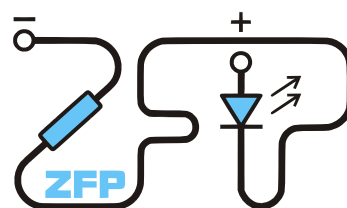


Kabinet výuky obecné fyziky, UK MFF

Fyzikální praktikum IV



Atomovka



Úloha č. A3

Název úlohy: Identifikace prvků na základě jejich charakteristického rentgenového záření.

Jméno: Josef Iosephus Kučera

Datum měření: 3. 10. 2021

Připomínky opravujícího:

	Možný počet bodů	Udělený počet bodů
Theoretická část	0–2	2
Výsledky a provedení měření	0–9	5
Diskuse výsledků	0–4	4
Závěr	0–1	1
Použité knižstvo	0–1	1
Celkem	max. 17	13

Posuzoval: **Peter Kodys**

dne: **21.11.2021**

Pracovní úkol

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.

Theorie

Úvod *Kecy...*

Pokud nevinné atomy ozařujeme γ zářením, elektrony v jejich obalu se excitují. Ale nic netrvá věčně, takže se opět deexcitují a při tom vyzáří zpět záření o nižší energii než jest energie zdroje.

Deexcitačního záření se dá využít pro detekci kvalitativních i kvantitativních vlastností různých materiálů. V rámci našeho měření jsme využívali rentgenovou-fluorescenční metodu, kdy díky fotoelektrickému efektu můžeme na detektoru pozorovat energetické vrcholky záření, které nabývají specifických hodnot pro každý chemický element obsažený ve vzorku.

Kalibrace

Abychom dokázali oškálovat energetické hodnoty, museli jsme nejprve detektor okalibrovat pomocí α -zářiče ^{241}Am , který má nejintenzivnější energetickou γ -linku na energii 59,5 keV.

Použitý zářič tedy mohl měřit maximálně do rozsahu 59,5 keV a též kvůli jeho citlivosti a izolátoru z tlustého skla nebyl schopen měřit v rozsahu energií pod 5 keV. Též měl poměrně vysokou nejistotu určení hodnot (cca 0,9 keV) [1]

Měření neznámých vzorků

V rámci dalšího úkolu jsme pak porovnávali polohu energetických vrcholů s tabulkou známých hodnot vrcholů pro všechny prvky z periodické tabulky prvků. [2]

Většinou jsme měřili ve slupkách K na hladinách α případně i β . U jednoho vzorku jsme ale museli zkoumat i L slupku.

Výtěžek

Výtěžek záření pro prvek definujeme jako

$$\omega = \frac{N}{t}, \quad (1)$$

kde N je počet zachycených signálů (NET) a t jest délka měření.

Relativní zastoupení

Relativní zastoupení prvku ve slitině je definováno vztahem:

$$\eta_1 = \frac{\omega_1 \Omega_2}{\Omega_1 \omega_2 + \omega_1 \Omega_2} \quad (2)$$

kde ω_i jsou výtěžky prvků a Ω_i odpovídá výtěžkům čistých prvků.

Dále musí platit pro zastoupení 2 prvků v látce, že

$$\eta_1 + \eta_2 = 1 \text{ (100\%)} \quad (3)$$

Výsledky měření

1) Kalibrace γ zářiče

Abychom signál z počítače dokázali správně interpretovat a kvantifikovat v řeci energie záření, museli jsme nejprve provést kalibraci γ zářiče pomocí alfa-zářiče ^{241}Am .

Naměřené hodnoty jsou v tabulce 1:

NEJISTOTA	CENTROID [keV]	FWHM [keV]	GROSS	NET	ČAS [s]
0,17	13,86	1,47	1620692	893990	cca 650
0,11	17,53	1,62	2771594	1741858	
0,39	21,10	1,41	833642	291779	
0,30	26,46	1,64	405863	246147	
0,05	59,46	1,86	5816733	5205671	

Tab.1: Energetická kalibrace zářiče pomocí alfa-zářiče ^{241}Am

(Toto měření jsme prováděli pouze pro určení energetické škály, proto zde neuvádíme chyby, neboť šlo pouze o kalibraci, která nám ale nepřinesla žádné záživné výsledky.)

2) Charakterisace vzorků neznámých materiálů

V Tabulce 2 uvádíme počítačem naměřené hodnoty záření a též i tabulkové určení prvků obsažených ve vzorcích neznámých materiálů:

Tabulkove hodnoty?

VZOREK (číslo)	NEJISTOTA	CENTROID [keV]	$\pm Xc$ [keV]	ORBITAL	PRVEK	FWHM [keV]	GROSS	NET	ČAS t[s]	$\pm Xt$ [s]
1	0,90	8,38	0,90	K α -K β	^{29}Cu	1,93	19136	2190	601,50	0,01
2	0,75	24,99	0,90	K α	^{50}Sn	1,69	32634	26279	300,13	0,01
	2,98	28,54	0,90	K β		1,34	8232	3660		
3	1,08	20,00	0,90	K α	^{45}Rh	1,48	27260	17717	301,03	0,01
	7,21	22,90	0,90	K β		1,07	6147	1392		
4	4,55	10,40	0,90	LIII α	^{82}Pb	1,04	10349	2919	304,42	0,01
	4,34	12,74	0,90	LIII β		1,28	13701	3410		
5 (SLITINA)	1,12	22,19	0,90	K α	^{47}Ag	1,62	19627	14200	299,92	0,01
	3,24	25,34	0,90	K β		1,44	6626	3075		
	3,83	17,28	0,90		ZÁŘIČ	1,60	5273	2328		
	5,36	12,97	0,90			1,97	5606	1766		
	3,51	8,52	0,90	K α +K β	Zr	1,82	5093	2462		
6	0,73	16,38	0,90	K α	^{41}Nb	2,51	37333	29240	304,51	0,01
9	0,97	17,49	0,90	K α	^{42}Mo	1,55	34154	22456	299,86	0,01
10	1,23	8,96	0,90	K α +K β	^{30}Zn	1,90	13777	10503	300,00	1,00
11	0,76	23,17	0,90	K α	^{48}Cd	1,56	38183	28652	300,29	0,01
	2,70	26,42	0,90	K β		1,30	11592	4829		

Tab.2: Charakterisace neznámých vzorků pod zářičem

V Tabulce 2 nalezneme kromě naměřených vlastností vzorku resp. záření (žluté sloupce) i naměřený čas ozařování (modrý sloupec), který se nám pak bude hodit ve výpočtech v další části protokolu.

A z polohy CENTROIDU jsme stanovili z tabulky záření známých prvků o který specifický chemický element se jedná (oranžový sloupec).

Pouziteho spektrometru?

Chyba CENTROIDU $\pm X_c$ je dána vlastnostmi použitého zářiče a jest systematická, nedá se tedy snížit.

Chyba časového určení $\pm X_t$ jest povětšinou zaokrouhlovací. U vzorku 10 nebyl odečten čas včas, tedy zde jsme museli výsledný čas odhadnout, což se negativně promítlo do velikosti chyby.

3) Závislost účinnosti výtěžku

Z dat tabulky 2 jsme dopočítali hodnoty výtěžků ω dle vzorce (1) a uvedli jsme je v tabulce 3:

PRVEK	ATOMOVÉ ě.	NET (N)	ČAS t[s]	$\pm X_t$ [s]	VÝTĚŽEK ω	$\pm X_\omega$
²⁹ Cu	29	2190	601,50	0,01	3,64	0,01
³⁰ Zn	30	10503	300,00	1,00	35,01	1,01
⁴¹ Nb	41	29240	304,51	0,01	96,02	0,32
⁴² Mo	42	22456	299,86	0,01	74,89	0,25
⁴⁵ Rh	45	17717	301,03	0,01	58,85	0,20
⁴⁸ Cd	48	28652	300,29	0,01	95,42	0,32
⁵⁰ Sn	50	26279	300,13	0,01	87,56	0,29

Kalfa
+beta
vs
KAlfa?

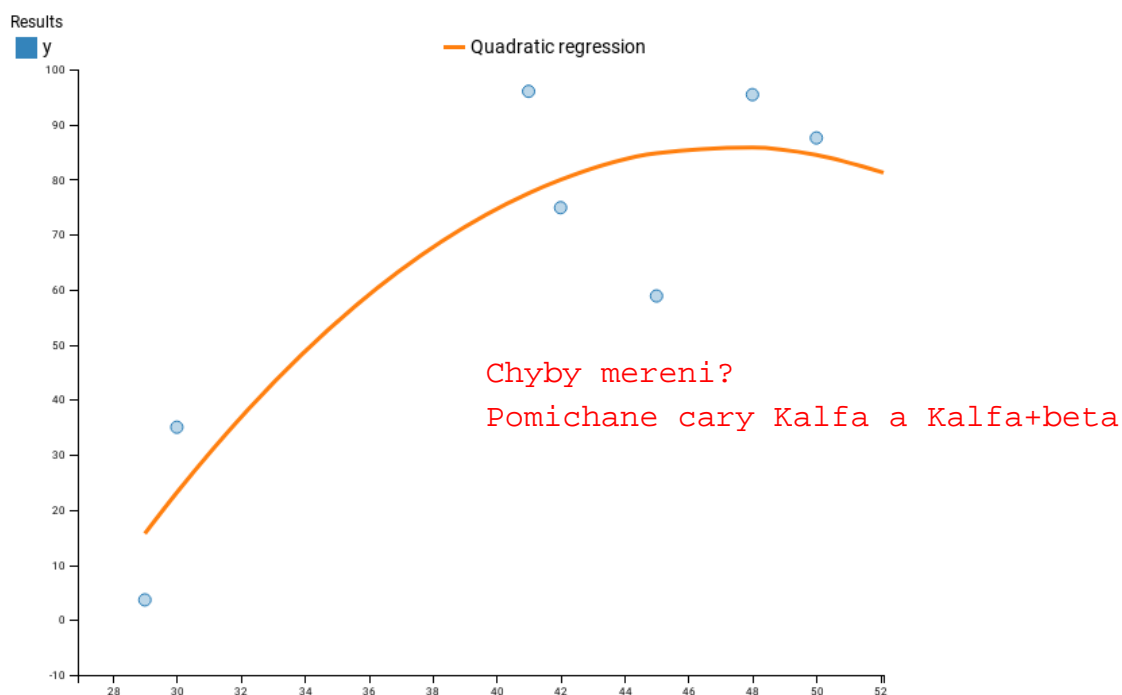
Tab.3: Tabulka výtěžků

Jak u Cu?

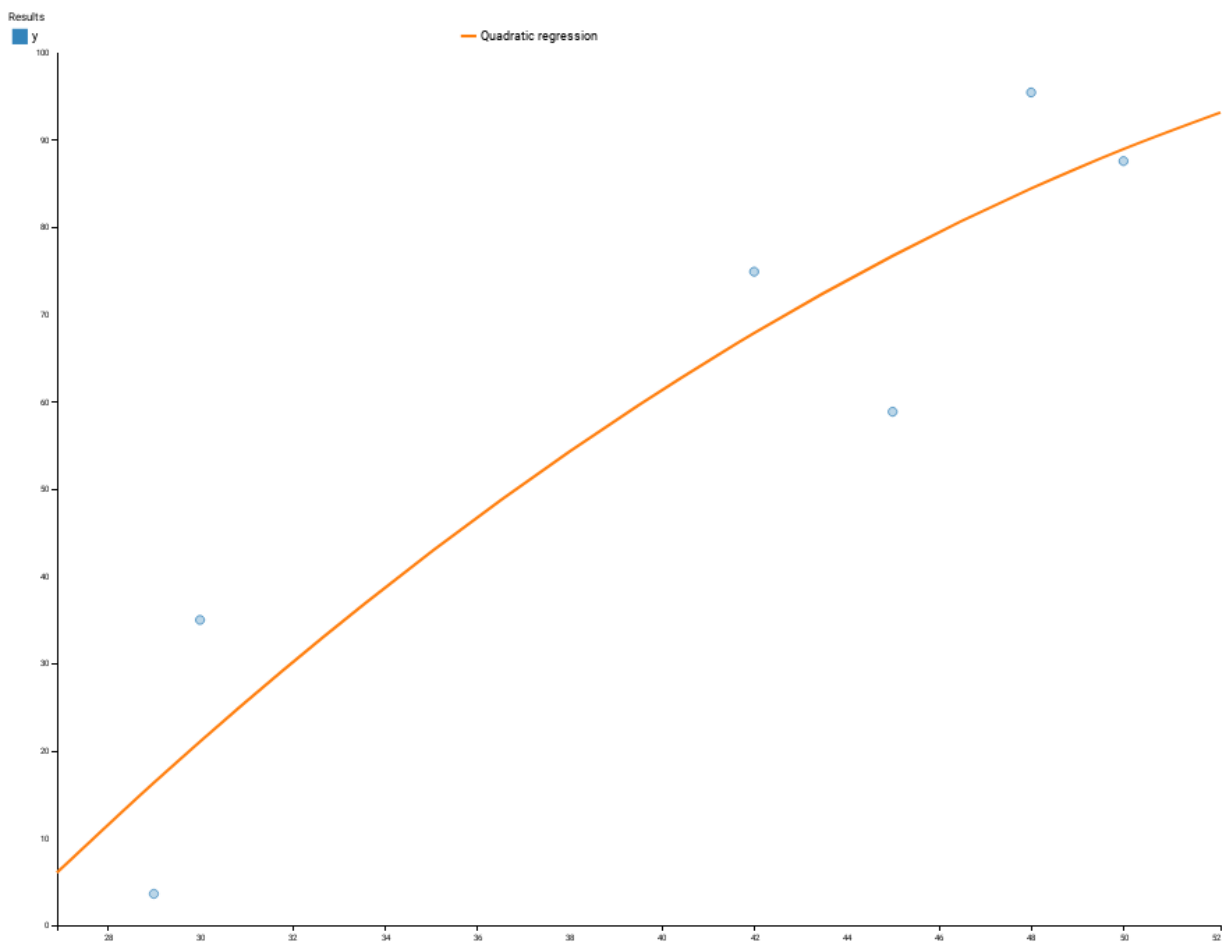
S tím, že jsme se omezili pouze na hodnoty z orbitalů K α . Nejistotu X_ω jsme určili dle vzorce pro výpočet chyby nepřímého měření:

$$X_\omega = \sqrt{\left(\frac{\partial \omega}{\partial t}\right)^2 (X_t)^2} \quad (4)$$

Data z tabulky 3 jsme vynesli do grafu 1 a 2:



Graf1: Tabulka výtěžků 1



Graf2: Tabulka výtěžků 2

To je jaka hodnota?

Tyto 2 grafy se od sebe liší tím, že v Grafu 2 jsme odstranili nepřizpůsobivou hodnotu Niobu a dostáváme hezčí závislost po proložení metodou nejmenších čtverců.

Co je to hezčí závislost?

4) Relativní zastoupení

Ze vzorce (2) jsme určili relativní zastoupení prvků ve slitině ZnAg jako $(85 \pm 5)\%$ pro stříbro a $(15 \pm 5)\%$ pro zinek.

Diskuze

Nejvíce nás omezovalo malé rozlišení přístroje. Další chyby pak mohly vzniknout i špatným odečtem hodnot z tabulek, protože naměřené hodnoty se často daly zaměňovat mezi 2 sousedními prvky, někdy dokonce i mezi K a L orbitaly, nicméně pokud to šlo, tak jsme vždy dali přednost K orbitalům, protože signály z jejich slupky byly pravděpodobnější.

U měření závislosti výtěžku na atomovém čísle jsme museli obětovat jednu podezřelou hodnotu. Obecně ale nebyl graf příliš reprezentativní, bylo by potřeba dalšího měření.

Závěr

Okalobrovali jsme γ -spektrometr pomocí α -zářiče ^{241}Am .

Určili jsme materiální složení 8 vzorků složených z 1 kovového prvku a 1 vzorku složeného ze slitiny 2 kovových prvků.

Sestavili jsme graf závislosti výtěžku na atomovém čísle prvku s ne příliš jasným výsledkem. Bylo by nutné dalšího zkoumání.

Určili jsme relativní zastoupení prvků ve slitině ZnAg jako $\text{Ag} = (85 \pm 5)\%$; $\text{Zn} = (15 \pm 5)\%$

Reference

- [1] (A3) Identifikace prvků na základě jejich charakteristického rentgenového záření. [Základní fyzikální praktikum]. [online][cit. 13.11.2021]. Dostupné z: https://physics.mff.cuni.cz/vyuka/zfp/_media/zadani/texty/txt_403.pdf
- [2] Tabulky dostupné ve fyzikálním praktiku u úlohy A3