

Datum: 12.5.2005

Vypracoval: Tomáš Henych

Název: Aktivace a poločas přeměny krátkodobého radionuklidu

Úkol:

1. Určete četnost pozadí vzorku.
2. Aktivujte vzorek radionuklidu.
3. Změřte složenou přeměnovou křivku aktivovaného vzorku.
4. Určete poločasy rozpadu vzorků a porovnejte s tabelovanými hodnotami.

Teorie úlohy:

Poločas přeměny (rozpadu) je základní konstantou charakterizující každý radionuklid. U krátkodobých radionuklidů se k jeho stanovení užívá metody měření přeměnové (rozpadové) křivky. Poločas se určuje graficky na základě zákona rychlosti radioaktivní přeměny:

$$A_t = A_0 e^{-\lambda t}$$

kde A_0 je počáteční aktivita, A_t je aktivita v čase t , λ je rozpadová konstanta.

Pokud jsou v průběhu měření zachovány stejné podmínky geometrického uspořádání, lze v předchozím vztahu místo aktivity užít počtu naměřených impulzů (N), protože tato veličina je aktivitě úměrná. Rozpadovou konstantu λ určíme z rovnice: $\ln N = -\lambda t + konst$ jako směrnici funkční závislosti $\ln N = f(t)$.

Je-li přítomen jen jeden radionuklid v radiochemickém čistém stavu, je tato závislost přímková se směrnici $-\lambda$. Pro poločas rozpadu (radioaktivní přeměny) $T_{1/2}$ platí: $T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$.

Srovnáním nalezených poločasů rozpadu s tabelovanými údaji ověřujeme identitu radionuklidu a z přímkového průběhu $\ln N = f(t)$ čistotu preparátu. Přítomnost radiochemické nečistoty, tj. přítomnost jiných radionuklidů se projeví zakřivením této závislosti nebo zvýšeným pozadím.

Aktivace

Aktivací rozumíme vznik radioaktivního nuklidu jadernou reakcí. Radionuklid vzniká určitou rychlostí (danou tokem aktivujících částic, počtem terčových atomů a účinným průřezem jaderné reakce) a současně se přeměňuje na jiný nuklid rychlostí danou jeho přeměnovou (rozpadovou) konstantou λ . Rovnováhy mezi těmito dvěma procesy je dosaženo, je-li terčový materiál ozařován (neutrony) po dobu přibližně deseti poločasů rozpadu ($10 T_{1/2}$) nově vznikajícího radionuklidu.

*Postup při aktivaci stříbra**1. Určení četnosti pozadí vzorku stříbra*

Nádobka z plexiskla se vzorkem kovového stříbra (6,65 g) je našroubovaná na držáku z plexiskla. Umístíme ji i s držákem do dutinového scintilačního krystalu NaI (Tl) a změříme četnost pozadí vzorku ($t_p = 400$ s). Výsledek přepočteme na interval 6 s (hodnota N_{p6}).

2. Aktivace vzorku stříbra

Držák se vzorkem vložíme na 25 min do dutiny neutronového zdroje (ozařujeme do vzniku nasycené aktivity).

3. Příprava čítače pulzů

Před ukončením aktivace vzorku stříbra nastavíme na čítači režim automatického opakování měření s intervalem 6 s. Hodnoty klesající četnosti budeme vždy po 6 sekundách zapisovat.

4. Měření složené přeměnové křivky aktivovaného vzorku

Po skončení ozařování neutrony přeneseme držák s aktivovaným vzorkem stříbra co nejrychleji do scintilačního detektoru čítače pulzů a začneme měřit přeměnovou (rozpadovou) křivku.

Zaznamenejme asi 40 hodnot vždy po 6 s.

Vyhodnocení složené přeměnové křivky

Vyhodnocování složené přeměnové křivky začíná tím, že opravíme naměřené údaje přeměnové křivky N_{v+p} o četnost pozadí na hodnotu N_v . Následujícím krokem je vynesení závislosti

$\ln N = f(t)$. Pravděpodobný průběh složené přeměnové křivky je na *obrázku 1*. Extrapolací

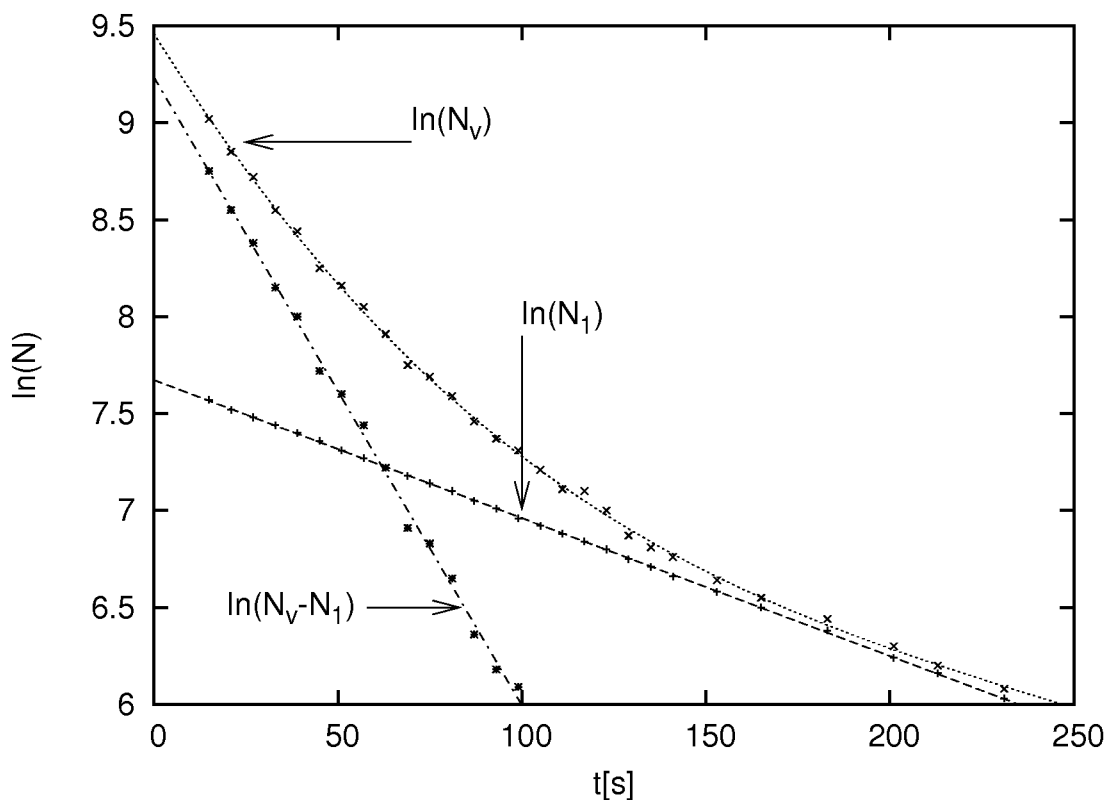
lineární části ($t > 200$ s) složené křivky přeměny získáme hodnoty $\ln N_{1(t_0)}$ a $\ln N_{1(t_1)}$ dlouhodobého nuklidu ^{108}Ag v časovém intervalu ($t_0 = 0$ s) \sim ($t_1 \sim 200$ s). Přeměnovou konstantu λ_1 dlouhodobého nuklidu ^{108}Ag získáme logaritmováním upravené rovnice zákona rychlosti radioaktivní přeměny:

$$N_{1(t_1)} = N_{1(t_0)} e^{-\lambda_1 t_1} \Rightarrow \lambda_1 = \frac{\ln N_{1(t_0)} - \ln N_{1(t_1)}}{t_1}$$

Pro určení poločasu přeměny krátkodobého nuklidu ^{110}Ag vyneseme závislost $\ln(N_v - N_1) = f(t)$ v časovém intervalu ($t_0 = 0$ s) \sim ($t_2 = 100$ s). Logaritmováním upravené rovnice radioaktivní přeměny krátkodobého nuklidu $[N_v - N_1]_{(t_2)} = [N_v - N_1]_{(t_0)} e^{-\lambda_2 t_2}$ určíme přeměnovou konstantu krátkodobého nuklidu ^{110}Ag a jeho poločas přeměny.

Aktivace vanadu

Přírozený vanad je monoizotopický prvek, sestává z izotopu ^{51}V . Budeme aktivovat vzorek oxidu vanadu a změříme přeměnovou křivku vzniklého radionuklidu. Porovnáním stanoveného (změřeného) poločasu přeměny s hodnotami tabelovanými určíme, jaký radionuklid vznikl při aktivaci vanadu. Postup při aktivaci vanadu je stejný jako při aktivaci stříbra. Použijeme předvolbu časových intervalů 20 s a zaznamenejme 20 hodnot. Opět změříme četnost pozadí vzorku a výsledek přepočteme na interval 20 s (hodnota N_{p20}).



Obrázek 1: Předpokládaný průběh složené přeměnové křivky

Výsledky:

$\frac{t}{s}$	$\frac{N_v+p}{imp}$	$\frac{N_v}{imp}$
18	5368	5328
24	4694	4654
30	4173	4133
36	3509	3469
42	3086	3046
48	2622	2582
54	2491	2451
60	2137	2097
66	1941	1901
72	1769	1729
78	1495	1455
84	1466	1426
90	1263	1223
96	1164	1124
102	1099	1059
108	1005	965
114	942	902
120	890	850
126	803	763
132	781	741
138	732	692
144	722	682
150	631	591
156	617	577
162	585	545
168	563	523
174	573	533
180	534	494
186	586	546
192	486	446
198	521	481
204	474	434
210	459	419
216	457	417
222	447	407
228	415	375
234	433	393
240	389	349

Tabulka 1: Aktivace stříbra

$\frac{t}{s}$	$\frac{N_v+p}{imp}$	$\frac{N_v}{imp}$
32	8209	8090
52	7728	7609
72	7226	7107
92	6709	6590
112	6384	6265
132	6025	5906
152	5630	5511
172	5311	5192
192	5073	4954
212	4686	4567
232	4518	4399
252	4204	4085
272	3954	3835
292	3722	3603
312	3531	3412
332	3160	3041
352	3078	2959
372	2993	2874
392	2686	2567
412	2591	2472

Tabulka 2: Aktivace vanadu

$\frac{t}{s}$	$\frac{N_p}{imp}$	$\frac{N_{p6}}{imp}$
400	2677	40

Tabulka 3: Hodnota pozadí pro stříbro

$\frac{t}{s}$	$\frac{N_p}{imp}$	$\frac{N_{p20}}{imp}$
400	2377	119

Tabulka 4: Hodnota pozadí pro vanad

Tabulkové hodnoty poločasů rozpadu	
Produkt	Poločas rozpadu
^{108}Ag	2,4 min
^{110}Ag	24 s
^{48}Sc	1,8 d
^{51}Ti	5,80 min
^{52}V	3,77 min

Tabulka 5

Všechny následující přímkové závislosti mají tento tvar: $\ln N = kt + q$

Dlouhodobý radionuklid ^{108}Ag

$$q = (7,2 \pm 0,3)$$

$$k = (-0,005 \pm 0,002) s^{-1}$$

$$\ln N_{111} = (6,1 \pm 0,3)$$

$$\ln N_{110} = (7,2 \pm 0,3)$$

$$T_{1/2} = (126 \pm 6) s$$

Krátkodobý radionuklid ^{110}Ag

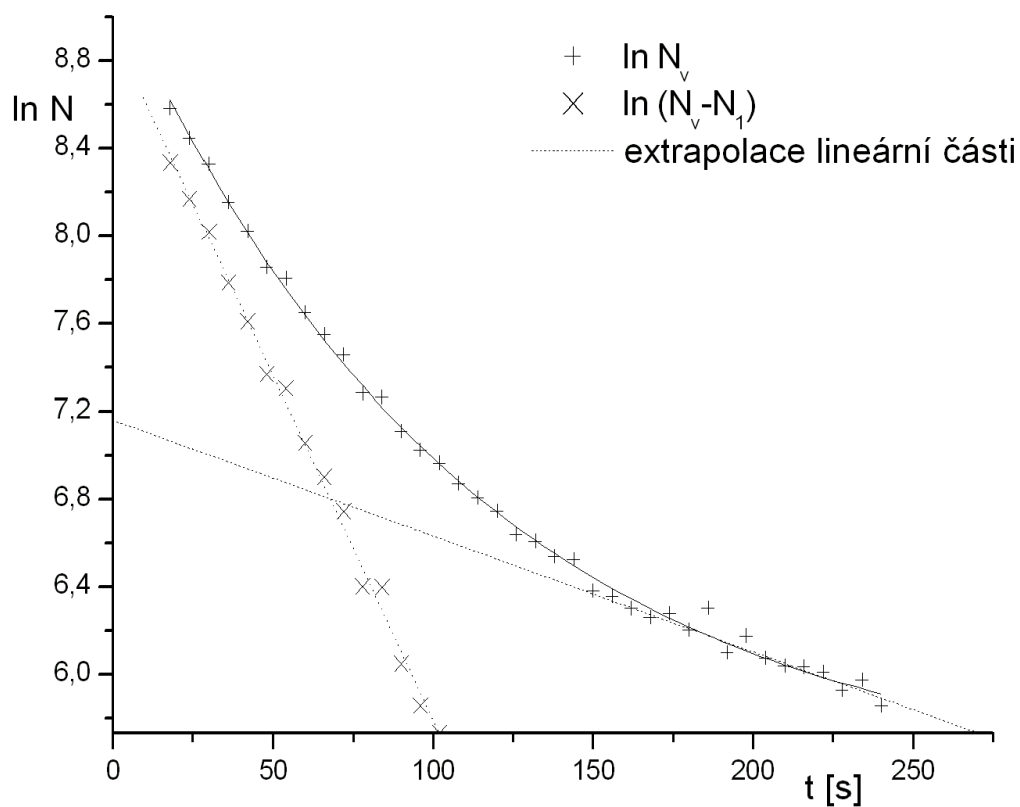
$$q = (8,93 \pm 0,04)$$

$$k = (-0,0314 \pm 0,0006) s^{-1}$$

$$\ln(N_v - \ln N_1)_{12} = (5,79 \pm 0,04)$$

$$\ln(N_v - \ln N_1)_{10} = (8,93 \pm 0,04)$$

$$T_{1/2} = (22 \pm 1) s$$



Graf 1: Složená přeměnová křivka stříbra

Radionuklid ^{51}V

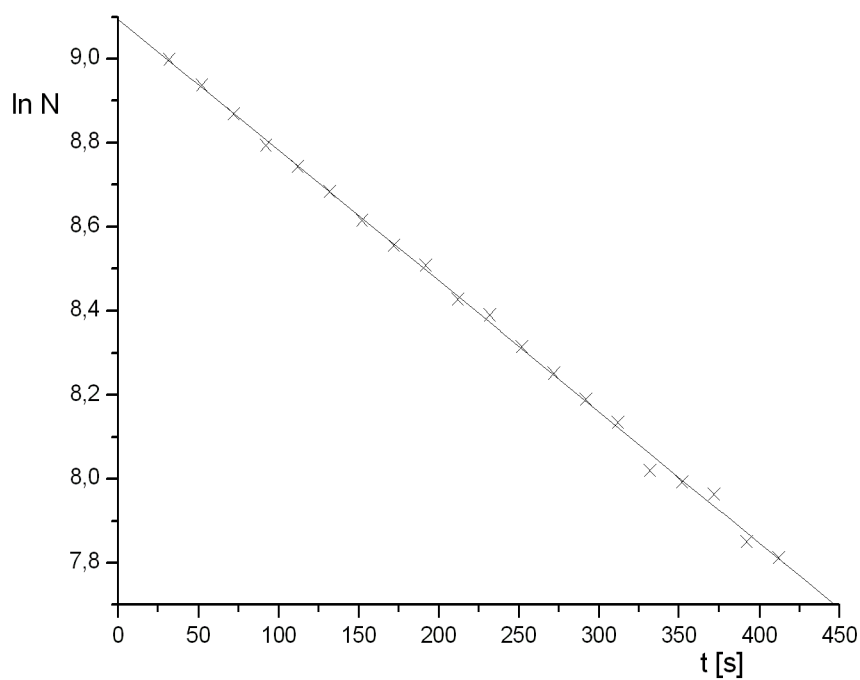
$$q = (9,095 \pm 0,008)$$

$$k = (-0,00312 \pm 0,00003) s^{-1}$$

$$\ln N_{1t0} = (9,095 \pm 0,008)$$

$$\ln N_{1tt} = (7,847 \pm 0,008)$$

$$T_{1/2} = (222 \pm 12) s = (3,7 \pm 0,2) \text{ min}$$



Graf 2: Přeměnová křivka vanadu ^{51}V

Závěr:

Naměřené poločasy se poměrně dobře shodují s tabulkovými hodnotami. Větší odchylka je u dlouhodobého radionuklidu stříbra. Podle poločasu rozpadu změřeného u vanadu a po srovnání s *tabulkou 5* lze soudit, že produktem rozpadu byl ^{52}V .