

Analýza stříbrných mincí pomocí ionizujícího záření

M.Linka – Česko-anglické gymnasium, České Budějovice
email: miliklinka@centrum.cz

M.Tatarkovič – gymnasium Jiřího Wolкера, Prostějov
email: m.tatarkovic@centrum.cz

J.Zapletal – gymnasium Vídeňská 47, Brno
email: yaplik@atlas.cz

supervisor: Ing. J. Blaha

Abstrakt:

Předmětem našeho zkoumání byla analýza stříbrných mincí za účelem zjištění jejich kvalitativního složení pomocí radionuklidové rentgenfluorescenční analýzy. Pro měření jsme použili polovodičový Si(Li) detektor a radionuklidový zdroj ^{238}Pu . Výstup jsme analyzovali a určili složení mincí.

1. Úvod

Radionuklidová rentgenfluorescenční analýza je metoda, která využívá charakteristické záření vybuzevané ve vzorku k určení přítomnosti zájmových prvků. Pomocí této metody lze určit jak složení zkoumaného vzorku, tak poměrné zastoupení přítomných látek. Nelze však stanovit jednotlivé koncentrace prvků, které je možno samozřejmě určit za pomoci jiných metod.

2. Princip metody

Analýza s využitím emise charakteristického záření X má své základy již v roce 1913, kdy H.G.J. Moseley zjistil, že antikatoda rentgenky emituje záření X s čarami charakteristickými pro prvky obsažené v antikatodě a energie tohoto záření je jednoznačnou funkcí protonového čísla Z . Tuto skutečnost vyjádřil tzv. Moseleyovým zákonem

$$E \approx K(Z - b)^2,$$

kde K a b jsou konstanty, Z je protonové číslo a E je energie čáry v dané sérii, této sérii odpovídá hodnota K . Z energie příslušné čáry je možné stanovit, jakým prvkem byla emitována a jeho poměrné zastoupení ve zkoumaném předmětu. Dopadající budící záření je vzorkem částečně absorbováno, dochází k tzv. fotoefektu, nebo je na atomech vzorku rozptýleno. V důsledku fotoefektu excitované atomy emitují charakteristické záření X a augerové elektrony, které můžeme detekovat a tak určit složení a poměr prvků ve zkoumaném objektu.

3. Experimentální zařízení

Jako nejvhodnější zdroj budícího záření jsme použili radionuklidový zdroj ^{238}Pu . Lze použít i jiné radionuklidové zdroje budícího záření např. ^{55}Fe , ^{109}Cd , ^{241}Am , ^{57}Co . Každý z těchto zdrojů záření o určité energii, které lze využít k buzení prvků zkoumaného vzorku; např. námi použitý zdroj ^{238}Pu emituje záření o energetickém intervalu 13-21 keV, které lze využít k buzení K linek prvků s protonovým číslem do 39.

K analýze se používá tři typů detektorů: scintilační, proporciální nebo polovodičový. Nejlepšího energetického rozlišení docílíme použitím polovodičového detektoru, který je ovšem nejdražší a nejnáročnější na údržbu. Je nutné, aby byl během provozu chlazen na teplotu kapalného dusíku. Při našem měření jsme použili polovodičový Si(Li) - ORTEC, který umožňuje detekovat energii fotonu až do výše 60 keV s dobrou účinností. Při měření se používají různé typy MCA spojených s počítačem např. námi použitá stacionární Canberra 35+ s připojením na PC.

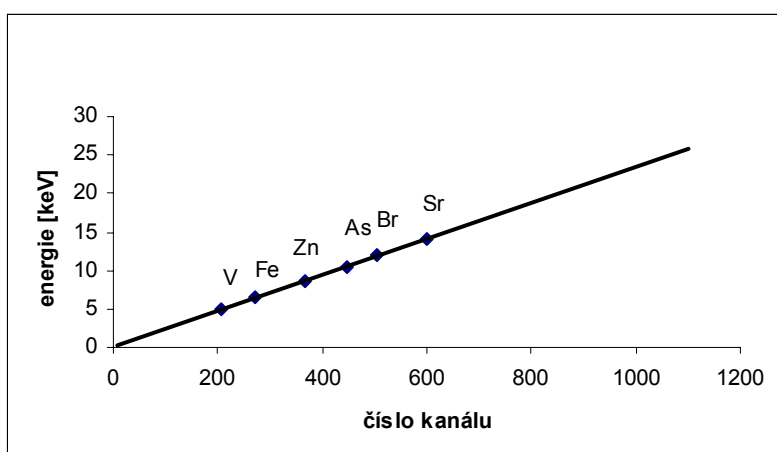
4. Postup měření

Naším úkolem bylo provést kvalitativní analýzu tří různých rakousko-uherských mincí, vyražených v letech 1890, 1907 a 1916. Tuto analýzu jsme provedli s použitím budícího zdroje ^{238}Pu , polovodičového detektoru Si(Li) se zabudovaným předzesilovačem a měřicí hlavicí, spektrometrického zesilovače, zdroje vysokého napětí, mnohakanálového analyzátoru a PC.

Postup: nejprve bylo nutné provést kalibraci zařízení, za použití kalibračních vzorků, tímto postupem jsme získali konstanty pro výpočet energie z čísla kanálu dle vztahu:

$$E = a * CH + b,$$

kde E je energie, CH je číslo kanálu, a a b jsou určené konstanty ($a = 0.23523 * 10^{-1}$ $b = 0.51864 * 10^{-1}$). Kalibrace byla provedena pomocí kalibrační destičky, která obsahovala V, Fe, Zn, As, Br, Sr. Kalibrační přímka je znázorněna na obr 1.

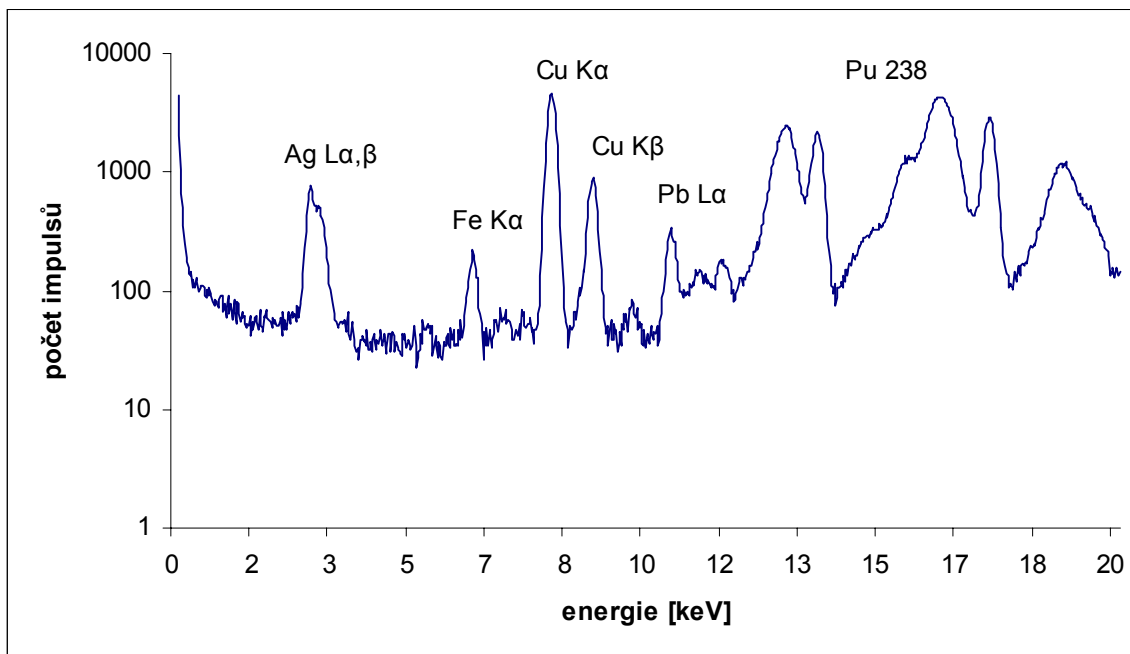


Obr. 1: Kalibrační přímka

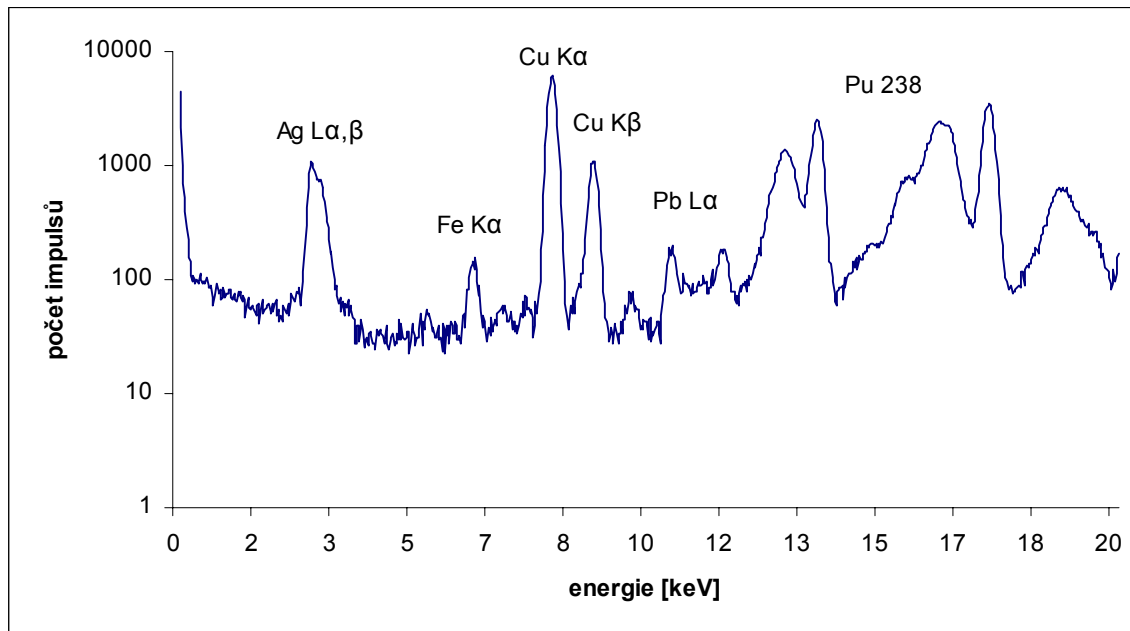
Poté jsme vložili vzorek do měřícího zařízení a započali sběr dat, který trval 900s (15 min). Stejný postup byl proveden u všech měřených vzorků při zachování stejné geometrie. Výsledky měření byli uloženy do PC a dále zpracovány.

5. Výsledky měření a shrnutí

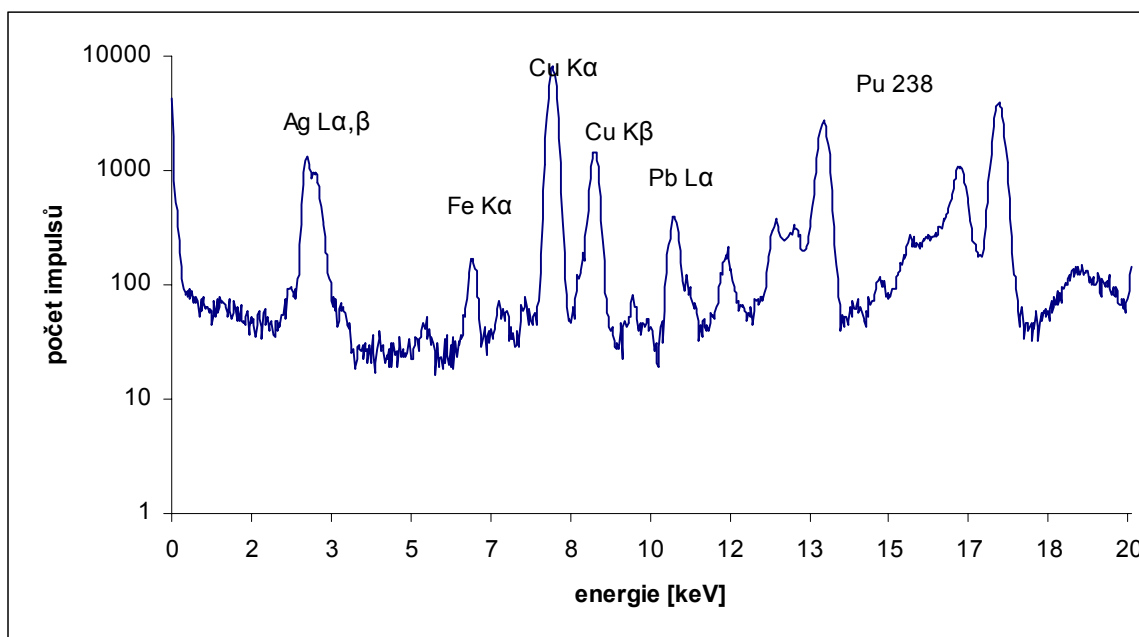
Výsledkem měření jsou energetická spektra stříbrných mincí, která jsou zobrazena na obr. 2 až 4. Pomocí tabulky absorpční hrany a energie charakteristického záření K a L byl určen prvek odpovídající danému píku. Prvky jsou dále v grafech označeny.



Obr. 2: Rakousko-uherská mince z roku 1916



Obr 3: Rakousko-uherská mince z roku 1890



Obr 4.: Rakousko-uherská mince z roku 1907

V našem případě jsme zkoumali mince, které byly vyraženy v průběhu 30 let a z našich měření je zcela patrné, že slitina stříbra, železa, mědi a olova se za tuto dobu výrazně nezměnila. Ale můžeme zde nalézt několik drobných rozdílů, např. v případě zastoupení olova ve druhé je poloviční oproti jeho množství ve třetí minci.

Tuto metodu můžeme použít v mnoha jiných oborech jako např. restaurování památek, zkoumání stáří, ověřování pravosti aj. bez jakékoliv destrukce vzorku. Dále doufáme v další rozvoj této metody i v jiných oborech např. ve zdravotnictví, ekologii a dalších oborech.

Poděkování

Rádi bychom poděkovali supervizorovi za doprovodné konzultace.

Dále také děkujeme pracovníkům z FJFI ČVUT za poskytnuté potřebného technické zázemí.

Reference:

- [1] MATĚJKA, KAREL A KOLEKTIV *Vybrané analytické metody pro životní prostředí* Editční středisko ČVUT Praha, 1989, 151-153.
- [2] L.MUSÍLEK *Využití ionizujícího záření ve výzkumu* ČVUT Praha, 1992, 23-30.