

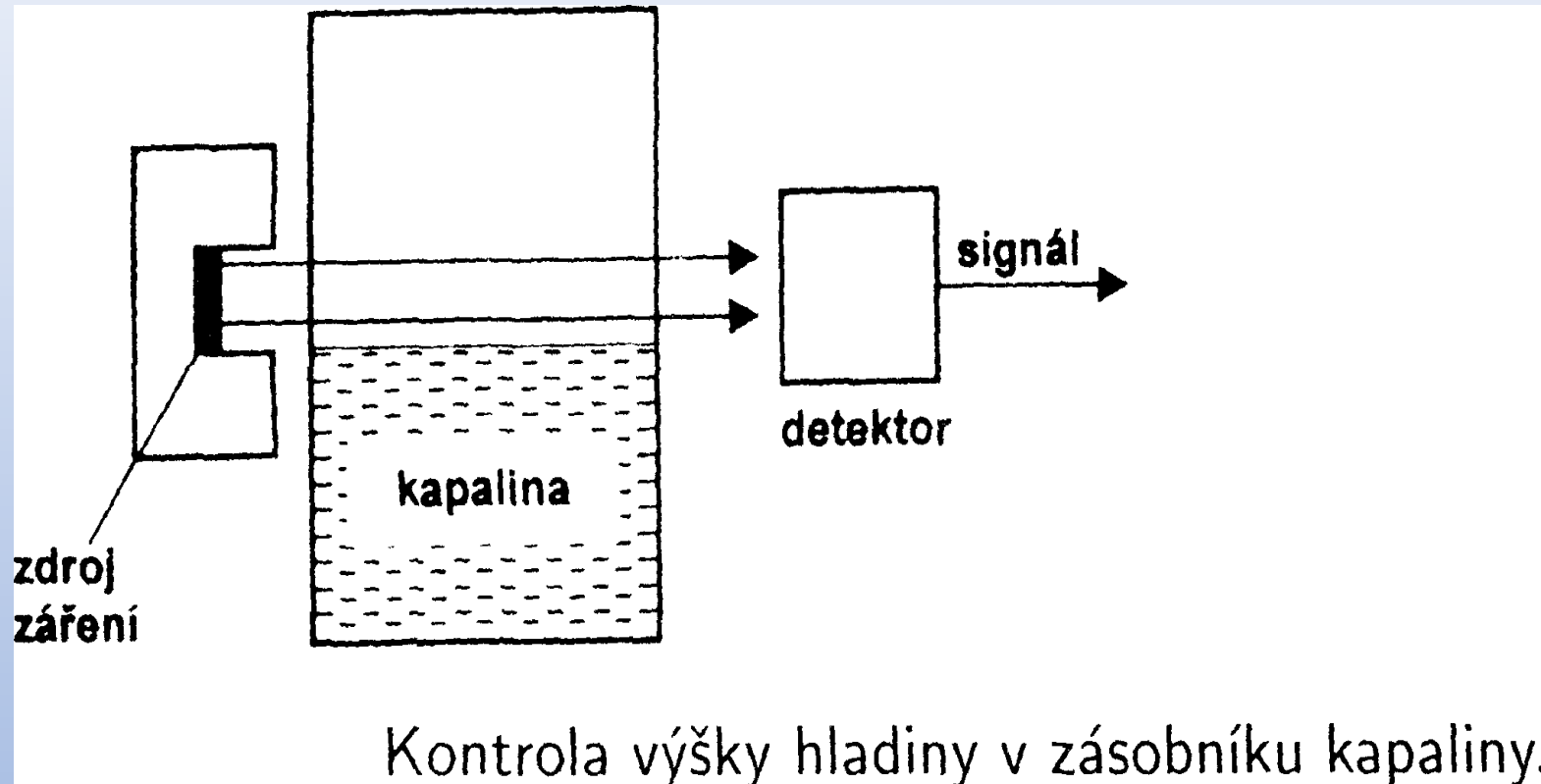


15. Využití fyzikálních vlastností ionizujícího záření v praxi

Metody založené na absorpci záření

Využívá se zeslabení svazku záření β nebo γ v závislosti na tloušťce vrstvy (viz příslušné rovnice závislosti intenzity svazku záření na tloušťce absorbující vrstvy)

- používá se při kontrole tloušťky materiálu (lití, tažení, vytlačování) – **plechy, tabulové sklo, pryžové nebo plastové fólie, papír** apod.
- kontrola přísunu sypkého materiálu
- určování popelnatosti uhlí při absorpci γ -záření o $E < 100$ keV (^{241}Am) - metoda je založena na tom, že složky tvořící popel (Ca, Si, Fe) absorbují více než uhlík
- kontrola tvorby usazenin v potrubí
- kontrola vrstvy prachu zachyceného na filtrech (nejlépe z papíru)
- kontrola výšky hladiny v chemických reaktorech a zásobnících kapalin



Kontrola výšky hladiny v zásobníku kapaliny.

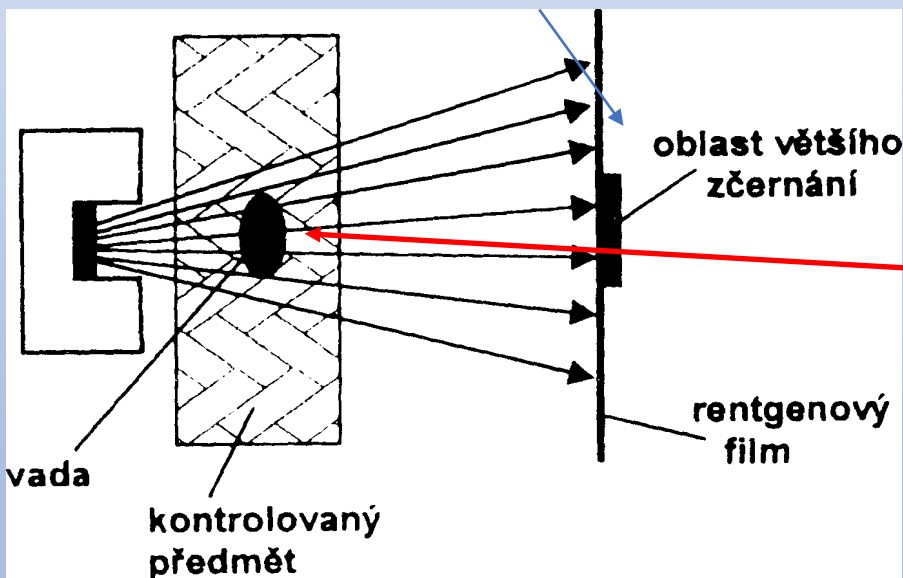
Využití závislosti absorpce záření na atomovém čísle



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



Je to dutina nebo konkrce z materiálu o vyšším Z ?
Přemýšlejte.




Gama radiografie.

Neutronová radiografie

Zdroj neutronů:

^{252}Cf (α -zářič) / Be

produkuje tok neutronů

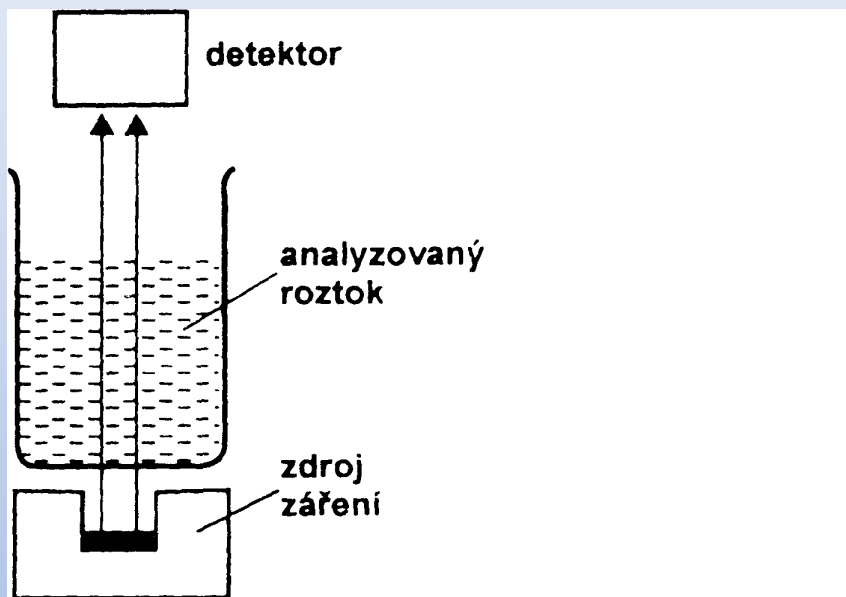
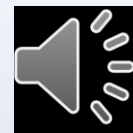


Metoda je založena na útlumu neutronového záření při průchodu látkou, kde různé materiály mají různé útlumové vlastnosti, což poskytuje následně informaci o struktuře a vlastnostech zkoumaného předmětu.

Neutrony často představují řešení, kde rentgeny naráží na své limity. Pomocí neutronů je **možná snadná identifikace materiálů obsahujících lehké prvky, tvořící plasty nebo organické struktury**. Naopak mnohé těžší kovy jako je olovo, které jsou pro rentgeny neprůhledné, jsou pro neutrony takřka transparentní. Tyto vlastnosti umožňují aplikaci neutronové radiografie např. v oblastech identifikace lehkých prvků v kovech.

Chemická analýza

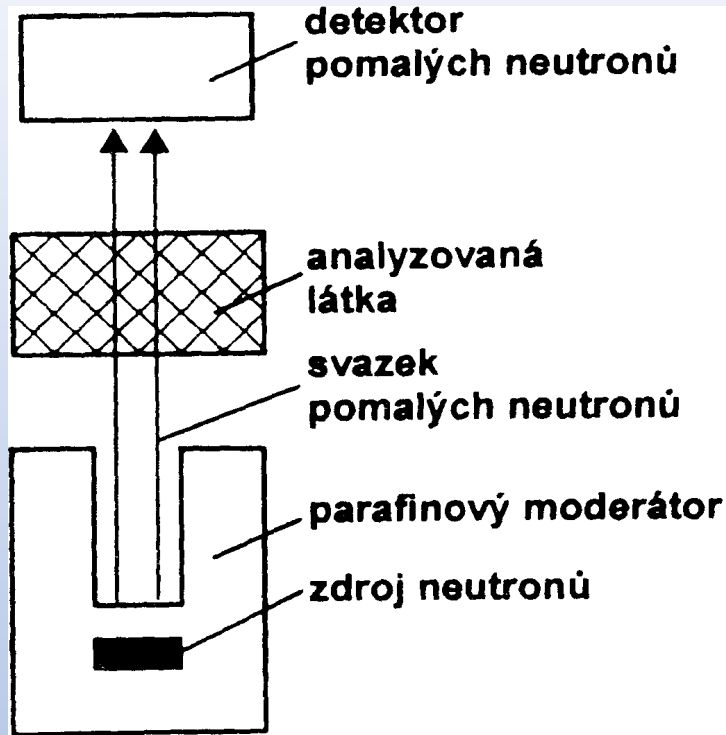
(založeno na zeslabení intenzity svazku gama záření)



Chemická analýza absorpcí γ záření. apod.

Stanovení

- **síry v ropě**
- **olova v benzínu**
- **uranu a plutonia v roztocích při zpracování jaderného paliva**



Chemická analýza absorpcí pomalých neutronů.

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

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



Rtg fluorescenční analýza (XRF)

- rtg. nebo γ -záření o $E < 100$ keV se při průchodu hmotou absorbuje převážně fotoefektem \Rightarrow následuje emise charakteristického rtg. záření – vzniká tzv. **fluorescenční záření**



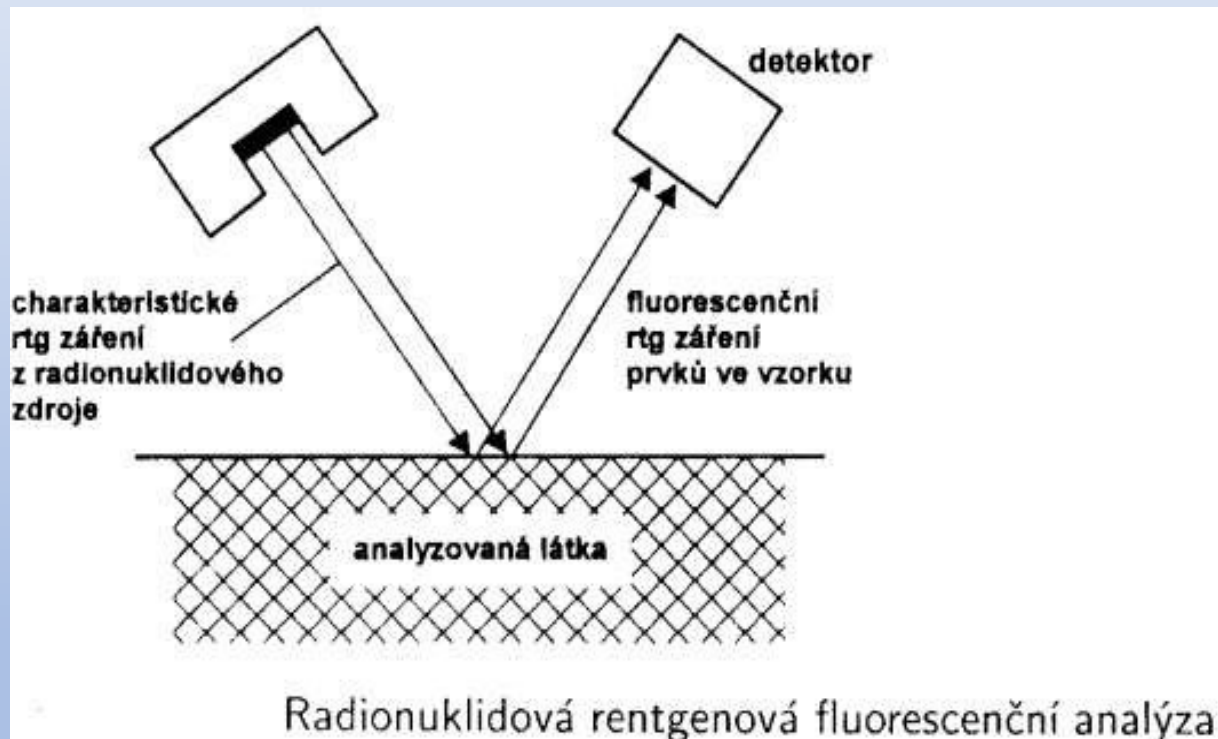
Lineární závislost mezi odmocninou z vlnočtu ν spektrální čáry charakteristického rtg. záření atomu a jeho at. číslem Z vyjadřuje **Moseleyho zákon**

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

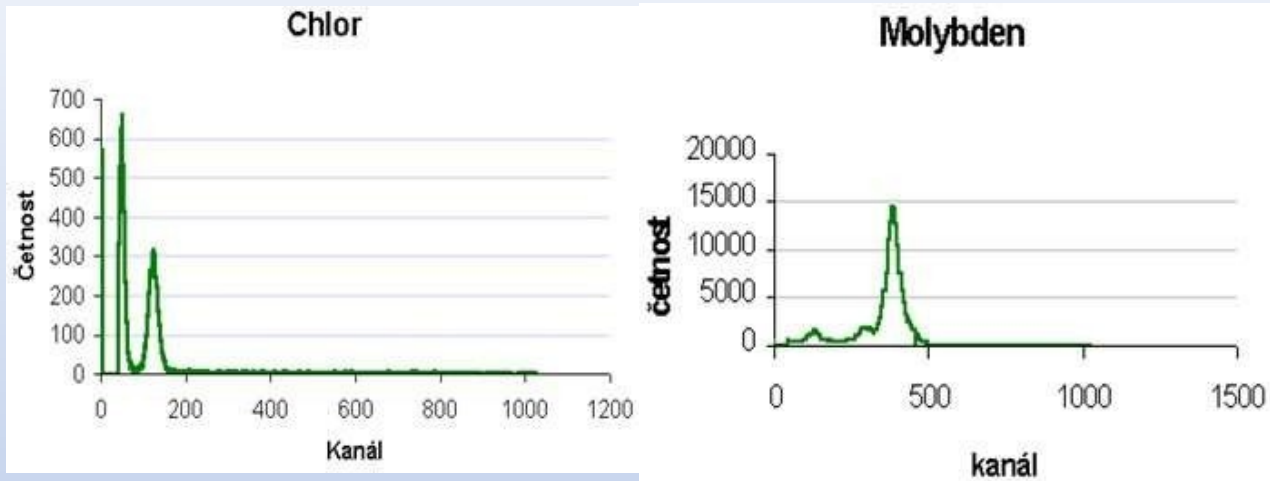
kde R - Rydbergova konstanta, n - hl. kvantové číslo, S_n - stínící parametr.

- 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
- velmi citlivá
- dají se stanovit prvky cca od Mg



Příklady XRF spekter



zařízení může existovat ve stacionární i v mobilní (přenosné) formě





Použití XRF

- analýza slitin, rudných koncentrátů a hornin
- analýza pigmentů, povrchových vrstev a různých předmětů
- 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 nepřenosná a používají se pouze v laboratoři)

Emise fluorescenčního rtg záření vyvolaná protony urychlenými na energii 1-3 MeV – metoda PIXE

Tyto protony interagují s absorbující látkou, vyřazují 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



Metody založené na rozptylu ionizujícího záření

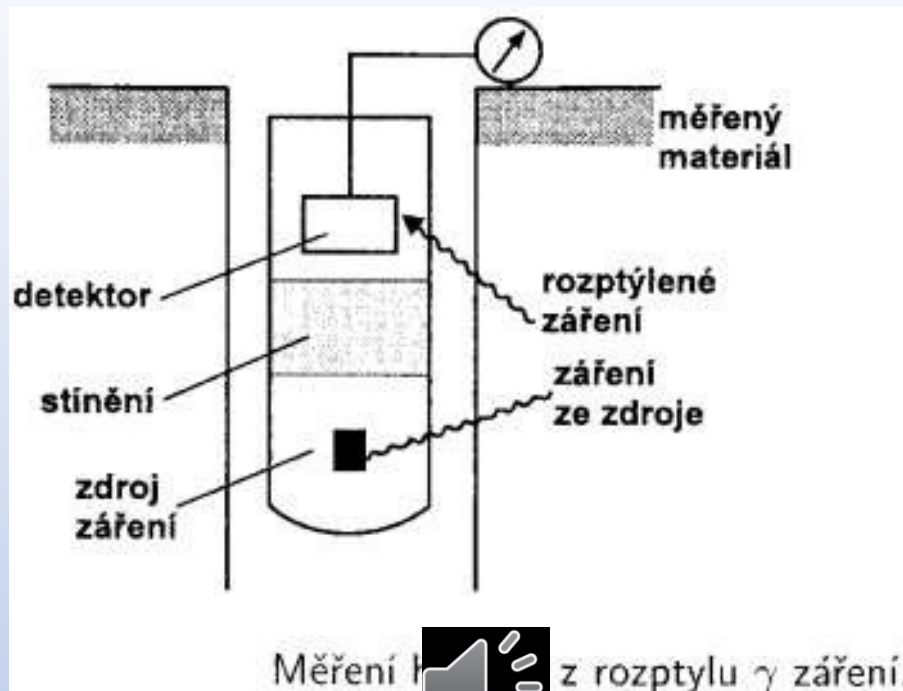
jsou založeny na **rozptylu částic** při průchodu hmotou (tj. jde o změnu směru pohybu částic záření)

Příčiny rozptylu:

- rozptyl na elektronech (Comptonův rozptyl) u γ -záření
- elektromagnetická interakce s elektrony prostředí u záření β
- elektromagnetická interakce s elektrony prostředí 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**



- 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 sypaného 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.

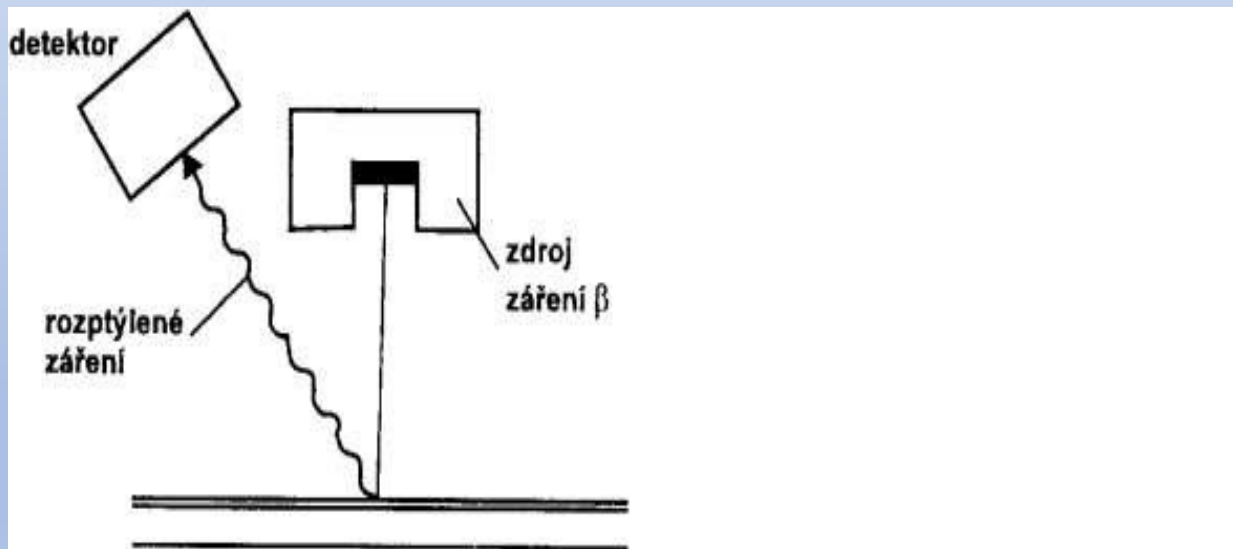
- mocnost a uložení uhelných slojí (hustota uhlí je jiná než hustota okolní hlušiny)
- obsah popela v uhlí
- obsah ropy a zemního plynu v horninách
- geologický stav horniny (např. umístění trhlin apod.)

Charakteristiky rozptylu β -záření:

intenzita β -záření vystupujícího z měřené látky závisí na atomovém čísle Z 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)





Fyzikální dávka

- **Absorbovaná dávka** (dávka) ionizujícího záření je fyzikální veličina, která udává energii dodanou jednotkovému množství hmoty průchodem příslušného záření.
- Jednotkou absorbované dávky záření je **gray (Gy)**, rozměrově jde o joule na kilogram.
- Starší jednotkou je **rad**, platí $100 \text{ rad} = 1 \text{ Gy}$.
- Pro biologické ozáření se definuje jednotka **sievert (Sv)**.