

# Využití zpožděných neutronů ke stanovení množství štěpného materiálu

J. Valenta<sup>1</sup>, M. Pospíšilová<sup>2</sup>

<sup>1</sup> G Jateční, Ústí nad Labem, valenta.j@gymjat.cz

<sup>2</sup>GFP, Neratovice; pospisilova.misa123@gmail.com

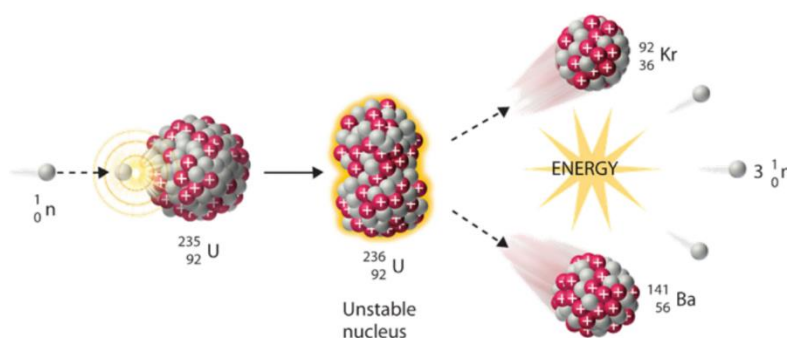
Garant: Pavel Suk; KJR FJFI ČVUT v Praze

## Abstrakt:

Práce se zabývá určením množství štěpného materiálu pomocí zpožděných neutronů, které vznikají rozpadem dceřiných produktů ze štěpení. Měřením, které proběhlo na školním reaktoru VR-1, bylo určeno množství uranu na 2,0748 g.

## 1 Úvod

Při štěpných reakcích v jaderném reaktoru VR-1 vznikají při štěpení U-235 (viz Obrázek č. 1) 2-3 neutrony a 2 dceřiné produkty. Většina neutronů, které zde vznikají, jsou neutrony okamžité, kterých je cca 99 % a vznikají do  $10^{-13}$  s od štěpení. V reaktoru vznikají i zpožděné neutrony, kterých je pod 1 % a vznikají v řádech do několika desítek sekund po rozštěpení U.



Obrázek 1

$$N_U^{fis} = t * \phi * N_U * \sigma_f$$

$N_U^{fis}$  je hustota rozštěpených atomů

$\sigma_f$  je mikroskopický účinný průřez pro štěpení (konstanta)

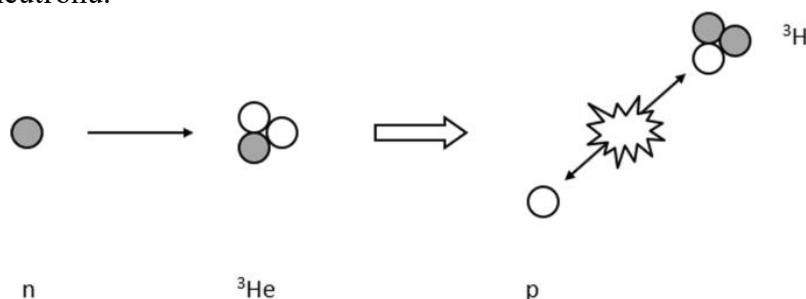
$t$  je doba ozařování (konstantní)

$N_U$  je hustota počtu částic

$\phi$  je hustota toku neutronů (konstantní)

Tím pádem ze vzorce vyplývá, že je mezi  $N_U$  a  $N_U^{FIS}$  za těchto předpokladů přímá úměra.

Na detekci neutronu byl použit polyethylenový box a detektor neutronů fungující na bázi  $^3\text{He}$ . Neutron nemá náboj, a tudíž se nedá napřímo detekovat. Reaguje s  $^3\text{He}$ , přičemž vzniká proton a  $^3\text{H}$  (viz Obrázek č. 2). Díky tomu jsme mohli změřit počet protonů, které jsou kladně nabitě, a tudíž i detekovatelné. Protony jsou přeměněné v přímé úměře s neutrony a tím jsme změřili počet neutronů.



Obrázek 2

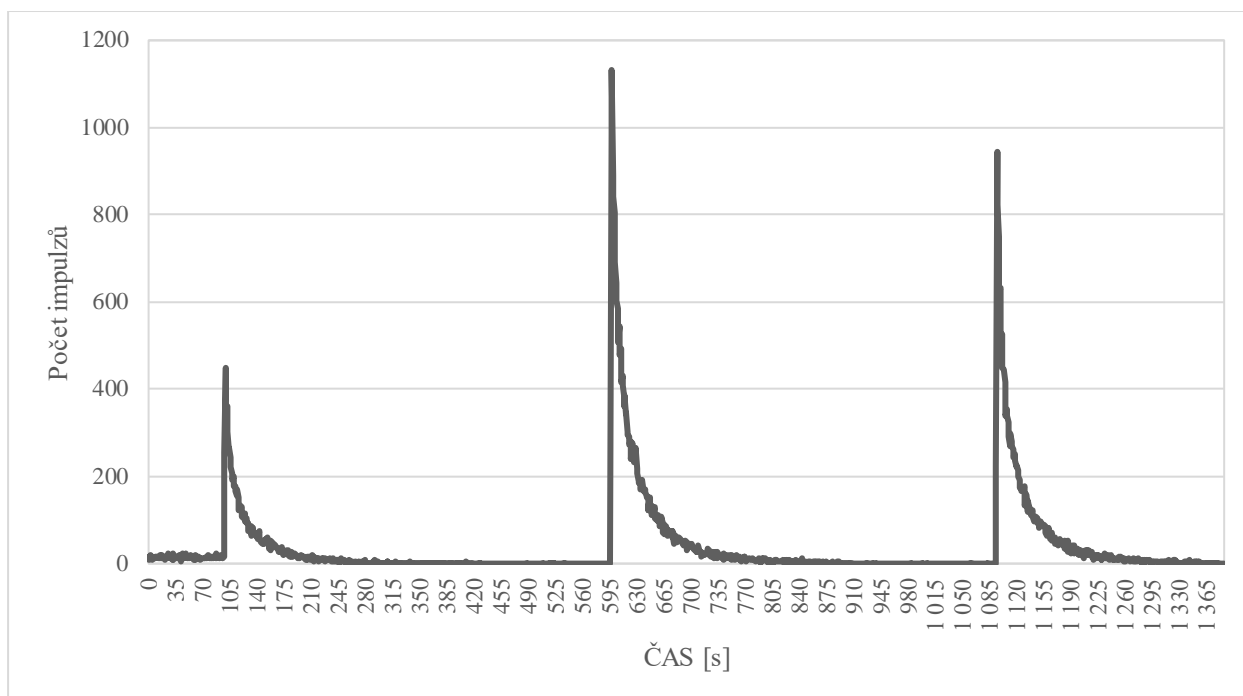
## 2 Praktická část

Školní reaktor VR-1 byl uveden do kritického stavu na výkon  $1\text{E}7$ . Vzorek č. 1 byl poslán potrubní poštou do centra aktivní zóny, kde byl ozařován 400 sekund. Vzorek byl následně vložen do polyethylenového boxu s detektorem fungujícím na bázi  $^3\text{He}$ , v němž byla změřena emise zpožděných neutronů. Poté byly výsledky vyčteny z počítače a zaznamenány. Mezitím se stejný proces opakoval se vzorkem č. 2 a následně se vzorkem č. 3. Výsledky měření jsou uvedené v Tabulce č. 1.

Vzorek uranu s přírodním obohacením	Hmotnost vzorku [g]	Počet neutronů za 120 s
č. 1	1	8 576
č. 2	2,5	21 936
č. 3	neznámá	18 149

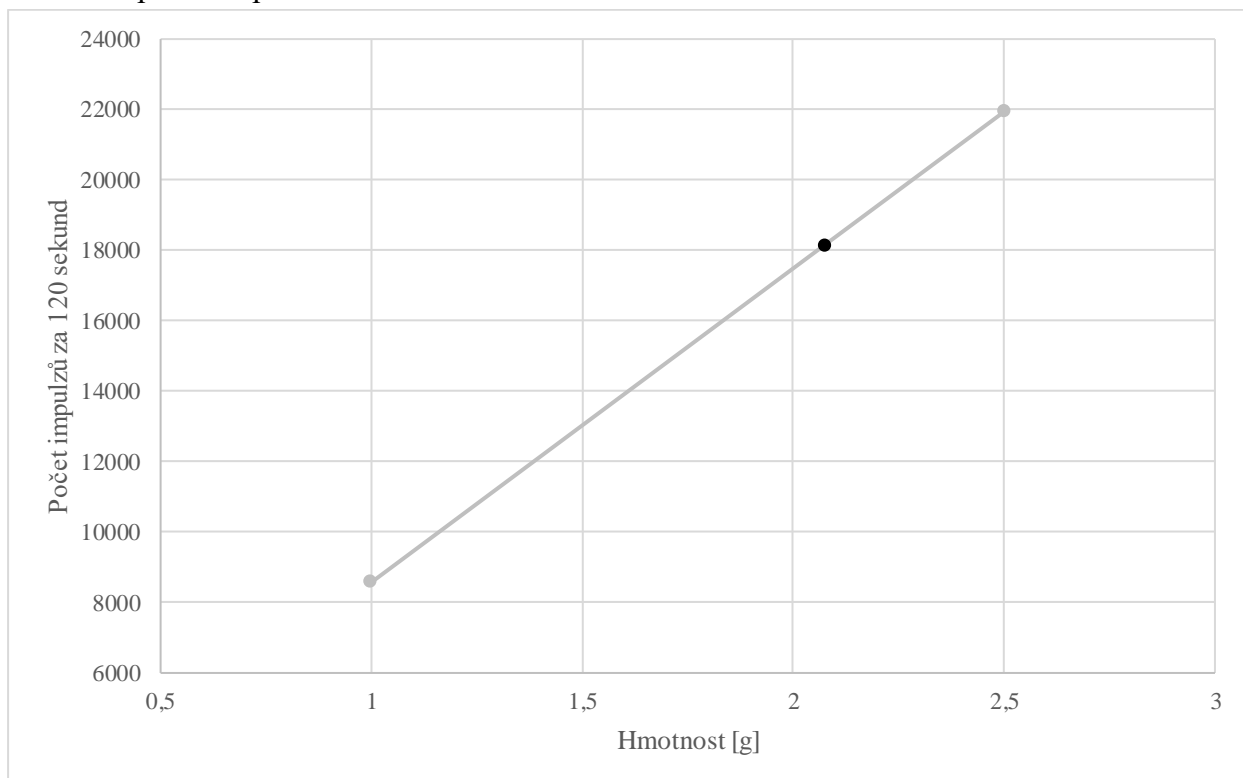
Tabulka 1: Tabulka naměřených hodnot vzorků 1-3

V grafu na obrázku č. 3 jsou zaznamenány výsledky měření emise zpožděných neutronů od peaku po dobu 120 s v polyethylenovém boxu s detektorem.



Obrázek 3

Prostřednictvím výpočtu dvou rovnic o dvou neznámých bylo určeno množství uranu na 2,0748 g. Výsledek byl ověřen pomocí grafu na obrázku č. 4 znázorňujícího přímou úměrnost počtu impulzů a hmotnosti uranu.



Obrázek 4

### 3 Závěr

Ve školním reaktoru VR-1 proběhlo měření emise zpožděných neutronů ze štěpného materiálu. Ze získaných dat bylo vypočítáno množství štěpného materiálu.

### Poděkování

Chtěli bychom poděkovat Ing. Pavlu Sukovi za uvedení do dané problematiky a za pomoc s realizací projektu. Děkujeme Ing. Sebastianu Nývltovi za pomoc při vytváření sborníku. Také děkujeme organizátorům Týdne vědy na Jaderce a Katedře jaderných reaktorů za možnost realizace tohoto miniprojektu.

### Reference

- [1] [https://mail.google.com/mail/u/0?ui=2&ik=d19ebf633e&attid=0.4&permmsgid=msg-f:1802192478382639766&th=1902ac82bae0ca96&view=att&disp=inline&realattid=f\\_lxk8dau10](https://mail.google.com/mail/u/0?ui=2&ik=d19ebf633e&attid=0.4&permmsgid=msg-f:1802192478382639766&th=1902ac82bae0ca96&view=att&disp=inline&realattid=f_lxk8dau10)
- [2] [https://media.springernature.com/lw685/springer-static/image/chp%3A10.1007%2F978-3-031-36546-1\\_2/MediaObjects/603266\\_1\\_En\\_2\\_Fig4\\_HTML.png](https://media.springernature.com/lw685/springer-static/image/chp%3A10.1007%2F978-3-031-36546-1_2/MediaObjects/603266_1_En_2_Fig4_HTML.png)