

Stanovení intenzity radionuklidového zdroje neutronů metodou manganové lázně

A. Zethnerová¹, K. Bednář², Š. Dubský³

¹ Arcibiskupské gymnázium v Praze; zethnera@arcig.cz

² Střední průmyslová škola Třebíč; bednark.05@spst.eu

³ Gymnázium Plasy; dubszystepan123@seznam.cz

Abstrakt

Práce se zabývá použitím manganové lázně a gama spektrometrického zařízení k stanovení emisní četnosti (intenzity) radionuklidového AmBe zdroje. Cílem miniprojektu je stanovit zmíněnou četnost a porovnat ji s certifikovanou hodnotou.

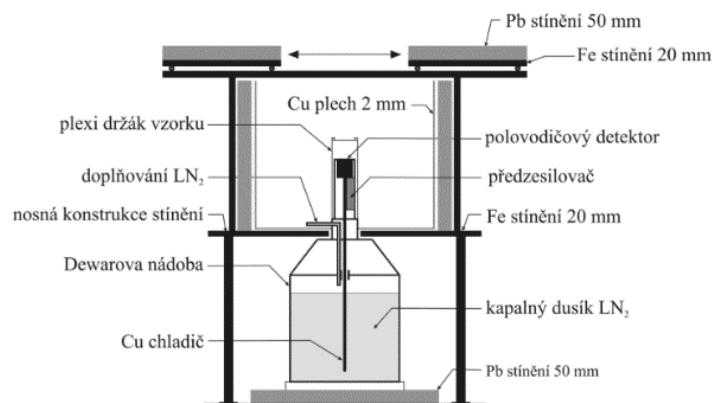
1 Úvod

Metoda manganové lázně je ověřená metoda, které se používá k stanovení intenzity radionuklidového zdroje. mají široké využití v oblasti medicíny, materiálovém či archeologickém výzkumu.

Existují dva hlavní typy radionuklidových zdrojů – spontánní štěpení a typu (α , n). Tento pokus využívá zdroj typu (α , n). Principem fungování je smíchání radioizotopů, které emitují částice α , s izotopy s nízkou atomovou hmotností. My jsme použili zdroj AmBe (americium, beryllium). Pomocí gama spektrometrického zařízení jsme stanovili aktivitu vzorků odebraných z manganové lázně a následně pomocí vzorců ověřili intenzitu zkoumaného zdroje typu AmBe.

2 Metody a materiály

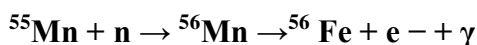
K určení intenzity neutronového zdroje jsme využili metodu manganové lázně, která je založena na aktivaci manganu neutrony. Použité materiály zahrnují vodný roztok MnSO_4 , radionuklidový zdroj typu AmBe a detekční zařízení – gama spektrometr s HPGe detektorem. (viz. Obrázek 1) Ten má na rozdíl od scintilačních detektorů velmi dobrou rozlišovací schopnost v oblasti KeV.



Obrázek 1

3 Experimentální uspořádání

Před měřením bylo nutné nejprve roztok MnSO_4 o objemu 163,3 litru nechat AmBe zdrojem ozářit. Zdroj byl umístěn v suchém kanálu víc než 10 poločasů rozpadu – od pátku 14.6. 2024 do pondělí 17.6. 2024. ($T_{1/2} = 2,579 \times h^{-1}$) Během této doby došlo k zachycení neutronů jádru atomů ^{55}Mn a přeměně na nový nestabilní izotop ^{56}Mn . Ten se poté rozpadá na izotop železa. (viz. Rovnice 1) Při tomto procesu vznikají záporně nabitě elektrony a pro nás klíčové záření gama.



rovnice 1

Po zmíněné době došlo k promíchání lázně a odebrání dvou vzorků – u nich potřebujeme zjistit aktivitu. V Marinelliho nádobě se vzorky vložily do gama spektrometru a proběhlo měření – u každého vzorku 3x. (viz. obrázek 2)

Pro stanovení nejpresnějších výsledků volíme energetickou hladinu záření 846,8 KeV. (ostatní hladiny nejsou tak dobře detekovatelné).

Naměřené hodnoty pro radionuklid ^{56}Mn na energetické hladině 846,771 KeV								
Měření vz.1	Plocha peaku S	Odchylka (%)	začátek ozařování t1	konec ozařování t2	zahájení měření t3	treal (s)	tlive (s)	Mrtvá doba detektoru (%)
1	55678	0,4	14.6.24 16:34	17.6.24 12:23	17.6.24 12:49	751,7	743,6	1,08
2	28264	0,6	14.6.24 16:34	17.6.24 12:23	17.6.24 13:26	446,5	442,3	0,94
3	28491	0,6	14.6.24 16:34	17.6.24 12:23	17.6.24 13:46	483,8	479,7	0,86
Měření vz.2	Plocha S	Odchylka (%)	začátek ozařování t1	konec ozařování t2	zahájení měření t3	treal (s)	tlive (s)	Mrtvá doba detektoru (%)
1	61600	0,4	14.6.24 16:34	17.6.24 12:23	17.6.24 13:06	892,8	883,8	1
2	30312	0,6	14.6.24 16:34	17.6.24 12:23	17.6.24 13:35	497,9	493,5	0,89
3	28060	0,6	14.6.24 16:34	17.6.24 12:23	17.6.24 13:35	506,5	502,4	0,81

Obrázek 2

K výpočet je třeba znát již zmíněnou aktivitu A měřeného vzorku a účinnost lázně (ta nám byla sdělena). Použijeme vztah:

$$A = \frac{S(E_\gamma) \cdot \lambda \cdot \frac{t_{real}}{t_{live}}}{(1 - e^{-\lambda \cdot t_1}) \cdot e^{-\lambda \cdot (t_2 - t_1)} \cdot (1 - e^{-\lambda \cdot t_{real}}) \cdot \epsilon_{eff}(E_\gamma) \cdot I_\gamma(E_\gamma)}$$

Kde, $S(E_\gamma)$ - plocha pod peakem energie, λ - rozpadová konstanta pro ^{56}Mn , t_{real} - doba měření, t_{live} - doba měření s opravou na mrtvou dobu t_1 - doba ozařování, $(t_2 - t_1)$ - doba chlazení, $I_\gamma(E_\gamma)$ - pravděpodobnost emise gama záření, $\epsilon_{eff}(E_\gamma)$ - absolutní detekční účinnost detekčního systému

Máme-li aktivitu vzorku, můžeme stanovit aktivitu celé manganové lázně A_{celk} podle vztahu:

$$A_{celk} = \frac{V_{celk}}{V_{vzorek}} \cdot A$$

Finální intenzita se vypočte podle vztahu:

$$S = \frac{A_{celk}}{f \cdot (1 - f_1 - f_2 - L)}$$

Kde, f - podíl tep. neutronů zachycených Mn ku neutronům zachyceným ostatními jádry, f_1 - podíl neutronů prodávajících reakce (n, α) na O, reakce (n, α) a (n, p) na S f_2 - podíl neutronů ze zdroje ztracených v samotném zdroji a v dutinách, L - podíl neutronů ze zdroje uniklých z lázně

4 Výsledky

- **Celková aktivita:** 3357 ± 138 kBq
- **Experimentálně zjištěná intenzita neutronového zdroje:** $10780 \pm 556 \times s^{-1}$
- **Certifikovaná intenzita neutronového zdroje:** $11610 \times s^{-1}$

Z naměřených hodnot vyplývá, že naše naměřené hodnoty se od certifikovaných liší o 7%.

Diskuse

Výsledky ukazují, že metoda manganové lázně je přesná a spolehlivá. Při měření mohly odchylku ovlivnit následující faktory: homogenita lázně, doba ozařování, kalibrace detekčního zařízení či stáří manganové lázně.

5 Závěr

Tento příspěvek ukazuje použití manganové lázně k určení intenzity neutronového AmBe zdroje. Při experimentu jsme se seznámili s manganovou lázní, radionuklidovým zdrojem a zmíněným postupem při zjišťování emisní četnosti. (intenzity)

Poděkování

Na závěr bychom chtěli poděkovat všem organizátorům Týdnu vědy za umožněné zážitky a skvělou připravenost. Za ukázkové vedení a seznámení s tímto tématem při miniprojektu si zaslouží velké díky Ing. Jan Rataj Ph.D.

Reference

RATAJ, Jan. *Stanovení intenzity radionuklidového zdroje metodou manganové lázně*. Online, prezentace. 2010. [cit. 2024-06-18].