

## 9. Využití jaderných reakcí pro kvalitativní a kvantitativní chemickou analýzu



### Neutronová aktivační analýza (NAA)

- nedestruktivní analýza prováděná přímo vložením vzorku do ozařovacího kanálu ozařovacího zařízení (zpravidla reaktor). Měření lze automatizovat.
- využívá se známé jaderné reakce terčového jádra s neutrony, **reakce (n,y)**
- po aktivaci se analyzuje **gama spektrum z přímého ozařování** („prompt gama“)  
nebo se
- proměří se radioaktivní charakteristiky nuklidu vzniklého touto reakcí. Tímto způsobem se identifikuje terčový nuklid. Spektra všech nuklidů jsou již známa.
- z velikosti aktivity pak lze soudit na kvantitu prvku
- k vyhodnocení kvantity slouží standardy o známé hmotnosti, které se ozařují za stejných podmínek





## Průběh reakce

- **(n,γ)** probíhá nejčastěji v jaderném reaktoru (vysoký tok neutronů)
- může být použit i jiný zdroj neutronů, pak je ale nutno ozařovat nuklidy s vysokým účinným průřezem ⇒ vysoká citlivost jako důsledek velkých účinných průřezů
- lze analyzovat více složek najednou
- gama záření nuklidů vzniklých aktivací se analyzuje polovodičovým detektorem
- v případech příliš složitých směsí je nutno vzorek chemicky dělit (extrakce, ionexy aj.)

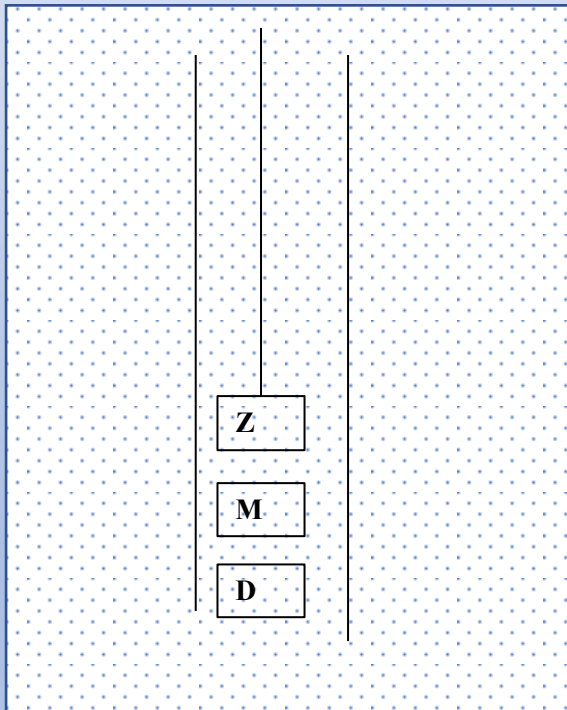
## Použití:

- **stanovení příměsí** v čistých materiálech, horninách, kovech aj.
- **archeologie** (obsah stopových prvků umožňuje stanovit původ použitých surovin)
- **výtvarné umění** (cca 1 mg vzorku barvy umožní stanovit různé pigmenty charakteristické pro určité období – lze vyloučit falzifikáty)
- **kriminalistika**

## Použití NAA v geologii:

**n- $\gamma$  karotáž** (metoda okamžitých částic používaná v geologii)

≡ aktivační analýza uvnitř geologického vrtu



Z – zdroj neutronů ... $^{241}\text{Am-Be}$ ,  $^{252}\text{Cf}$

M – moderátor

D- detektor okamžitého  $\gamma$  - záření

## Aktivační analýza kladnými projektily



**Přímá metoda** (*analyzuje se aktivita vzniklého nuklidu*)

- jako zdroj projektilů slouží cyklotron
- stanovení lehkých prvků (bor v křemíku, kyslík v oceli)



**Metoda okamžitých částic**

**$A(\text{n},\text{y})\text{B}$**

- analýza je založena na studiu energie a počtu částic **Y** (*okamžité částice-vznikají při přeměně složeného jádra*)
- používá se pro stanovení stopových množství lehkých prvků



## Metoda PIXE (*Particle Induced X-ray Emission*, částicemi indukované záření X)

- nedestruktivní analytická metoda pro stanovení chemického složení povrchových vrstev vzorků.
- jako projektil se zpravidla používají **protony o energii 1-4 MeV**, výjimečně částice alfa (o vyšší energii) nebo i těžké ionty.
- tloušťka analyzované vrstvy je úměrná energii záření, typu vzorku a požadavkům na analýzu.
- v procesu ozařování dochází k excitaci elektronů z vnitřních elektronů (K, L,..), dochází k tomu, že elektrony jsou excitovány do vyšších hladin na jejich místo přeskočí elektron z vyšší hladiny - energetický rozdíl mezi hladinami se vyzáří jako charakteristické rentgenovo záření.
- principiálně je tedy tato metoda ekvivalentní rentgen-fluorescenční technice (**XRF**).

