

Testování přítomnosti zlata pomocí neutronové aktivační analýzy

M. Krejčová, Gymnázium a SOŠ Plasy
krejcova.martina04@seznam.cz

E. Lelák, Gymnázium J. A. Raymana
lelak.emil@gmail.com

J. Pekařová, Gymnázium Volgogradská 6a, Ostrava - Zábřeh
j.pekarova@post.cz

Abstrakt

Cílem našeho miniprojektu bylo zjistit přítomnost zlata v minci a následně změřit jeho koncentraci pomocí neutronové aktivační analýzy. K tomuto experimentu jsme využili školní reaktor VR-1 a detektor HPGe. Následně jsme údaje zpracovali a došli jsme k závěru, že mince obsahuje 54,64 % zlata.

1 Úvod

Zlato je jedním z nejdražších kovů, a tak nás zajímalo, kolik se ho může vyskytovat v běžných předmětech, například v minci. Během našeho miniprojektu jsme se seznámili s principem neutronové aktivační analýzy. Jedná se o metodu pro identifikaci stopových množství izotopů v materiálech. Například se jedná o zlato, stříbro nebo zinek. Neutronová aktivační analýza má velké uplatnění v archeologii, geologii, biomedicíně a v mnoha dalších vědních a průmyslových oborech. Díky této metodě zůstanou vzorky mechanicky neporušené.

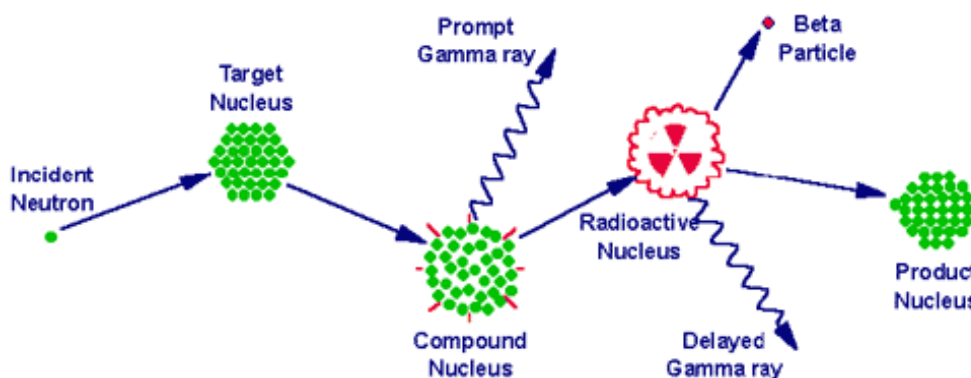
2 Neutronová aktivační analýza

Tato metoda slouží k hledání prvků a jejich koncentraci v materiálech. Prvky můžeme rozdělit do tří skupin podle vlastností po ozáření (Obrázek 1). Do první skupiny řadíme prvky, u kterých nevznikají radioizotopy. V druhé skupině najdeme prvky, ze kterých vznikají radioizotopy s krátkým poločasem rozpadu. U těchto prvků nelze využít neutronové aktivační analýzu. Ve třetí skupině vznikají radioizotopy s delším poločasem rozpadu a je možné je detekovat.

1																	2
H																	He
3	4											5	6	7	8	9	10
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
11	12											13	14	15	16	17	18
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
55	56	57	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86
Cs	Ba	¹ La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
87	88	89	104	105													
Fr	Ra	² Ac	Rf	Db													
¹ Lanthanide		58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71		
		Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu		
² Actinide series		90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103		
		Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr		
		No n-gamma radioactive isotopes															
		Radioactive isotopes can be produced. Limitation is short half-life or flux energy															
		Elements routinely determined by INAA															

Obrázek 1 Rozdělení prvků do skupin

Při ozařování materiálu se jádra dostávají do excitovaného stavu a vzniká radioizotop vyzařující gamma záření tvořené fotony (Obrázek 2), které detekujeme na polovodičovém germaniovém detektoru jako elektrické pulzy. Tak můžeme zjistit počet rozpadnutých jader zlata za časový interval.



Obrázek 2 Princip NAA

Pomocí rozpadového zákona, jsme si odvodili dva vztahy, ze kterých jsme vypočítali aktivitu mince a zlaté fólie. Vztah pro výpočet aktivity zlaté fólie:

$$A = \frac{M_F \lambda t_F}{(1 - e^{-\lambda t_F}) t_{live}}$$

Kde M_F je počet detekovaných pulzů za čas t_F , λ rozpadová konstanta zlata a t_{live} korekce mrtvé doby detektoru.

Vztah pro výpočet aktivity mince:

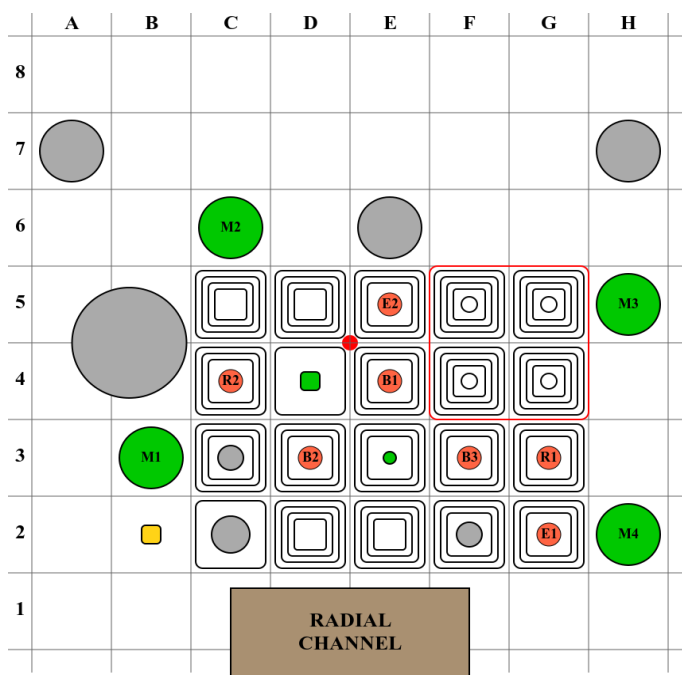
$$A = \frac{M_M \lambda t_M}{(e^{-\lambda t_{M0}} - e^{-\lambda(t_{M0} + t_M)}) t_{live}}$$

Kde M_m je počet detekovaných pulzů za čas t_M , t_{M0} čas vložení mince do detektoru a t_{live} korekce mrtvé doby detektoru.

Z aktivity jsme porovnávací metodou zjistili koncentraci zlata v minci.

3 Metodika měření

Zkoumaným materiálem byla mince turecký kuruš a zlatá fólie, která sloužila jako srovnávací etalon. Vzorky jsme zvážili, turecký kuruš jsme obalili papírem, aby nedošlo ke kontaminaci. Předměty jsme připevnili na okraj plexisklového nosiče do těsné blízkosti, abychom zajistili stejné podmínky ozařování. Nosič jsme vložili do reaktoru na třicet minut do pozice D4 (Obrázek 3). Po vytáhnutí vzorků jsme se odebrali do laboratoře a na polovodičovém detektoru s germániem nainstalovali válcový podstavec s výškou 120 mm, na který byly postupně umísťovány ozářené vzorky. Měřili jsme plochu píků ve vzorcích v časovém intervalu deset minut. To, že se ve vzorku nachází zlato nám dokazuje gamma záření, které je v grafu indikováno hodnotou energie 412 keV. Vzorky jsme neměřili současně, ale s časovým odstupem, který jsme museli započítat do konečných výsledků, aby měření bylo přesné.



Obrázek 3 Schéma aktivní zóny reaktoru VR-1

4 Výsledky

Počáteční aktivita zlata ve fólii je 114, 59 Bq, hmotnost 0,1226 g a poločas rozpadu 2,6951 dne. Počáteční aktivita mince je 922,87 Bq a hmotnost 1,8014 g. Postupným měřením a výpočty jsme dospěli k závěru, že turecký kuruš obsahuje 54,64 % zlata.

5 Diskuze

I přes veškerou snahu dospět k co nejpřesnějšímu závěru, se mohou projevit v našem konečném výsledku nepřesnosti, způsobené lidským faktorem, zaokrouhlováním měřených veličin, kontaminací nečistotami, odchylkou měření četnosti, vzdáleností vzorků při ozařování a rozdílnou tloušťkou vzorků. Odchylka od výsledku je $\pm 0,69$ %.

6 Shrnutí

V rámci miniprojektu jsme se seznámili s neutronovou aktivační analýzou. Zjistili jsme, že mince turecký kuruš obsahuje 54,64 % $\pm 0,69$ % zlata.

7 Poděkování

Chtěli bychom poděkovat celému týmu, který organizuje TV@J, a to především Ing. Ondřeji Humlovi, Ph.D.

8 Reference

Obrázek 3: http://archaeometry.missouri.edu/naa_overview.html

Obrázek 2: https://serc.carleton.edu/research_education/geochemsheets/techniques/INAA.html