

Rentgenová fluorescence a Moselyho zákon

Pomůcky: Zdroje záření ^{241}Am , ^{137}Cs , detektor záření gama, zdroj napájení detektoru, olověné destičky, chemikálie obsahující chemické prvky pro analýzu, držáky pro upevnění zdroje záření, vzorku a detektoru, propojovací kabely, PC s ovládacím software.

Teoretický rozbor: Vazebná energie elektronů v atomovém obalu je určena atomovým číslem Z . Elektrony na vnitřní slupce K jsou vázány nejpevněji. Jestliže je elektron z vnitřní K slupky vytržen a na jeho místo přechází elektron z druhé slupky L, atom emituje rentgenové K_α záření s frekvencí f . Její velikost je dána Moselyho zákonem

$$f_{K\alpha} = 0,75R_\infty (Z-1)^2 = E/h,$$

kde $R_\infty = 3,2899 \cdot 10^{15} \text{ s}^{-1}$ je Rydbergova konstanta a $h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ je Planckova konstanta. Užijeme-li ^{241}Am jako zdroje budicího záření gama ($E = 59,6 \text{ keV}$), je možné získat charakteristické RTG záření na prvcích s atomovými čísly přibližně od 35 do 69. Emitované RTG fotony mají větší vlnovou délku než fotony budicího záření. Takovému jevu říkáme fluorescence.

Experimentálně stanovené energie fotonů charakteristického RTG záření emitovaných atomy různých prvků jsou uvedeny v Tab. 1. Vyneseme-li do grafu závislost energie na veličině $(Z-1)^2$ a proložíme přímkou (měla by procházet počátkem soustavy souřadnic – viz Obr. 1), její směrnice je

$$m = 0,75hR_\infty.$$

Měření tedy umožňuje experimentální stanovení Rydbergovy konstanty, na základě hodnot uvedených v tabulce dospějeme k výsledku $R_\infty = (3,37 \pm 0,17) \cdot 10^{15} \text{ s}^{-1}$.

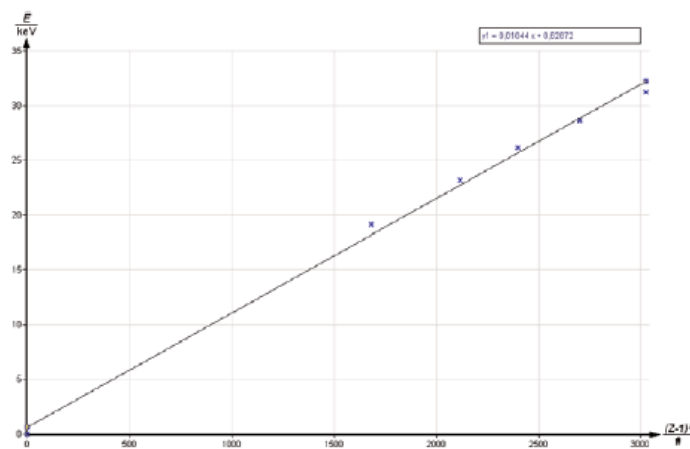
Tab. 1. Experimentálně stanovené hodnoty energií charakteristického rentgenového záření K_α pro atomy různých prvků.

Element	Z	$\frac{E_{K\alpha}}{\text{keV}}$
Mo	42	19.1
Ag	47	23.2
Sn	50	26.2
I	53	28.6
Ba	56	31.2

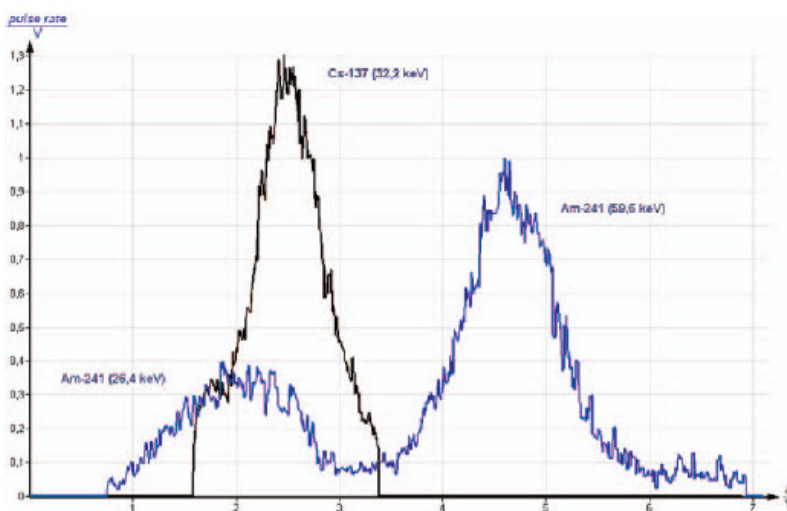
Postup měření:

- 1) Proveďte třibodovou kalibraci spektrometru záření gama v rozsahu nízkých energií užitím zdrojů záření ^{137}Cs ($E_1 = 32,2 \text{ keV}$) a ^{241}Am ($E_2 = 26,4 \text{ keV}$, $E_3 = 59,6 \text{ keV}$). Umístěte zdroj ^{137}Cs přímo před detektor, zdroj ^{241}Am přibližně do vzdálenosti 18 cm od detektoru pro dosažení srovnatelných intenzit spektrálních linií – viz Obr. 2.
- 2) Změřte spektra rentgenovské fluorescence K_α pro různé chemické prvky a na základě kalibrace stanovte příslušné hodnoty energií v jednotkách keV. Vezměte ^{241}Am jako zdroj budicího záření. Zajistěte co nejlepší odstínění detektoru od zdroje budicího záření.

- 3) Vyneste graf závislosti energie K_{α} fotonů charakteristického RTG záření na veličině $(Z-1)^2$. Proveďte lineární regresi a na základě směrnice regresní přímky stanovte hodnotu Rydbergovy konstanty R_{∞} .



Obr. 1. Závislost energie K_{α} fotonů charakteristického RTG záření na veličině $(Z-1)^2$, proložená přímkou.



Obr. 2. Kalibrační spektra získaná užitím zdrojů záření gama ^{137}Cs a ^{241}Am .