

Použití radionuklidové rentgenfluorescenční analýzy při studiu památek

Supervisor: Doc. Ing. Tomáš Čechák, Csc.

Řešitelé: Jana Petrová (Gymnázium Nad Alejí, Praha 6), Markéta Filipcová (Gymnázium Nad Alejí, Praha 6), Petr Koziel (Gymnázium Uničov), Miroslav Man (Gymnázium Sušice), Zdeňka Fartáková (Gymnázium Sušice), Lada Hůdová (Gymnázium Sušice)

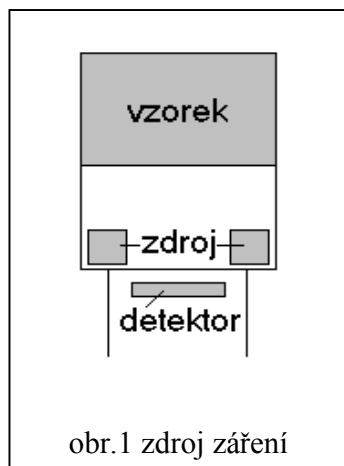
Radionuklidová rentgenfluorescenční analýza je metoda, která používá charakteristické záření vybuzevané ve vzorku k určení přítomnosti zájmových prvků. Tím je myšlen prvek, na který je naše zkoumání zaměřeno. Např. v uhlí je tímto prvkem síra, jejíž množství určuje jeho kvalitu.

Tato metoda se využívá například při zkoumání uměleckých děl. Příkladem může být složení barev, které si dříve malíři míchali sami, a tedy je pro ně typické. Tento poznatek se pak využívá při určení originality daného obrazu či při restaurování. Další ukázkou užití je i sonda Near, která přistála 14.2.2001 na planetce Eros. Díky tomu, že v sondě byl zabudován zářič, bylo možné prozkoumat chemické složení planetky, i když se v tuto možnost ani nedoufalo. Do budoucnosti se dá počítat s aplikací těchto metod i v medicíně. Podle zastoupení jednotlivých prvků v orgánech by bylo možné určit typ onemocnění. Již známé uplatnění je v geologii, průmyslu a při monitorování životního prostředí.

Základním principem je použití radionuklidu, který ozařuje zkoumaný vzorek, a detektoru, který snímá charakteristické záření. Záření dopadající na vzorek je v něm částečně absorbováno, dochází k tzv. fotoefektu, nebo nastane jeho rozptýlení na atomech vzorku. Při fotoefektu dochází k vyrazení elektronu z vnitřní slupky elektronového obalu atomu fotonem, který přichází z radionuklidu a volné místo se zaplní přeskokem elektronu z vnější slupky. Při vyrovnávání vazebných energií dojde k vyzáření kvanta energie, která je snímána detektorem. Právě toto záření se nazývá charakteristické rentgenovské záření. Metoda je tedy postavena na skutečnosti, že existuje závislost mezi energií jednotlivých čar charakteristického záření a protonovým číslem atomu prvku, v jehož elektronovém obalu došlo k fotoefektu. Změříme-li tedy energii čáry, je možné určit, kterým prvkem byla emitována. A tím zjistíme, jaké prvky jsou ve vzorku zastoupeny. Z hustoty toku fotonů dané energie, které dopadly na okénko detektoru, jsme schopni získat informaci o jejich koncentraci.

Stejně jako jiné spektrometrické metody, je i radionuklidová rentgenfluorescenční analýza metoda relativní. Srovnáváme hustoty toku měřeného záření, které byly zjištěny u množství kalibračních standardů s hodnotami naměřenými u zkoumaného vzorku. Chyba, které se přístroj při měření dopustí, závisí na řadě faktorů. Roli hrají například zesilující matricový jev a absorbní matricový jev, které jsou založeny na vzájemném působení jednotlivých prvků ve vzorku. Důležité tedy je, aby při měření byly zachovány určité podmínky – konstantní geometrie, shodný zářič a detektor.

Úkolem naší práce bylo změřit spektra několika neznámých vzorků a zjistit jejich chemické složení. K tomuto účelu jsme použili: mnohokanálový analyzátor, polovodičový detektor Si(Li) se zabudovaným předzesilovačem a měřící hlavicí, spektrometrický zesilovač, zdroj VN, PC, kalibrační vzorky.



Jako zdroje budícího záření byly použity radionuklidové zdroje ^{55}Fe a ^{238}Pu . ^{55}Fe je záchytový zdroj, emitující záření X o energii 5.9 keV. Lze ho využít k buzení K linek prvků s nízkým protonovým číslem Z menším než 24. ^{238}Pu emituje primární záření v energetickém intervalu 13 – 21 keV a lze ho využít k buzení charakteristického záření u prvků se Z do 39. Jako detektor byl použit polovodičový detektor. Při provozu je nutné ho chladit na teplotu kapalného dusíku. Je sice mnohem dražší než scintilační a proporcionalní detektory, ale má podstatně lepší energetickou rozlišovací schopnost.

Nejprve jsme změřili spektra kalibračních vzorků se zářičem ^{238}Pu a vyhledali jsme polohy píků charakteristického záření ve spektru. K těmto jednotlivým píkům, které spadají do příslušných kanálů, jsme vyhledali jim odpovídající energie E [keV] z tabulek. V nich je ke každému Z atomu prvku přiřazena energie čáry, která je prvkem emitována. Tímto jsme ke každému číslu kanálu přiřadili E a vypočetli kalibrační rovnici, jejímž grafem je přímka.

Rovnice přímky:

$$E = a \cdot CH + c$$

CH ... číslo kanálu

E ... energie čáry [keV]

a, c ... konstanty

Analogicky jsme postupovali při měření se zářičem ^{55}Fe .

Po provedení kalibrace jsme mohli měřit vzorky o neznámém chemickém složení. Z energie jejich spektrálních čar jsme určili prvky v nich obsažené. Nakonec jsme vypočetli plochy píků zájmových prvků a tím určili jejich koncentraci ve zkoumaném vzorku.

Měření byla velmi zajímavá, neboť jsme zkoumání podrobili cihlu z 30. let tohoto století z oblasti Orlických hor a uhlí z Vřesové.