

Určení množství uranu v neznámém vzorku

Jana Jelínková
Gymnázium Bučovice
Yana.jelinkova@gmail.com

Tereza Kurimaiová
Gymnázium Christiana Dopplera
Kurimaiova@msn.com

Jiří Suchan
Gymnázium Vítězslava Nováka
Ji.suchan@seznam.cz

Jan Vaňourek
Gymnázium Otrokovice
Janvanourek@seznam.cz

Abstrakt

Jedna z možností určení množství uranu ve vzorku je detekce zpožděných neutronů. Vzorek je třeba nejprve ozářit a k tomu jsme využili reaktoru VR-1. Následně jsme detekovali zpožděné neutrony – nejdříve dvou kalibračních vzorků a poté jednoho neznámého. Na základě tohoto měření jsme poměrně přesně určili hmotnost uranu ve zkoumaném vzorku.

1 Úvod

Reaktor VR-1

Jaderný reaktor VR-1 je lehkovodní reaktor bazénového typu s obohaceným uranem. Moderátorem neutronů je lehká demineralizovaná voda, která slouží i jako reflektor, biologické stínění a chladiivo. Odvod tepla z aktivní zóny probíhá přirozenou konvekcí.

Těleso reaktoru VR-1 má tvar osmistěnu, vyrobeného ze stínícího betonu. V tělese reaktoru jsou umístěny dva bazény - nádoby, značené H01 a H02. Obě jsou prakticky shodné, různá je však jejich funkce a tím i jejich vnitřní vybavení. Reaktorová nádoba H01 je určena pro aktivní zónu, nádoba H02 je manipulační. Toto uspořádání bylo zvoleno především z důvodů radiační ochrany a usnadnění některých manipulací. Manipulační nádoba umožňuje plnit řadu funkcí, mimo jiné je vybavena chránilištěm pro odkládání palivových článků a také umožňuje přípravu experimentů. V případě potřeby lze obě nádoby pomocí hradítka

vodotěsně oddělit. To je výhodné zejména při prohlídkách a kontrolách jednotlivých nádob, příp. i při větších úpravách aktivní zóny. ^[3]

Experimentální zařízení DOJIČKA pro detekci zpožděných neutronů



Obr. 1.0: Dojička

2 Teorie a měření

Zpožděné neutrony

Při řetězových štěpných reakcích dochází ke vzniku dvou druhů neutronů – okamžitých a zpožděných. Okamžité neutrony vznikají ihned při rozpadu jádra atomu štěpného materiálu. Zpožděné neutrony (cca 0,7 % v uranu 235) se objevují později, až při rozpadu jader štěpných produktů. Nás budou zajímat pouze neutrony zpožděné.

Nejčastějšími emitory zpožděných neutronů jsou jádra brómu a jódu, vzniklá jako nestabilní produkty štěpení. Do stabilního stavu se mohou dostat vysláním jednoho nebo více neutronů, nebo následným beta rozpadem s vyzářením elektronu. Jelikož k emisi neutronů dochází bezprostředně po rozpadu mateřského jádra, řídí se časové zpoždění, s nímž se tyto emitované neutrony objevují v aktivní zóně, zákony radioaktivního rozpadu mateřských jader.

Přestože je známo nejméně 45 různých mateřských jader, je vhodné (zejména z výpočetních důvodů) všechny zpožděné neutrony rozdělit do 6 skupin, charakterizovaných rozpadovou konstantou mateřských jader λ_i , podílem i -té skupiny zpožděných neutronů β_i vztahených na jeden neutron vzniklý při štěpení a energetickým spektrem. Zpožděné neutrony jsou velmi významné pro provoz a řízení jaderných reaktorů, zejména z hlediska periody reaktoru (doba během níž se změní neutronová hustota a odpovídající výkon e-krát). ^[1]

Číslo skupiny	Poločas rozpadu	Rozpadová konstanta	Relativní výtěžek
1	54,51	0,0127	0,038
2	21,84	0,0317	0,213
3	6	0,115	0,188
4	2,23	0,311	0,407
5	0,496	1,4	0,128
6	0,179	3,87	0,026

Tab. 2.0 Charakteristické vlastnosti zpožděných neutronů pro uran 235 ^[2]

Potřebné vybavení

- Experimentální zařízení pro měření zpožděných neutronů „DOJIČKA“ na reaktoru VR-1
- Vzorky s obsahem štěpného materiálu

Zkoumané materiály

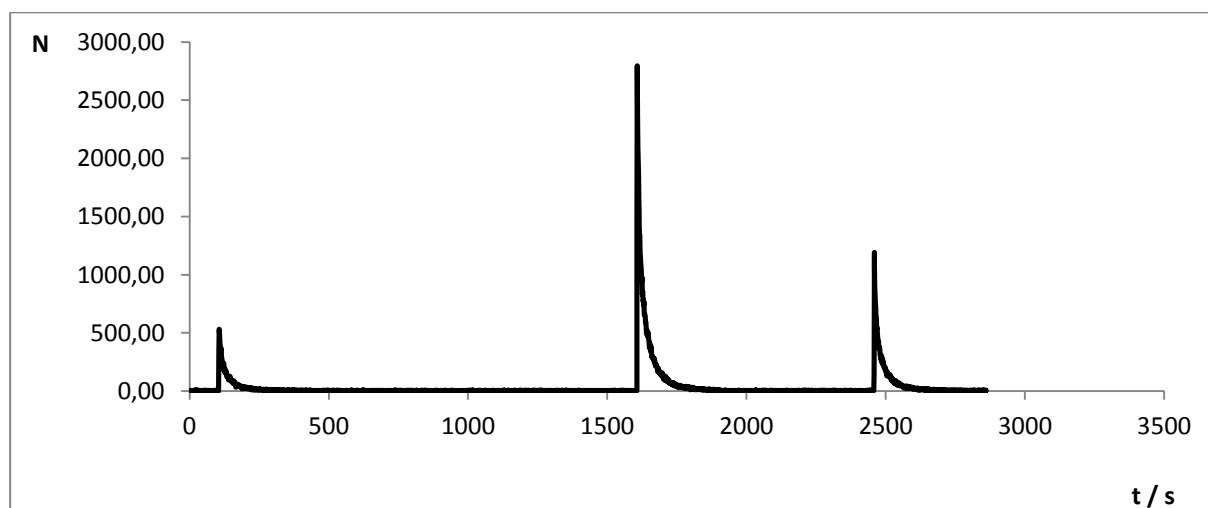
K dispozici jsme měli 3 vzorky uranu 235 ve formě ampulek vyplněných parafinem. Vzorky měly odlišnou hmotnost uranu.

Ozáření vzorků

Vzorky jsme postupně ozářili pomocí zařízení „Dojička“. Nejprve jsme ozářili kalibrační vzorky a poté vzorek neznámý. Jelikož jsme vzorky vkládali do reaktoru na výkonu, bylo nutné provádět zakládání přiměřenou rychlostí, aby nedocházelo k nežádoucímu odstavení reaktoru při nedovolené změně výkonu. Vzorky jsme ozařovali 400 s při výkonu 1E07 neutronů za sekundu. Delší ozařování by výtěžnost zpožděných neutronů nezvýšilo, došlo by však ke zbytečnému zvýšení aktivity vzorku. Ihned po vyjmutí byl vzorek dopraven do měřicího zařízení.

Měření vzorků

Stanovili jsme dobu měření (170 s) s ohledem na ukončení ozařování a dobu rozpadu jednotlivých skupin zpožděných neutronů. Hodnoty z detektorů neutronů jsme odečetli, zapsali do tabulky a vynesli do grafu.



Graf 2.1: Součet počtu neutronů z kanálu 1 a 2 pro všechny 3 vzorky

Pro každý vzorek jsme zprůměrovali součty hodnot z prvního a druhého kanálu za 170 s.

Číslo měření	Hmotnost [g]	Kanál 1	Kanál 2	Průměrný počet neutronů
1,00	0,5	6404,00	6685,00	6544,50
2,00	2,5	29180,00	29632,00	29406,00
3,00	?	12342,00	12585,00	12463,50

Tab. 2.2: Výsledky měření počtu zpožděných neutronů za 170 s.

Počet zpožděných neutronů závisí při nízkých koncentracích uranu ve vzorku na hmotnosti vzorku lineárně. Díky tomu jsme z hodnot prvních dvou známých vzorků vytvořili obecný lineární předpis:

$$y = kx + q$$

$$0,5k + q = 6544,5$$

$$2,5k + q = 29406$$

$$k = 11430,75$$

$$q = 829,155$$

$$y = 11430,75x + 829,155$$

Po dosažení průměrné hodnoty z třetího neznámého vzorku do tohoto předpisu jsme získali hledanou hmotnost:

$$x = 1,018$$

Hmotnost měřeného vzorku uranu je 1,018 g.

3 Shrnutí

Pochopili jsme problematiku zpožděných neutronů a tyto poznatky jsme využili při měření. Naměřená hodnota relativně odpovídá skutečnosti. Chyba byla způsobena měřidly, vlivem prostředí a také lidským faktorem. S výsledkem jsme spokojeni.

Poděkování

Chtěli bychom poděkovat našemu garantovi Ing. Ondřeji Humlovi za skvělé vedení a ochotu. Zároveň chceme poděkovat celé katedře jaderných reaktorů FJFI.

Reference:

- [1] PROF. ING. MATĚJKA, CSC., K.: *Experimentální úlohy na školním reaktoru VR-1* ČVUT, 2005, strana 50 – 54
- [2] http://www.fjfi.cvut.cz/reaktorova_fyzika1/kap313.htm
- [3] <http://reaktorvr1.eu/popis.php>