

3

# Stanovení účinnosti $\gamma$ -spektrometru

## Úkol

1. Proveďte energetickou kalibraci spektrometru pomocí radioaktivního zářiče  $^{226}\text{Ra}$ .
2. V daném experimentálním uspořádání určete totální účinnost detektoru pro záření o energii 662 keV (zářič  $^{137}\text{Cs}$ ).
3. Pomocí radioaktivních zářičů  $^{133}\text{Ba}$ ,  $^{152}\text{Eu}$  a  $^{137}\text{Cs}$  určete píkovou účinnost detektoru v závislosti na energii.
4. Určete absolutní aktivitu vzorku pocházejícího z pouště, na níž byl proveden první jaderný výbuch (Trinity Site v Novém Mexiku).<sup>1</sup>
5. Určete relativní (absolutní) intenzity nejsilnějších přechodů při rozpadu jádra  $^{226}\text{Ra}$ .
6. Úkoly 2. a 3. zopakujte při vložení asi 2mm olova mezi zářič a detektor - nepovinné (závisí na čase).

## Motivace

Ve většině experimentů, při nichž měříme  $\gamma$ -záření, potřebujeme stanovit nejen energii tohoto záření, ale i relativní, případně absolutní intenzity fotonů s danou energií. Jelikož účinné průřezy interakce fotonů s látkou závisí na energii dopadajícího záření, je i účinnost detektoru funkcí energie. Pro určení intenzity záření je tedy nutné znát závislost píkové efektivity detektoru (v našem případě polovodičového) na energii dopadajícího záření.

Absolutní účinnost detektoru závisí na

- vlastnostech detektoru – jeho velikosti, tvaru, materiálu z něhož je detektor vyroben a nemůžeme ji jako uživatelé přímo ovlivnit
- geometrii experimentu, již ovlivnit můžeme

Relativní účinnost je dána pouze prvním z těchto bodů a změnou geometrie ji ovlivnit prakticky nemůžeme.

## Stanovení účinnosti detektoru

Stanovení závislosti píkové účinnosti na energii lze provést, známe-li vzájemné relativní intenzity fotonů o několika různých energiích. Známe-li intenzity absolutní, lze provést i “absolutní” kalibraci. U většiny zářičů používaných v praxi jsou absolutní intenzity jednotlivých přechodů známy. Pomocí třech zářičů –  $^{133}\text{Ba}$ ,  $^{152}\text{Eu}$  a  $^{137}\text{Cs}$  – také provedeme účinnostní kalibraci spektrometru, jehož záhladem je polovodičový detektor, v energetickém rozsahu přibližně 100 – 1500 keV.

Při vlastní účinnostní kalibraci bychom měli vzít v úvahu některé “parazitní” efekty, které působí na plochu píku odpovídajícímu měřenému  $\gamma$ -záření. Konkrétně by se měli korektně započítat.

- *sumační efekty*, kdy do píku, který analyzujeme přispívají namísto jednoho přechodu takové dva přechody, jejichž součet energií je roven energii sledovaného přechodu.

<sup>1</sup> Vzorek z Trinity Site byl věnován doc. Jiřím Podolským.

- tzv. "veta", to jest současná detekce více  $\gamma$  kvant pocházejících z jednoho radioaktivního rozpadu. Tento proces je následkem toho, že doba života excitovaných stavů populovaných při radioaktivním rozpadu je velice krátká ( $\lesssim 10^{-8}$  s) – menší než časová rozlišovací schopnost detektoru (asi  $10^{-6}$  s).

Tyto efekty se dají velice přesně spočítat, známe-li totální a píkovou účinnost detektoru a rozpadové schéma zářiče. Pokuste se v rámci zpracování vliv těchto jevů alespoň odhadnout.

Dalším efektem ovlivňujícím plochu píku je samoabsorpce záření ve vzorku. Samoabsorpce je opět závislá na energii záření a může se projevit zejména u zářičů s velkým protonovým číslem  $Z$  (vysvětlete) a poměrně velkým objemem, což ovšem není náš případ.

## Poznámky k měření

Po provedení energetické kalibrace změřte nejprve pozadí (1200 s) a poté postupně (každý samostatně) všechny zářiče (1000 s). Při výpočtu totální účinnosti nezapomeňte odečíst pozadí.

Píkovou účinnost  $\eta$  můžete, pokud znáte počet emitovaných  $\gamma$  kvant, určit ze všech naměřených bodů najednou.

Závislosti, kterými se obvykle prokládají účinnosti detektoru jsou:

$$\log \eta = \sum_{i=0}^k a_i (\log E_\gamma)^i \quad (1)$$

případně

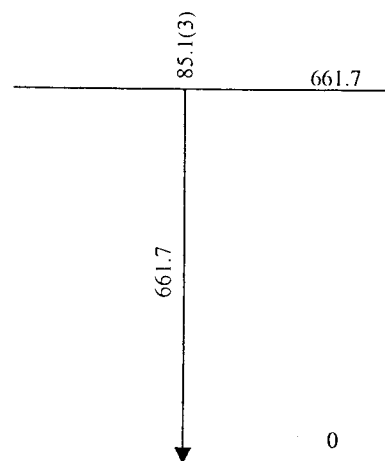
$$\eta = \sum_{i=0}^k \frac{a_i}{E_\gamma^i} \quad (2)$$

kde  $a_i$  jsou neznámé koeficienty. Program, pomocí kterého proložíte tyto závislosti naměřenými daty je k dispozici u úlohy.

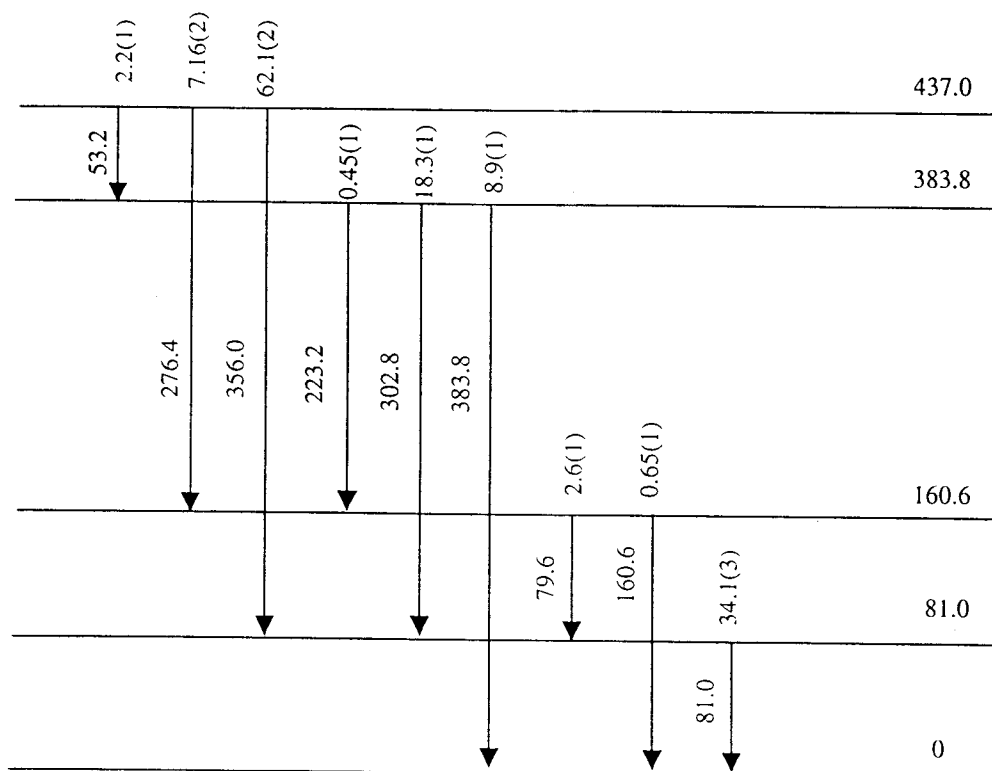
Zářič  $^{133}\text{Ba}$  se rozpadá ve 100% případů ( $\beta^+$ ) na  $^{133}\text{Cs}$ , zářič  $^{137}\text{Cs}$  také ve 100% případů ( $\beta^-$ ) na  $^{137}\text{Ba}$  a zářič  $^{152}\text{Eu}$  se rozpadá v 72% případů K-záchytem na  $^{152}\text{Sm}$  a ve zbylém počtu případů ( $\beta^-$ ) na  $^{152}\text{Gd}$ . Intenzity jednotlivých  $\gamma$  přechodů na 100  $\beta$  rozpadů jsou uvedeny v příložených rozpadových schématech.

zářič	$T_{1/2}$ [y]
$^{133}\text{Ba}$	10.74
$^{137}\text{Cs}$	30.17
$^{152}\text{Eu}$	13.33

Tabulka 1: Poločasy rozpadu používaných radioaktivních zářičů

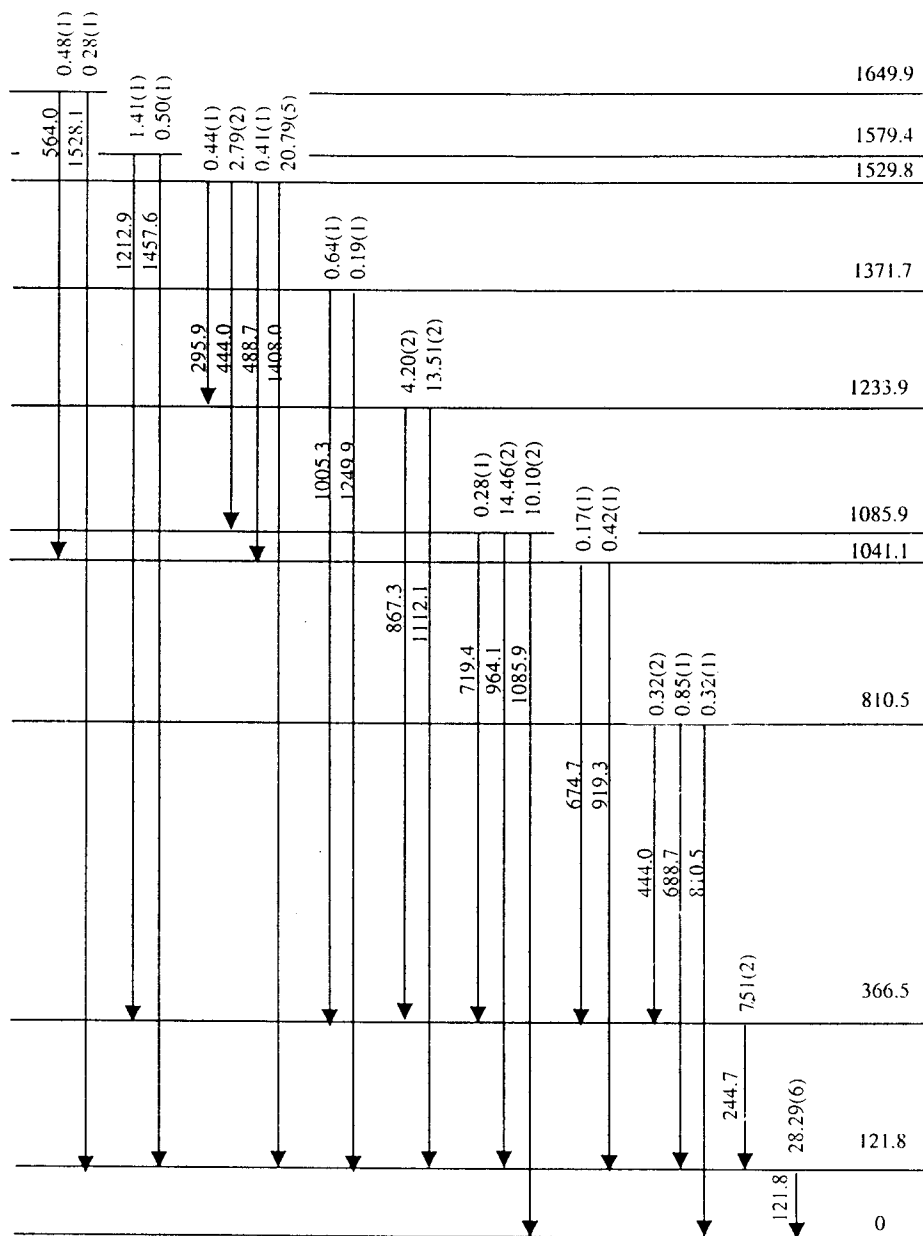


Obrázek 1: Rozpadové schéma  $^{133}\text{Ba}$ .



Obrázek 2: Rozpadové schéma  $^{137}\text{Cs}$ . U přechodu je uvedena jeho energie v keV (po pravé straně šipky) a intenzita na 100  $\beta$  rozpadů.

Obrázek 3: Rozpadové schéma  $^{152}\text{Eu}$ .



Obrázek 4: Rozpadové schéma  $^{152}\text{Sm}$ .

