

Fyzikální praktikum IV

Úloha č. A3

Název.: Identifikace prvků na základě jejich charakteristického rentgenového záření

Měřil.: Michal Švanda.....dne:..30. října 2001.....

odevzdal dne:.....vráceno:.....

odevzdal dne:.....vráceno:.....

odevzdal dne:.....

Posuzoval:.....dne:.....

Výsledek klasifikace:.....

Připomínky:

Pracovní úkol

1. Proveďte energetickou kalibraci gama-spektrometru pomocí zářiče gama ^{241}Am
2. Určete materiál několika vzorků
3. Stanovte závislost účinnosti výtěžku rentgenového záření na atomovém čísle elementu v daném experimentálním uspořádání
4. Určete procentuální složení jednoho vzorku
5. Identifikujte radioaktivní zářič č. 1 a 2 na základě charakteristického rentgenového záření

Teoretický úvod

viz přiložený studijní text.

Výsledky měření

1) Pomocí zářiče ^{241}Am jsem zkalibroval polovodičový detektor. Kalibrace je vynesena v grafu [G1] vytištěném z programu, pomocí něhož jsem měření prováděl. Pro kalibraci jsem použil dvě linky, viditelné ve spektru americia - linku s energií 59,5 keV a 13,9 keV, která není způsobena přímo americiem, ale je zapříčiněna přestavbou elektronového obalu dceřinného neptunia.

2) Ozařováním americiem jsem pomocí tabulek charakteristických linek identifikoval několik vzorků. Jejich rentgenová spektra jsou zanesena v číslovaných grafech (číslo odpovídá číslu vzorku) a jejich identifikace je provedena v následující tabulce:

Číslo vzorku	Materiál
1	$_{29}\text{Cu}$
2	$_{50}\text{Sn}$
4	$_{82}\text{Pb}$
5	$_{47}\text{Ag} + _{29}\text{Cu}$
6	$_{40}\text{Zr}$
7	$_{45}\text{Rh}$
8	$_{49}\text{In}$
9	$_{42}\text{Mo}$
10	$_{30}\text{Zn}$
11	$_{48}\text{Cd}$

Identifikace některých vzorků byla obtížná. U olova nebyly pozorovány žádné přechody na hladinu K (příliš velká energie), ale výhradně přechody na hladinu L.

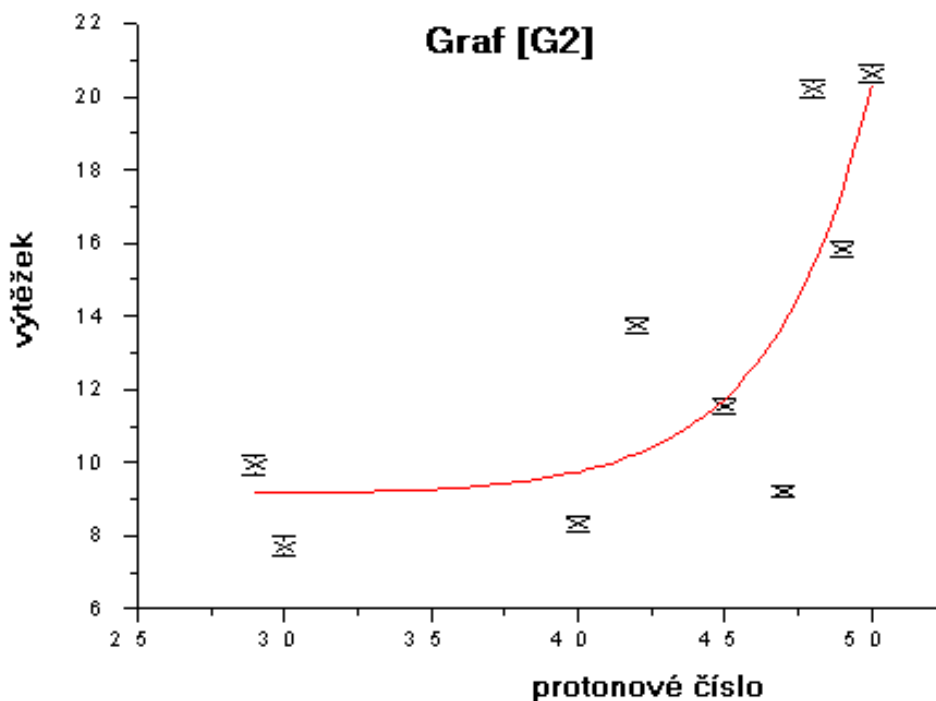
3) Na základě přechozích měření jsem stanovil závislost výtěžku rentgenového záření na atomovém čísle. Závislost je vynesena v tabulce [T1] a grafu [G2].

Tabulka [T1]

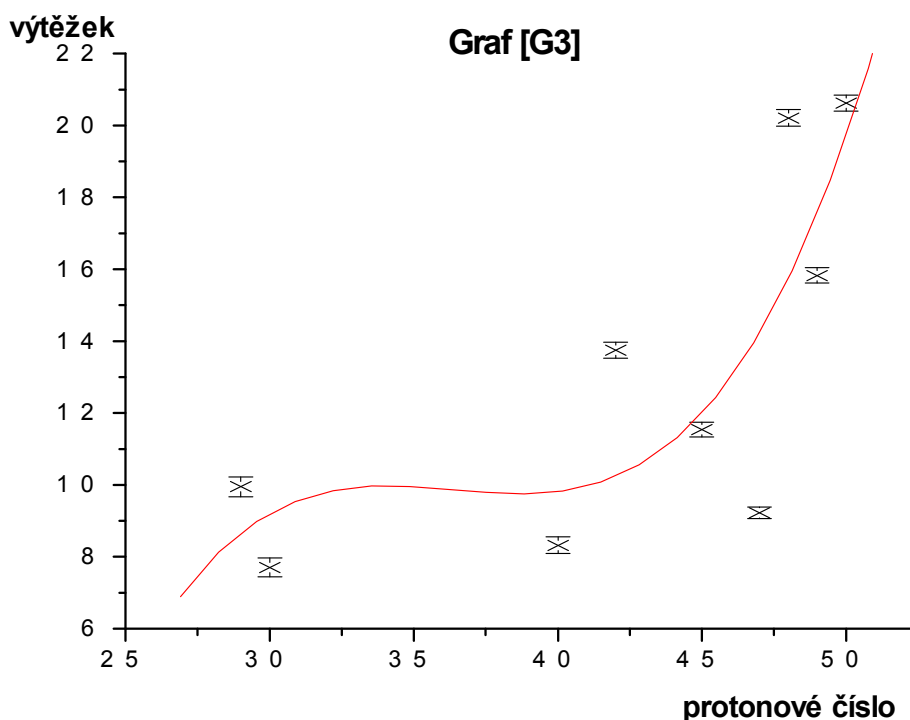
Prvek	Protonové číslo	Výtěžek	Rel. chyba [%]	Abs. chyba
Cu	29	9,95	2,85	0,28
Zn	30	7,70	3,40	0,26
Zr	40	8,32	2,69	0,22

Prvek	Protonové číslo	Výtěžek	Rel. chyba [%]	Abs. chyba
Mo	42	13,74	1,63	0,22
Rh	45	11,53	1,78	0,21
Ag	47	9,22	1,78	0,16
Cd	48	20,21	1,13	0,23
In	49	15,83	1,32	0,21
Sn	50	20,62	1,09	0,22
Pb	82	2,05	5,73	0,12

Pro tvorbu grafu jsem vynechal údaje posledního olova, neboť jeho výtěžek je způsoben přeskokem na hladinu L, tudíž jej nelze s ostatními prvky porovnávat.



Graf nevykazuje žádný evidentní trend, proložil jsem exponenciální závislost, která nejlépe vystihuje naměřená data, dobře vystihuje naměřená data ještě závislost kubická (viz graf [G3]). Očekával bych polynomiální závislost ještě vyššího stupně, než je tři, ale tu se mi nepodařilo pomocí programu Origin 5.0 úspěšně proložit. Nelze tedy rozhodnout, jaký trend sleduje závislost výtěžku na protonovém čísle, pro určení by bylo zapotřebí více bodů experimentální křivky.



4) Při měření jsem zjistil, že vzorek číslo 5 je slitina (není to ale příliš přesvědčivé) mědi a stříbra. Vydělením výtěžku stoprocentní mědi a zjištěného výtěžku ve slitině jsem zjistil procentuální zastoupení mědi ve vzorku.

$$w = (11 \pm 2) \%$$

Stanovit procentuální zastoupení stříbra nelze, neboť není k dispozici stoprocentní vzorek stříbra a není vyloučeno, že ve slitině se nalézá ještě další prvek, který nebyl odhalen relativně krátkou expozicí (711 s).

5) Proměřoval jsem i jeden neznámý zářič. Rentgenové spektrum (viz graf [G4]) odpovídalo cesiu, z čehož jsem usoudil, že původním zářičem byl některý izotop baria. Rentgenové spektrum bylo způsobeno přestavbou elektronového obalu atomů původního zářiče (baria) na nově vzniklé dceřinné jádro (cesia). Proto při rozpadové reakci muselo dojít ke změně protonového čísla, neboť kdyby došlo pouze ke změně počtu neutronů, nenastal by fyzikální důvod k přestavbě elektronového obalu. Pozorovaným jevem je K-záchyt elektronu k K-slupky jádrem izotopu baria.

Diskuse

Určování prvků na základě jejich charakteristických rentgenových linek je činností velmi složitou vyžadující větší zkušenost a energetické rozlišení spektrometru, než má student v praxi k dispozici. Přesto lze s pomocí tabulek charakteristických spekter určit prvky s dostatečně vzdálenými atomovými čísly (vzhledem k energetickému rozlišení spektrometru není možné bezpečně rozeznat sousední prvky v periodické tabulce). S pomocí rentgenové spektrometrie lze řádově určit složení jednotlivých elementů ve slitině. Vzhledem k citlivosti spektrometru pro menší energie to však nebylo pro předloženou slitinu možné stanovit s přesností lepší, než dvacet procent.

Veškeré chyby (např. chybové úsečky v grafech) jsou stanovovány pomocí programu, který byl pro měření v praxi k dispozici a jsou uvedeny též v tabulce před rentgenovým spektrem každého sledovaného vzorku.

Závěr

Pozoroval jsem rentgenová spektra předložených vzorků spektrometrem, jehož kalibraci jsem provedl pomocí ^{241}Am . Sestavil jsem graf závislosti výtěžku na protonovém čísle a stanovil procentuální zastoupení mědi ve slitině vzorku č. 5.