenositelná a používají se pouze v laboratoři)

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

- tyto protony interagují s absorpční látkou, vyřezávají 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 μm^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 γ -záření
 - elektromagnetická interakce s elektrony u záření β
 - elektromagnetická interakce s elektrony u záření α
 - srážky s jádry u neutronového záření
- **charakteristiky rozptylu γ -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 γ záření.

- jako zdroj záření se používá: ^{241}Am , ^{137}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. γ - γ 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.)

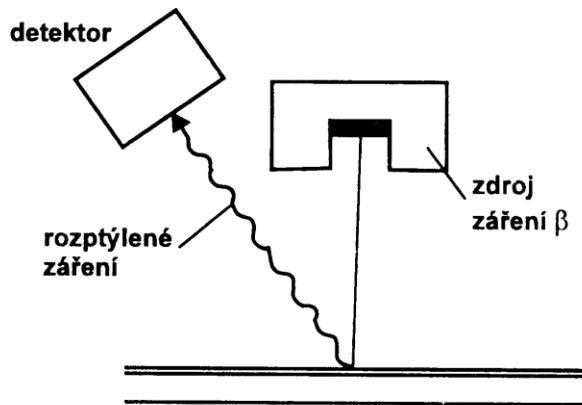
➤ **charakteristiky rozptylu β -záření:**

- intenzita β -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 β záření.

➤ **charakteristiky rozptylu α -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 α -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)