**Úloha č. 9. Měření poločasu rozpadu**

**Pracovní úkol:**

1. Určete poločas rozpadu 137mBa

γ-záření je produkováno během γ rozpadu, který normálně nastává po jiném radioaktivním rozpadu, jako je α nebo β. Vzniklá dceřiná jádra totiž většinou vznikají v excitovaném stavu, a pak se rozpadají do stavu s nižší energií vyzářením γ-kvanta. Emise γ-záření je většinou téměř okamžitá (cca 10-12s), existují však stavy, které jsou stabilnější (nazýváme je metastabilní excitované stavy) a jejich rozpad trvá alespoň 100 až 1000 krát déle. Jedním z takových stavů je 137mBa s energií 661,7 keV, a poločasem rozpadu 2,55 minuty, který vzniká β rozpadem 137Cs.

|  |
| --- |
|  |
| **Obrázek č. 1.:** 137Cs se rozpadá s poločasem 30,08 let β- rozpadem na 137Ba a to buď do jeho základního stavu (s 5,3% pravděpodobností) nebo do excitovaného stavu s energií 662 keV (94,7%), popř. s energií 284 keV (0,0006%). Excitovaný stav 137Ba s energií 662 keV se rozpadá s poločasem 2,55 minuty do základního stavu 137Ba buď vysláním γ-kvanta, nebo vnitřní konverzí (s pravděpodobností 11%). Vnitřní konverze znamená, že energie jádra je předána elektronu z jedné z vnitřních slupek (K, L, M) elektronového obalu atomu, tj. je vyražen elektron z obalu. Excitovaný stav 137Ba s energií 284 keV se rozpadá do základního stavu vyzářením γ-kvanta. Konverzní elektrony nebyly pozorovány, poločas rozpadu ~10-12 s. |

Aktivita radioaktivního vzorku je počet jader, které se rozpadnou za jednotku času [Bq]. Aktivita vzorku závisí na jeho množství a klesá s časem. Změna počtu nerozpadlých jader *ΔN* je úměrná počtu nerozpadlých jader *N* a času *Δt*, během něhož k rozpadu dochází dle vztahu:

*ΔN = N λ Δt*, (9.1)

kde *λ* je rozpadová konstanta, která typická pro daný izotop. Pro infinitezimálně malé časy lze přepsat rovnici na tvar:

 *dN = N λ dt*, (9.2)

jejímž řešením je:

 $N(t)=N\_{0}e^{-λt}$, (9.3)

kde *N(t)* je počet nerozpadlých jader v čase *t*, *N0* je počet nerozpadlých jader v čase *t = 0*.

Vzhledem k tomu, že aktivita *A* vzorku je úměrná počtu nuklidů, lze rovnici 9.3 přepsat do tvaru:

 $A(t)=A\_{0}e^{-λt}$, (9.4)

kde *A0* je aktivita vzorku na v čase *t = 0*. Aktivitu vzorku lze změřit jako funkci času a rozpadovou konstantu lze určit experimentálně.

Užitečným parametrem při jaderných měřeních je poločas rozpadu, který je definován jako doba, za kterou poklesne aktivita vzorku na polovinu původní hodnoty. Měření poločasu rozpadu neznámého vzorku pomáhá určit identitu vzorku srovnáním s publikovanými hodnotami. Z definice poločasu platí:

 $\frac{1}{2}A\_{0}=A\_{0}e^{-λτ\_{1/2}}$, (9.5)

kde *τ1/2* je poločas rozpadu. Odtud pak platí:

 $τ\_{^{1}/\_{2}}=\frac{ln⁡(2)}{λ}$ (9.6)

**Bezpečnostní pokyny:**

1. Před vstupem do místnosti 02 019 si odložte tašky, kabát apod. do zamykatelných skříněk. V laboratoři je zakázáno konzumovat jakékoliv nápoje a potraviny, žvýkat žvýkačky, kouřit.

2. Po vstupu do laboratoře si oblékněte laboratorní plášť.

3. Zapněte měřák dávkového příkonu Radiagem 2000 a položte do digestoře k levému vnějšímu okraji.

**Postup měření:**

***A) Příprava detektoru***

4. Ujistěte se, že NaI(Tl) detektor s multikanálovým zesilovačem Osprey je připojen k měřícímu počítači (USB kabelem).

5. Spusťte počítač a v počítači spusťte program ProSpect a přihlašte se jako Supervisor.

6. V dolní části okna programu uprostřed vyberte ikonu „Connect to device“, vyberte NaI Osprey USB (k 1.10.2016 s IP adresou 10.0.1.4) a připojte detektor (zmáčkněte „Connect“).

7. Ze záložek v levé části okna vyberte „Acquisition“ a nastavte (klikněte na ikonku tužky /Edit Acquisition Settings/) hodnoty dle Tabulky 9.1. Podobně nastavte hodnoty zisku a filtrování (ikona tužky /Edit Gain/) v záložce „MCA settings“.

**Tabulka 9.1**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Parametr** | **Nastavení** | **Záložka** |
| Acquisition mode | MCS | Acquisition |
| Dwell | 20 s | Acquisition |
| Preset Options | Sweeps | Acquisition |
| Preset Limit | 1 | Acquisition |
| Discriminator mode | MCS Fast Discriminator | Acquisition |
| MCS conversion gain | 256 | MCA settings |
| LLD mode | Automatic | MCA settings |
| LLD % | 0,1 | MCA settings |
| Polarity | Negative | MCA settings |
| ULD % | 100,0 | MCA settings |
| BLR mode | Automatic | MCA settings |
| Fast disc shape | Normal | MCA settings |
| Fast disc mode | Automatic | MCA settings |
| Manual fast disc | 1.0 | MCA settings |
| Rise time | 1.0 | MCA settings |
| Flap top | 1.0 | MCA settings |
| PUR Guard | 1.1 | MCA settings |
| Conversion gain | 2048 | MCA settings |

8. V záložce „Detector“ nastavte napětí na 850 V (ikona tužky /Edit High Voltage/) a zaškrtněte políčko „On“. Počkejte, až napětí na detektoru skutečně dosáhne 850 V („Reading (V)“).

9. Navlékněte si latexové rukavice a vyžádejte si od vedoucího generátor isotopu 137Ba.

***B) Eluce 137Ba***

10. Na dno fotografické misky vložte buničinu. S izotopovým generátorem pracujte a otvírejte jej pouze ve/nad fotografickou miskou, která je umístěna v digestoři.

11. Do misky položte planžetu. Do injekční stříkačky nasajte eluční roztok. (cca 1ml) Odzátkujte horní i dolní otvor kolony generátoru.

12. Do horního otvoru kolony generátoru vložte ústí stříkačky a vtlačte stříkačkou takové množství elučního roztoku, aby dolním otvorem odkapalo cca 7 kapek roztoku na planžetu.

13. Vytáhněte stříkačku z kolony, zazátkujte oba otvory kolony a vyprázdněte zbytek elučního roztoku zpět do lahve.

***C) Nabírání dat***

14. Položte planžetu s izotopem 137Ba několik cm před detektor a neprodleně spusťte nabírání dat (tlačítko „Start“ ve tvaru trojúhelníku).

15. Předejte generátor izotopu 137Ba zpět vedoucímu.

16. Měření vypněte (tlačítko „Stop“ ve tvaru čtverečku) když histogram nabere data do 60. kanálu (tj. po 20 minutách).

17. Uložte data do souboru (zelená ikona „Export data“ v pravém horním rohu okna programu) v adresáři c:\fpr4\<školní rok>\<vaše příjmení>.

18. Odstraňte planžetu s izotopem, vymažte histogram (ikona „Erase“ ve tvaru kruhové šipky) a naberte data pozadí zopakováním postupu z bodů 14, 16 a 17.

19. Vypněte napětí na detektoru. Tj. postupujte dle bodu 8 a odškrtněte políčko „On“. Počkejte, až napětí na detektoru spadne na 6-7 V. Poté můžete vypnout program ProSpect.

20. Požádejte vedoucího, aby digitálním monitorem plošné kontaminace LB124 Scint provedl kontrolu kontaminace fotografické misky, digestoře, oděvu a rukou. Zkontrolujte, že odečetl kumulativní dávku na přístroji Radiagem 2000 a provedl záznam do laboratorního deníku. Vyhoďte rukavice do určené nádoby a vraťte plášť.

**Zpracování dat:**

21. Do MS Excelu nebo jiného tabulkového procesoru načtěte data a odečtěte pozadí. Vyneste závislost počtu pulsů v kanálu na čase do grafu a proložte exponenciální křivkou.

22. Pomocí rovnice 9.4 vypočtěte rozpadovou konstantu a její chybu. Počítejte metodou nejmenších čtverců rovnici tvaru *ln(N(t))=ln(N0)-λt*, kde *ln(N0)* a *λ* jsou fitované parametry. Vypočtené *N0* i s chybou rovněž uveďte a srovnejte s naměřenou hodnotou *N0*.

23. Z rovnice 9.6 vypočtěte poločas rozpadu (a jeho chybu) 137mBa a srovnejte s publikovanými hodnotami.