

Pracovní úkoly

1. Proved'te energetickou kalibraci gama-spektrometru pomocí alfa-zářiče ^{241}Am .
2. Určete materiál několika vzorků.
3. Stanovte závislost účinnosti výtěžku rentgenového záření na atomovém čísle elementu v daném experimentálním uspořádání.
4. Určete relativní zastoupení prvků v jednom ze vzorků.
5. Na základě rentgenového záření identifikujte radioaktivní vzorek a stanovte typ pozorovaného rozpadu.

Teoretická část

Pokud ozáříme nějaký prvek zářením s dostatečnou energií, dojde k jeho excitaci. Při spontánní deexcitaci vznikne rentgenové záření s přesně stanovenou energií. Velikost této energie je závislá na prvku, který ozařujeme. Podle velikosti této energie můžeme určit, o který prvek se jedná [1]. Intenzita rentgenového záření (v našem případě počet detekcí za vteřinu) závisí na velikosti atomového čísla. Pokud tedy chceme určit poměr prvků ve slitině, musíme tuto závislost určit.

Měření probíhalo za pomoci počítačového programu, který rozdělil naměřené hodnoty do histogramu. Program odstranil pozadí a dále nafitoval části histogramu Gaussovou křivkou, určil střední hodnotu energie P , pološířku F , počet částic v dané části histogramu N a chybu této veličiny ΔN a počet záchytů za vteřinu r .

Chybu střední hodnoty energie P spočteme podle následujícího vzorce:

$$\Delta P = \frac{F}{2 \cdot \sqrt{2 \ln 2} \cdot \sqrt{N}} \quad (1)$$

Kde jsme využili vztahu mezi standardní odchylkou σ a pološířkou $F = 2 \cdot \sqrt{2 \ln 2} \cdot \sigma$. Relativní chyba výtěžku r je stejná jako relativní chyba určení N .

Pomůcky

- Polovodičový detektor
- PC
- Sada vzorků
- Zdroj záření ^{241}Am

Výsledky měření

Podmínky v laboratoři by neměly ovlivnit výsledek měření.

Tabulky 1-7 obsahují naměřená data pro 7 různých vzorků. Hodnota P odpovídá střední energii charakteristického záření. Hodnota P_α resp. P_β odpovídá střední energii odpovídající přechodům K_α resp. K_β . Chybu P , P_α a P_β jsme spočetli dle vzorce (1). Hodnota

P_{ref} odpovídá tabulkové hodnotě energie pro daný prvek. Pro přechody K_α , K_β uvádíme průměrnou energii těchto přechodů.

Tabulka 1: Vzorek 1

	hodnota	chyba
P [keV]	8.140	0.003
P_{ref} [keV]	8.224	
materiál	Měď	

Tabulka 2: Vzorek 2

	hodnota	chyba
P_α [keV]	25.230	0.002
$P_{\alpha ref}$ [keV]	25.037	
P_β [keV]	28.550	0.003
$P_{\beta ref}$ [keV]	28.675	
materiál	Cín	

Tabulka 3: Vzorek 3

	hodnota	chyba
P_α [keV]	20.220	0.003
$P_{\alpha ref}$ [keV]	20.142	
P_β [keV]	22.820	0.006
$P_{\beta ref}$ [keV]	22.861	
materiál	Rhodium	

Tabulka 4: Vzorek 6

	hodnota	chyba
P_α [keV]	15.800	0.003
$P_{\alpha ref}$ [keV]	15.730	
P_β [keV]	17.730	0.006
$P_{\beta ref}$ [keV]	17.761	
materiál	Zirkonium	

Tabulka 5: Vzorek 9

	hodnota	chyba
P_α [keV]	17.470	0.003
$P_{\alpha ref}$ [keV]	17.424	
P_β [keV]	19.740	0.006
$P_{\beta ref}$ [keV]	19.718	
materiál	Molybden	

Tabulka 6: Vzorek 10

	hodnota	chyba
P_α [keV]	8.680	0.005
$P_{\alpha ref}$ [keV]	8.839	
materiál	Zinek	

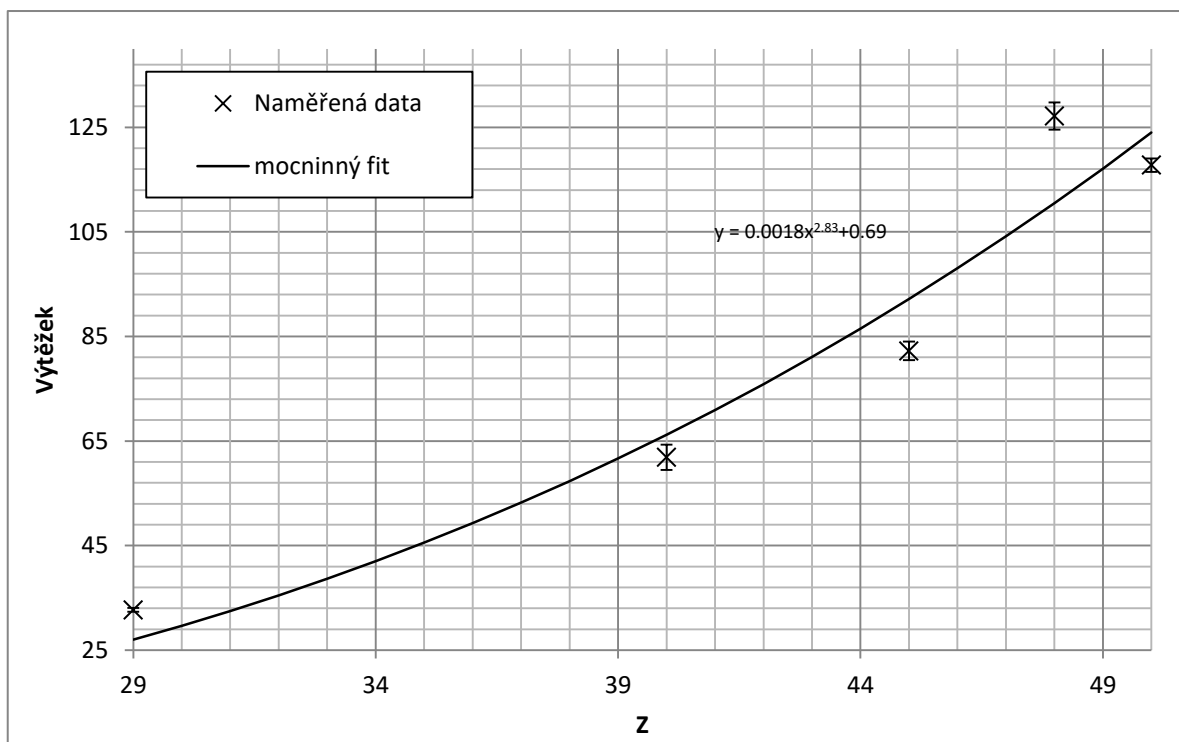
Tabulka 7: Vzorek 11

	hodnota	chyba
P_α [keV]	23.150	0.003
$P_{\alpha ref}$ [keV]	23.075	
P_β [keV]	26.180	0.006
$P_{\beta ref}$ [keV]	26.262	
materiál	Kadmium	

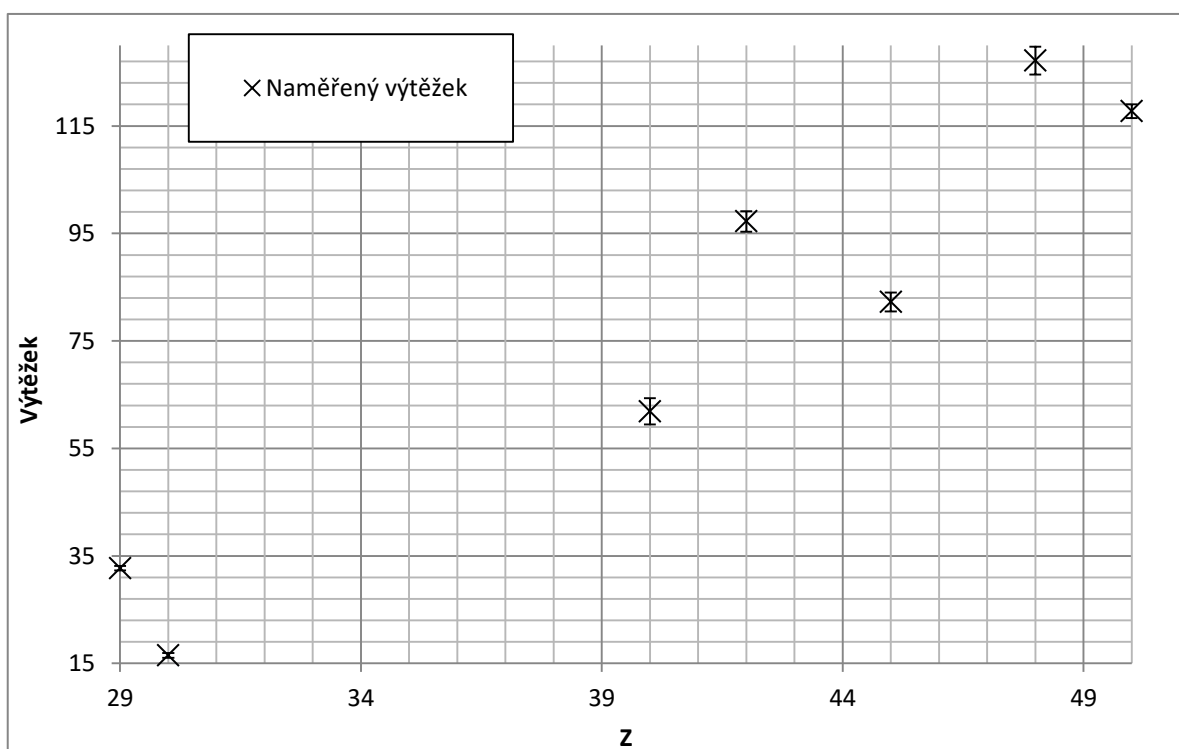
Graf č. 1 obsahuje závislost účinnosti výtěžku na protonovém čísle. Z grafu jsme vyloučili vzorky 9 a 10. U vzorku 10 byl výtěžek očividně špatně změřený a od pomyslné závislosti se značně odchyloval. U vzorku 9 jsme výtěžek změřili špatně, protože část záření ze zdroje ^{241}Am pronikala do detektoru a měla shodnou energii, jako charakteristické záření vzorku 9. Data v grafu jsou fitována mocninnou závislostí $f(x) = Ax^B + C$. Tabulka č. 8 obsahuje parametry fitu včetně koeficientu spolehlivosti R^2 . Graf č. 2 obsahuje závislost výtěžku na protonovém čísle pro všechny vzorky. V obou grafech je uveden součet výtěžků z přechodů K_α a K_β .

Tabulka 8: Parametry
mocinného fitu

A	0.0019
B	2.83
C	0.69
R^2	0.924



Graf č. 1: Závislost výtěžku na protonovém čísle a mocninný fit dat.



Graf č. 2: Závislost všech naměřených výtěžků na protonovém čísle.

V tabulce 9 jsou uvedena naměřená data pro vzorek 5, jenž je slitinou dvou kovů. Tabulka 10 obsahuje relativní zastoupení těchto prvků.

Tabulka 9: Vzorek 5

	hodnota	chyba
$P_{1\alpha}$ [keV]	22.140	0.002
$P_{1\beta}$ [keV]	25.030	0.005
P_2 [keV]	8.310	0.008
r_1	62.5	0.5
r_2	6.9	0.2

Tabulka 10: Relativní zastoupení prvků ve vzorku 5

	prvek 1	prvek 2
název	Stříbro	Měď
rel. zastoupení	60%	25%

Tabulka 11: Hodnoty naměřené při rozpadu radioaktivního vzorku

	hodnota	chyba
P [keV]	30.820	0.002
P_{ref} [keV]	30.850	
r	117.0	0.9

Tabulka 11 obsahuje data naměřená při rozpadu radioaktivního vzorku. Tento vzorek jsme na základě pozorované energie určili jako izotop ^{133}Ba , který se rozpadá na ^{133}Cs . Jedná se o elektronový záchyt.

Referenční hodnotu P_{ref} jsme spočetli jako vážený průměr záření $K_{\alpha 2}$ a $K_{\alpha 1}$ z dat uvedených v [2].

Diskuse

Celé měření bylo zatíženo řadou systematických chyb. Správnost určení energie byla ovlivněna správností kalibrace detektoru. K tomu byl použit zářič ^{241}Am . Další chyba ovlivňující správnost určení energie i výtěžku může být zapříčiněna fitováním měřicího programu, který by měl odstranit pozadí a následně se pokusil nafitovat Gaussovu křivku. Bohužel tento proces není nikterak kontrolovatelný. Velikost systematické chyby určení energie lze odhadnout při pohledu do tabulky 11, kde se naměřená hodnota energie a tabulková liší o 0.03 keV.

Další systematická chyba, která mohla ovlivnit přesnost měření výtěžku, pramenila ze záření, které pronikalo do detektoru ze zářiče ^{241}Am , který byl použit pro ozařování vzorků. Toto se nepříznivě projevilo zejména při měření výtěžku vzorku 9 (molybden), kde došlo k interferenci záření z ^{241}Am s energií 17.8 keV a charakteristického záření $\text{Mo } K_{\alpha}$ s energií 17.47 keV.

Závěr

Určili jsme materiál následujících vzorků:

Vzorek 1 – Měď

Vzorek 2 – Cín

Vzorek 3 – Rhodium

Vzorek 4 – Slitina (60% Stříbro, 25% Měď)

Vzorek 6 – Zirkonium

Vzorek 9 – Molybden

Vzorek 10 – Zinek

Vzorek 11 – Kadmium

Stanovili jsme závislost výtěžku na atomovém čísle.

Na základě rentgenového záření jsme identifikovali jako izotop ^{133}Ba , který se rozpadá elektronovým záchytem na ^{133}Cs .

Literatura

- [1] Identifikace prvků na základě jejich charakteristického rentgenového záření. *Fyzikální praktikum* [online].
[cit. 11. 10. 2017]. Dostupné z:
http://physics.mff.cuni.cz/vyuka/zfp/_media/zadani/texty/txt_403.pdf

- [2] Barium 133 Source Information. *Spectrum techniques* [online].
[cit. 15. 10. 2017]. Dostupné z:
<http://www.spectrumtechniques.com/products/sources/ba-133/>