

31. Identifikácia nuklidov v dvojkomponentnej zmesi

1. Všeobecná časť

Metóda aktivácie sa často používa na analýzu množstva rôznych prvkov v zlúčeninách. Pri ožarovaní zlúčenín pomalými neutrónmi obyčajne vzniká viac rádioaktívnych nuklidov. Táto skutočnosť sťažuje meranie najmä vtedy, keď objektom skúmania je iba jeden z nuklidov. Vzhľadom na rôzne hodnoty účinných prierezov absorpcie neutrónov, σ , pre rôzne nuklidy môžeme vhodnou voľbou doby ožarovania vzorky viac alebo menej znížiť nežiadúci vplyv iných rádionuklidov.

V tomto laboratórnom cvičení rozoberieme prípad dvojkomponentnej zmesi. Nech skúmaná vzorka obsahuje dva stabilné nuklidy X a Y, ktorých atómové hmotnosti a hmotnostné koncentrácie sú $M_A(X)$, $M_A(Y)$, a $K(X)$, $K(Y)$. Predpokladajme, že pri ožarovaní neutrónmi každý z prvkov dáva iba jeden rádioaktívny nuklid X' a Y' . Účinný prierez absorpcie neutrónov nuklidmi X a Y označíme σ_X a σ_Y . Maximálna aktivita (aktivita nasýtenia, saturovaná aktivita) rádionuklidov bude $A_s(X')$ a $A_s(Y')$ a polčasy premeny rádionuklidov sú $T_{1/2}(X')$ a $T_{1/2}(Y')$. Pri ožarovaní počas doby t aktivita rádionuklidov bude:

$$A(X')_t = A_s(X') \left(1 - e^{-\frac{0.693}{T_{1/2}(X')}t} \right) \quad A(Y')_t = A_s(Y') \left(1 - e^{-\frac{0.693}{T_{1/2}(Y')}t} \right) \quad (31.1)$$

Po ukončení ožarovania bude aktivita vzoriek klesať. Jej hodnota v čase t_1 od skončenia ožarovania bude:

$$A(X')_{t_1} = A_s(X') e^{-\frac{0.693}{T_{1/2}(X')}t_1} \quad A(Y')_{t_1} = A_s(Y') e^{-\frac{0.693}{T_{1/2}(Y')}t_1} \quad (31.2)$$

Rádionuklidy X' a Y' identifikujeme tak, že určíme ich doby polpremeny. Ak chceme identifikovať rádionuklid X' , volíme čas ožarovania a čas merania tak, aby vplyv rádionuklidu Y' bol čo najmenší. Za tým účelom urobíme analýzu vzťahov (31.1) a (31.2). V praxi sa môžeme stretnúť s týmito prípadmi:

1. $A_s(X') > A_s(Y')$	$T_{1/2}(X') > T_{1/2}(Y')$	
2. $A_s(X') > A_s(Y')$	$T_{1/2}(X') < T_{1/2}(Y')$	
3. $A_s(X') < A_s(Y')$	$T_{1/2}(X') > T_{1/2}(Y')$	(31.3)
4. $A_s(X') < A_s(Y')$	$T_{1/2}(X') < T_{1/2}(Y')$	

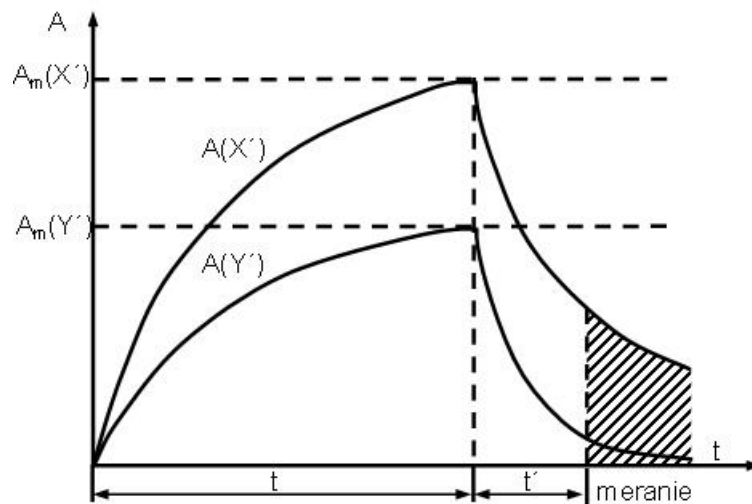
V prípade 4 rozlišujeme 4a, keď:

$$\frac{A_s(X')}{T_{1/2}(X')} > \frac{A_s(Y')}{T_{1/2}(Y')} \quad (31.4)$$

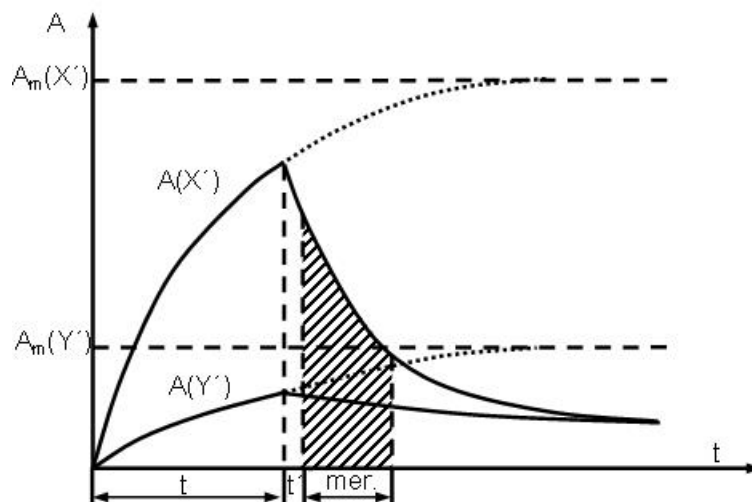
a 4b, keď:

$$\frac{A_s(X')}{T_{1/2}(X')} < \frac{A_s(Y')}{T_{1/2}(Y')} \quad (31.5)$$

Priebeh závislostí (31.1) a (31.2) zodpovedajúci týmto prípadom je uvedený na obrázkoch 31.1, 31.2, 31.3, 31.4, 31.5.



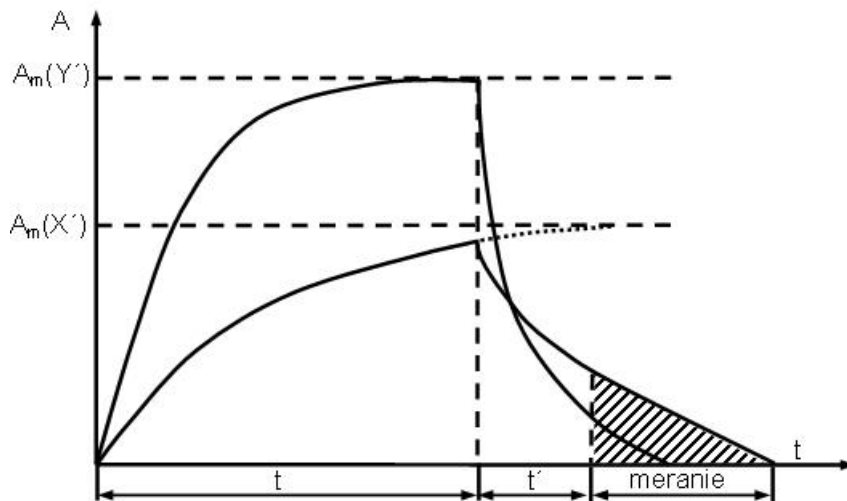
Obr. 31.1: Krivky aktivácie a rádioaktívnej premeny pre prípad: $A_s(X') > A_s(Y')$, $T_{1/2}(X') > T_{1/2}(Y')$.



Obr. 31.2: Krivky aktivácie a rádioaktívnej premeny pre prípad: $A_s(X') > A_s(Y')$, $T_{1/2}(X') < T_{1/2}(Y')$.

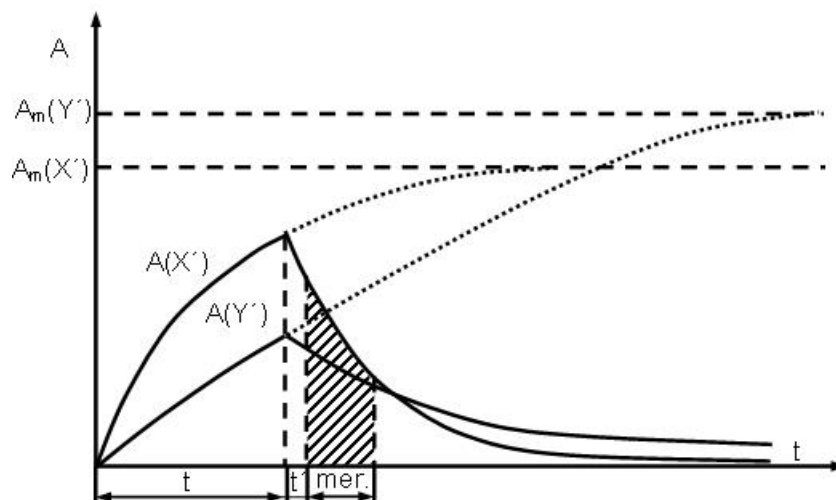
V prvom prípade (obr. 31.1), najpriateľnejšie podmienky na registráciu rádionuklidu X' sú vtedy, keď ožarovanie vzorky trvá dostatočne dlho ($t \geq 4T_{1/2}(X')$) a meriame po uplynutí určitého času $t_1 = t'$, keď sa rádionuklid Y' už prakticky rozpadne.

V druhom prípade (obr. 31.2), najvýhodnejší pomer aktivít pre identifikáciu rádionuklidu X' dostaneme pri krátkom ožarovaní vzorky ($t < T_{1/2}(X')$) a meriame čo najskôr po ukončení ožarovania.



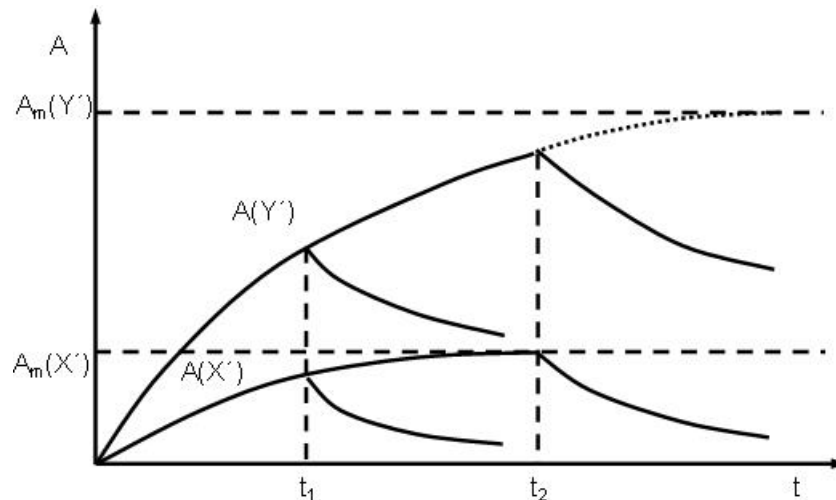
Obr. 31.3: Krivky aktivácie a rádioaktívnej premeny pre prípad: $A_s(X') < A_s(Y')$, $T_{1/2}(X') > T_{1/2}(Y')$.

V treťom prípade (obr. 31.3), čas ožarovania vzorky je $t \geq 4T_{1/2}(X')$ a meranie je treba začať po čase $t_1 = t'$, aby bol malý vplyv rádionuklidu Y' .



Obr. 31.4: Krivky aktivácie a rádioaktívnej premeny pre prípad: $\frac{A_s(X')}{T_{1/2}(X')} > \frac{A_s(Y')}{T_{1/2}(Y')}$.

V prípade 4a (obr. 31.4) je výhodné voliť krátky čas ožarovania vzorky a meranie začať čo najskôr po ožarovaní.



Obr. 31.5: Krivky aktivácie a rádioaktívnej premeny pre prípad: $\frac{A_s(X')}{T_{1/2}(X')} < \frac{A_s(Y')}{T_{1/2}(Y')}$.

V prípade 4b (obr. 31.5) nie je možné nájsť také podmienky ožarovania a merania, aby bol vplyv rádionuklidu Y' vylúčený.

V neutrónovej aktivačnej analýze sa často používa tzv. makroskopický účinný prierez aktivácie, Σ_{akt} , ktorý sa uvádza v tabuľkách. Má rozmer m^2/kg . Takto udávaný makroskopický účinný prierez aktivácie už zahrňuje aj percentuálne zastúpenie izotopu v prírodnej zmesi prvkov.

2. Zadanie a postup merania

- 1) V tejto úlohe vzorka obsahuje zmes stabilných nuklidov ^{55}Mn a ^{51}V vo forme zlúčenín MnO_2 a V_2O_5 . Úloha spočíva v tom, aby ste vhodnou voľbou doby ožarovania a začiatku merania dokázali identifikovať v zmesi rádioaktívny nuklid ^{56}Mn a vylúčiť vplyv rádionuklidu ^{52}V a opačne. Čas ožarovania a začiatok merania stanovíte pomocou už uvedenej analýzy a týchto známych charakteristík:

$$T_{1/2}(^{56}Mn) = 2,5789 \text{ h} \quad \sigma(^{55}Mn) = 13,3 \cdot 10^{-24} \text{ cm}^2$$

$$T_{1/2}(^{52}V) = 3,743 \text{ min} \quad \sigma(^{51}V) = 4,9 \cdot 10^{-24} \text{ cm}^2$$

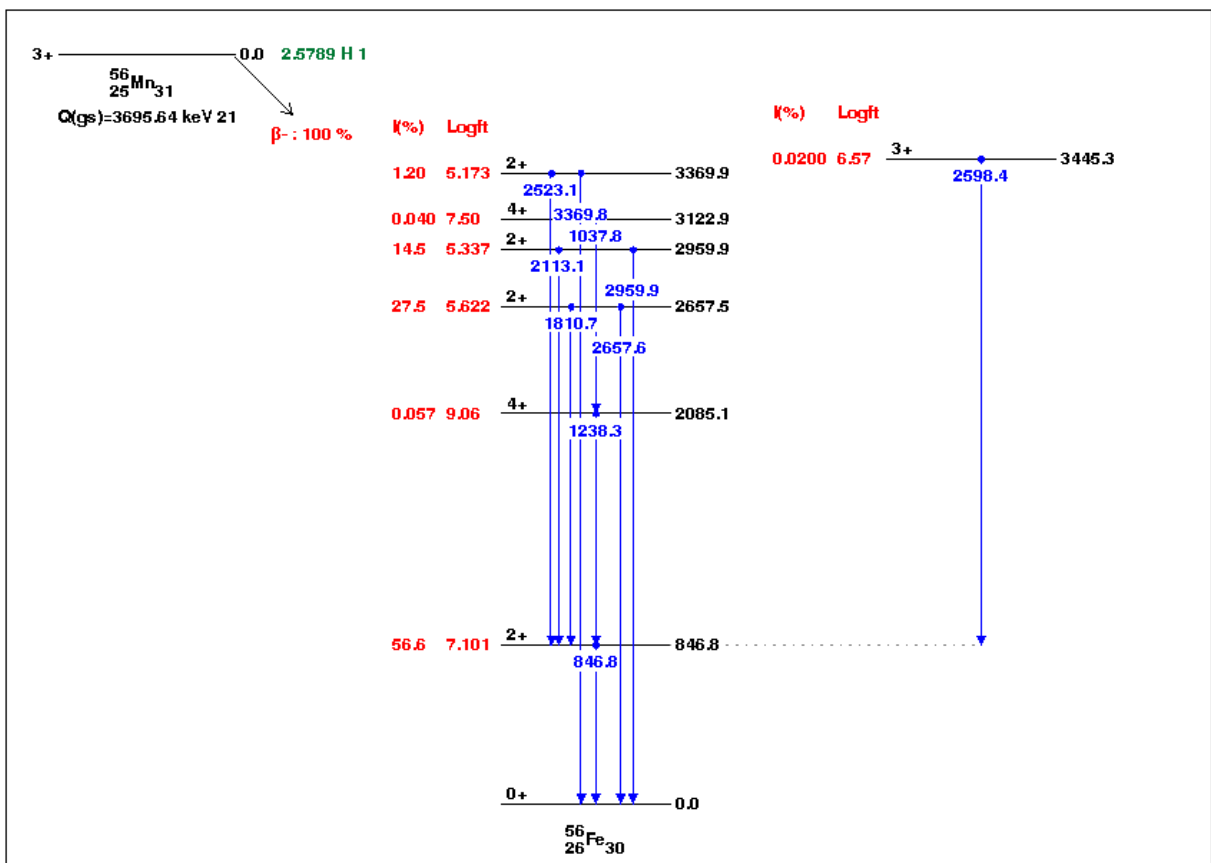
Rozpadové schémy obidvoch indukovaných rádionuklidov sú uvedené na obrázkoch 31.6 a 31.7.

2) Pretože neutrónový tok je počas ožarovania vzoriek konštantný, podiel maximálnych (saturovaných) aktivít vieme určiť presne:

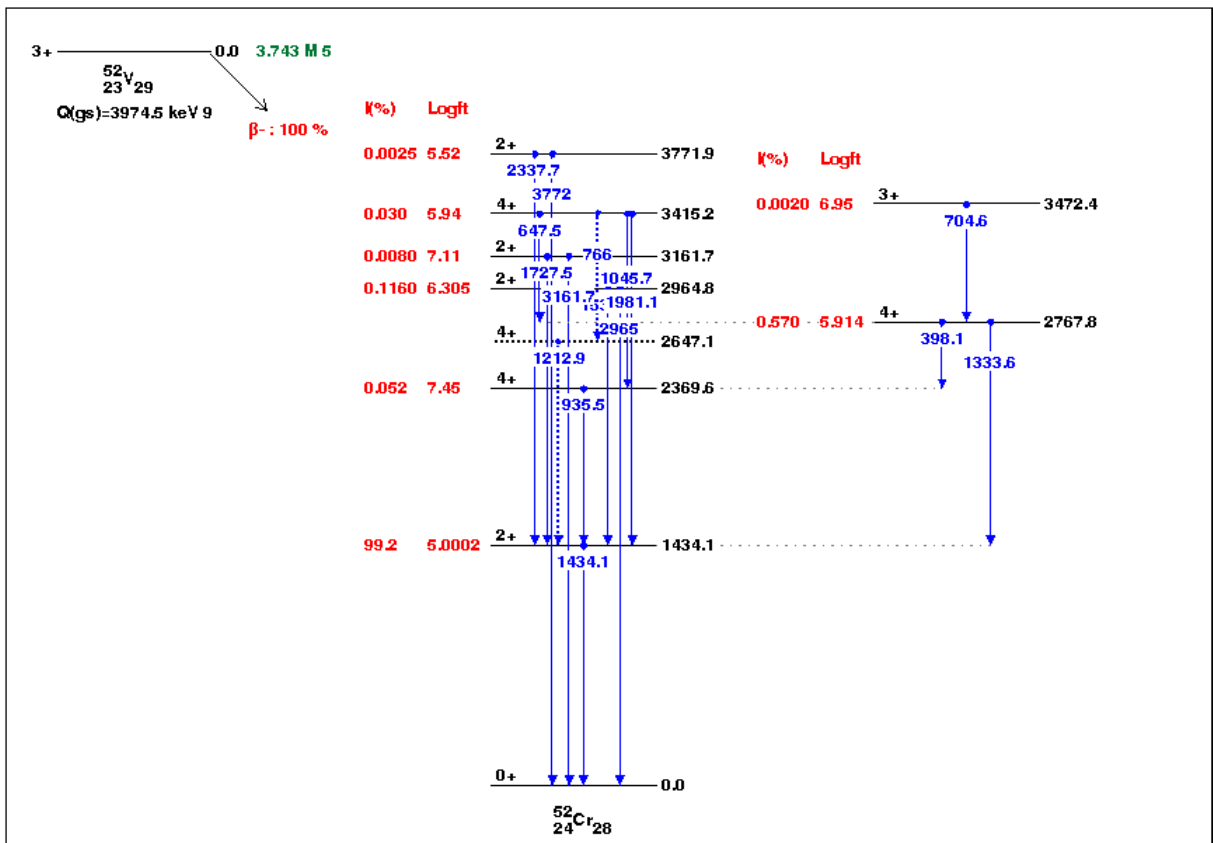
$$\frac{A_s(^{56}\text{Mn})}{A_s(^{52}\text{V})} = \frac{\sigma(^{55}\text{Mn})M(^{51}\text{V})K(^{51}\text{Mn})}{\sigma(^{51}\text{V})M(^{55}\text{Mn})K(^{51}\text{V})} \quad (31.6)$$

kde K je koncentrácia nuklidu a M je hmotnostné číslo.

3) Stanovte polčas premeny rádionuklidov ^{56}Mn a ^{52}V a porovnajte s tabuľkovými hodnotami. Vypočítajte neistotu nameraných výsledkov.



Obr. 31.6: Rozpadová schéma rádionuklidu ^{56}Mn .



Obr. 31.7: Rozpadová schéma rádionuklidu ^{52}V .