

Kabinet výuky obecné fyziky, UK MFF

Fyzikální praktikum ...



Úloha č.

Název úlohy:

Jméno: Obor: FOF FAF FMUZV

Datum měření:

Datum odevzdání:

Připomínky opravujícího:

	Možný počet bodů	Udělený počet bodů
Práce při měření	0 - 5	
Teoretická část	0 - 1	
Výsledky měření	0 - 8	
Diskuse výsledků	0 - 4	
Závěr	0 - 1	
Seznam použité literatury	0 - 1	
Celkem	max. 20	

Posuzoval:.....

dne:

Pracovní úkoly

1. Proveďte 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

Při interakci atomu s γ -zářením může dojít k fotoelektrickému jevu, z elektronového obalu je vyražen elektron a atom zůstane v excitovaném stavu. Při deexcitaci atom vyzařuje rentgenové záření, jehož spektrum je pro daný prvek charakteristické [1]. Podle rentgenového spektra můžeme za jistých okolností určit, o jaký prvek se jedná.

K excitaci atomu dochází také při K-záchytu [1].

Mějme slitinu ze dvou prvků A a B, jejichž výtěžky při měření čistého prvku jsou v_A respektive v_B . Pro výtěžky v_A^s resp. v_B^s při měření ve sloučenině potom platí

$$\frac{v_A^s w_B}{w_A v_B^s} = \frac{v_A}{v_B}, \quad (1)$$

kde w_A a w_B jsou relativní zastoupení prvku A resp. B. Pokud je slitina čistá, platí navíc

$$w_A + w_B = 1, \quad (2)$$

z čehož vyplývá

$$w_A = \frac{v_A^s \cdot v_B}{v_A^s \cdot v_B + v_B^s \cdot v_A}, \quad w_B = \frac{v_B^s \cdot v_A}{v_A^s \cdot v_B + v_B^s \cdot v_A}. \quad (3)$$

Výsledky měření

Nejprve jsme provedli energetickou kalibraci. Použili jsme tři známé peaky z gamma spektra ^{241}Am : 13,9 keV, 26,3 keV a 59,5 keV. Další známý peak 17,8 keV jsme s novou kalibrací změřili na 17,53 keV, což nám dává představu o nejistotě měření energie.

Měřili jsme rentgenové spektrum celkem 7 čistých prvků a 2 dvouprvkových slitin. V tabulce 1 jsou uvedené naměřené energie pozorovaných přechodů a jejich výtěžek. Relativní chyba výtěžku je stejná jako *net area*. Prvky jsme identifikovali podle přiložené tabulky energií charakteristického rentgenového záření. E_t je tabelovaná energie přechodu [2], uvádíme vždy přechod s posledním číslem 1 ve Siegbahnově notaci ($K\alpha_1$, $K\beta_1$, $L\alpha_1$, $L\beta_1$).

U Cu jsme naměřili pouze jeden peak mezi $K\alpha$ a $K\beta$, což odpovídá tomu, že jsou blízké a nedokážeme rozlišit. U všech ostatních prvků kromě Pb se nám podařilo rozlišit dva peaky, a to $K\alpha$ a $K\beta$. U Pb jsme pozorovali pouze $L\alpha$ a $L\beta$.

Graf závislosti výtěžku na protonovém čísle pro přechod $K\alpha$ je v grafu 1. Zahrnuli jsme i Cu, protože peak je mnohem blíže energii přechodu $K\alpha$ než $K\beta$, což naznačuje, že se v celkovém výtěžku uplatňuje převážně. To se potvrdilo i u ostatních prvků, $K\alpha$ je vždy několikanásobně silnější než $K\beta$. Nemáme žádný teoretický předpoklad na tvar této závislosti, proto jsme jej proložili polynomy prvního a druhého stupně

$$v_1(Z) = (-60 + 2,9Z)\text{cps}, \quad (4)$$

$$v_2(Z) = (139 - 7,6Z + 0,13Z^2)\text{cps}. \quad (5)$$

Oba fity se shodují ve výtěžku pro Ag přibližně 75 cps a tuto hodnotu použijeme pro výpočet zastoupení prvků ve slitinách. Podle (3) jsme určili podíly prvků ve slitině číslo 5

$$w_{Cu}^5 = 28(5)\%, \quad w_{Ag}^5 = 72(5)\% \quad (6)$$

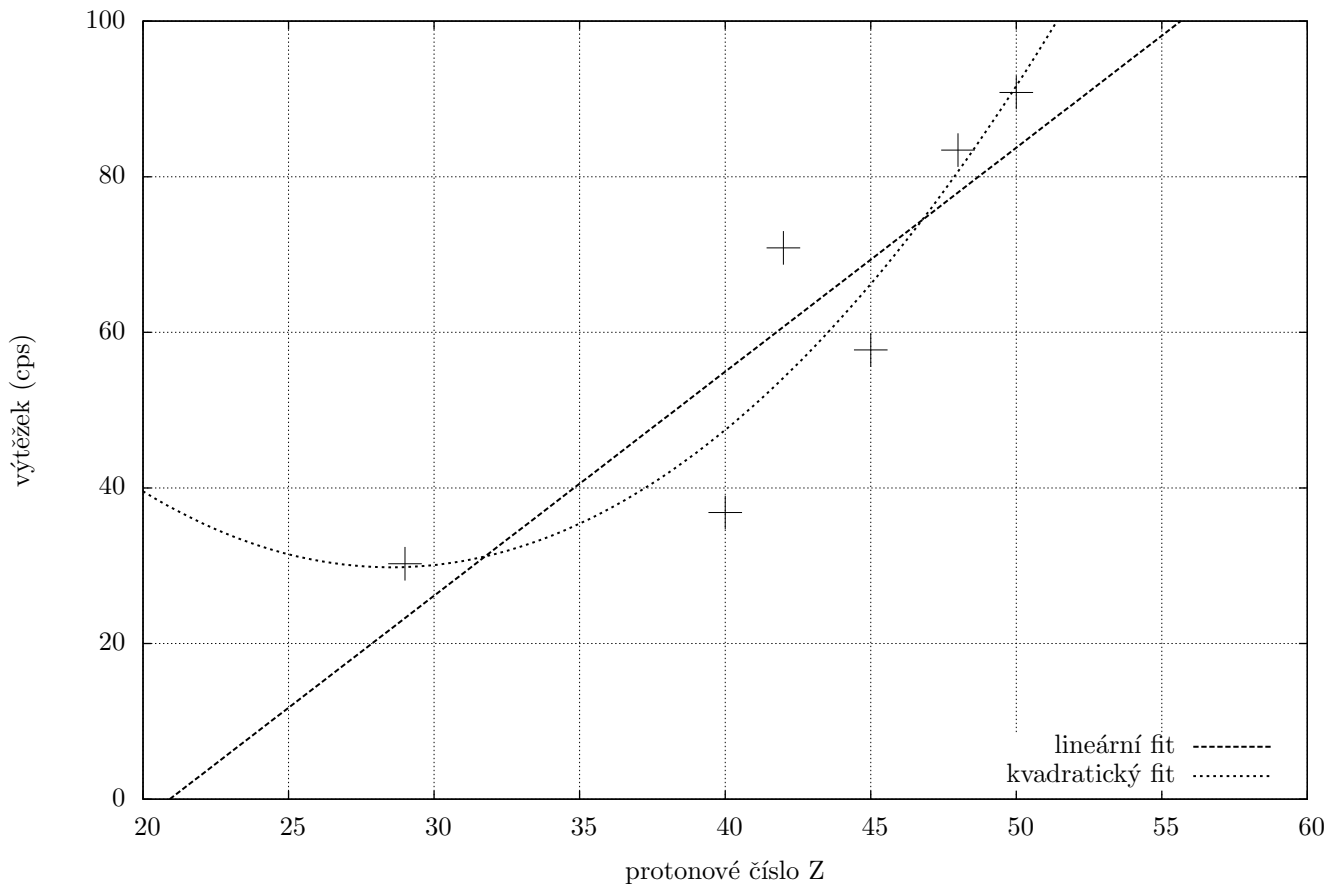
a ve slitině číslo 13

$$w_{Pb}^{13} = 74(5)\%, \quad w_{Sn}^{13} = 26(5)\%. \quad (7)$$

U radioaktivního vzorku jsme naměřili tři peaky v energiích 30,9 keV, 35,1 keV a 80,9 keV. První dva odpovídají spektrálním čarám Cs. Třetí peak program porovnáním s knihovnou vyhodnotil jako rozpad ^{133}Ba .

vzorek	E (keV)	FWHM (keV)	net area	výtěžek (cps)	přechod	prvek	E_t (eV)
1	8,17	1,16	24 205(251)	30,3(3)	$K\alpha$ a $K\beta$	^{29}Cu	8047 a 8905
2	25,25	1,10	66 467(331)	90,8(5)	$K\alpha$	^{50}Sn	25 271
	28,58	1,08	14 171(190)	19,4(3)	$K\beta$		28 486
3	20,24	1,04	15 116(171)	57,7(7)	$K\alpha$	^{45}Rh	20 216
	22,84	0,96	3120(103)	10,9(4)	$K\beta$		22 724
4	10,61	0,83	3556(112)	14,5(5)	$L\alpha$	^{82}Pb	10 552
	12,67	0,90	3823(123)	15,6(5)	$L\beta$		12 613
11	23,16	1,02	17 017(178)	83,4(9)	$K\alpha$	^{48}Cd	23 174
	26,18	1,15	4489(111)	22,0(6)	$K\beta$		26 095
6	15,81	0,85	18 116(249)	36,9(5)	$K\alpha$	^{40}Zr	15 775
	17,67	0,62	1639(126)	3,3(3)	$K\beta$		17 666
9	17,49	1,07	35 230(274)	70,9(6)	$K\alpha$	^{42}Mo	17 479
	19,70	0,8	3881(143)	7,8(3)	$K\beta$		19 603
5	8,43	1,28	3716(147)	5,5(2)	$K\alpha$ a $K\beta$	^{29}Cu	8048 a 8907
	22,15	1,02	23 575(246)	34,7(4)	$K\alpha$	^{47}Ag	22 163
	25,03	1,03	7557(161)	11,2(3)	$K\beta$		24 942
13	10,58	1,03	5293(129)	13,6(4)	$L\alpha$	^{82}Pb	10 552
	12,71	0,91	4834(148)	12,5(4)	$L\beta$		12 613
	25,26	1,08	11 483(158)	29,6(4)	$K\alpha$	^{50}Sn	25 271
	28,60	1,12	2958(94)	7,6(3)	$K\beta$		28 486

Tabulka 1: Naměřené energetické přechody. V první části tabulky jsou čisté prvky, pod druhou tlustou čarou jsou slitiny.



Graf 1: Závislost výtěžku na protonovém čísle pro přechod $K\alpha$.

Diskuze

Naměřené závislosti výtěžku na protonovém čísle dobře neodpovídá ani lineární ani kvadratický fit. Nicméně je zřejmý rostoucí trend, což souhlasí s [1]. Kvadratický fit je samozřejmě pro nízká Z nepoužitelný. Pro interpolaci hodnot v měřeném rozsahu považujeme také lineární fit za lepší.

Pro jiné než $K\alpha$ přechody jsme závislost nesestavovali, porovnávat výtěžky různých přechodů nemá význam.

Pokusili jsme se měřit ještě spektrum ${}_{26}\text{Fe}$, jenže kvůli nízkému protonovému číslu byl výtěžek příliš nízký pro určení spektrálních čar.

U Pb jsme určili, že se jedná o L přechody, především díky lehce rozpoznatelnému vzhledu olova a tomu, že druhý peak (s vyšší energií) nebyl výrazně slabší než ten první.

Nepřímo změřené relativní podíly u slitin 5 a 13 považujeme za poměrně nepřesné. Nejistotu jsme odhadli s ohledem na

Mohlo se stát, že některý z peaků spektra vzorku se kryl s některým z peaků zářiče. V tom případě by byl výtěžek nadhodnocený. Stát se to mohlo především v okolí 17,5 keV, kde bylo možné naměřit až o 6 cps více.

Závěr

Provedli jsme energetickou kalibraci pomocí tří peaků v γ -spektru ${}^{241}\text{Am}$: 13,9 keV, 26,3 keV a 59,5 keV.

Určili jsme materiál 7 vzorků, viz tabulka 1.

Změřili jsme relativní zastoupení prvků ve vzorcích 5

$$w_{Cu}^5 = 28(5) \%, \quad w_{Ag}^5 = 72(5) \%$$

a 13

$$w_{Pb}^{13} = 74(5) \%, \quad w_{Sn}^{13} = 26(5) \%.$$

Sestavili jsme závislost výtěžku na protonovém čísle, viz graf 1. Závislost pro nízká Z rychle klesá.

Určili jsme radioaktivní vzorek ${}^{133}\text{Ba}$, který se měnil na ${}^{133}\text{Cs}$ záchytem elektronu.

Seznam použité literatury

1. *Základní fyzikální praktikum — Identifikace prvků na základě jejich charakteristického rentgenového záření* [online]. [cit. 2017-10-23]. Dostupný z WWW: http://physics.mff.cuni.cz/vyuka/zfp/_media/zadani/texty/txt_403.pdf.
2. DESLATTES, R.D.; KESSLER JR., E.G.; INDELICATO, P. et al. *X-ray Transition energies* [online]. [cit. 2017-10-23]. Dostupný z WWW: <http://physics.nist.gov/XrayTrans>.