

Šíření neutronů prostředím

M.Felenda¹, Š. Konečný², O. Matyasková³)

¹ SPŠSE, České Budějovice; martin.felenda@spssecb.cz

²SSPŠ, Praha; konecny.si.2020@skola.ssps.cz

³G Šlapanice; matyaskova.o@gslap.cz

Odborný garant: Ing. Ondřej Huml, Ph.D.

Abstrakt:

Tato práce se zabývá porovnáním pohybu tepelných a rychlých neutronů různými druhy prostředí. Jako prostředí byla použita: PE (3 cm, 6 cm, 9 cm), olovo (2 mm, 5 cm, 10 cm), kadmium (2 mm) a jejich kombinace.

1 Úvod

Neutron je elektroneutrální subatomární částice tvořená ze tří kvarků - up, down, down. Hmotnost je téměř totožná jako hmotnost protonu a vzhledem ke společnému výskytu v jádře atomu jsou nazývány nukleony (nucleus - jádro). Neutrony v jádře jsou stabilní, mimo jádro jsou však relativně nestálé a rozpadají se beta rozpadem s poločasem rozpadu cca 610 s.

Neutrony se mimo atomové jádro mohou dostat rozpadem nestabilního izotopu (např. ²³⁵U), čímž vzniknou vysokoenergetické (rychlé) a nízkoenergetické (tepelné) neutrony. Poté se pohybují a reagují s okolním prostředím (látkou). Během reakce může dojít k rozptylu, násobení nebo absorpci. Při rozptylu se neutron odrazí od jiného jádra, změní svůj směr a energii. Jádro také může po srážce neutron pohltnout – dojde k absorpci, vzniku nového izotopu (s nukleonovým číslem o jedna vyšším) a vyzáření přebytečné energie ve formě záření nebo částic. Poslední možností je násobení, což je reakce důležitá například pro funkci jaderného reaktoru. Neutron je pohlcen jádrem, které se záhy rozštěpí a vznikne více neutronů. K jakému typu interakce dojde, závisí na energii a typu izotopu, se kterým neutron reagoval.

V této práci popisujeme rozdíly v šíření tepelných a rychlých neutronů různými typy prostředí (polyetylen PE, olovo Pb, kadmium Cd a jejich kombinace) a porovnáváme je s výsledky získanými počítačovou predikcí.

2 Praktická část

2.1 Materiály a přístroje

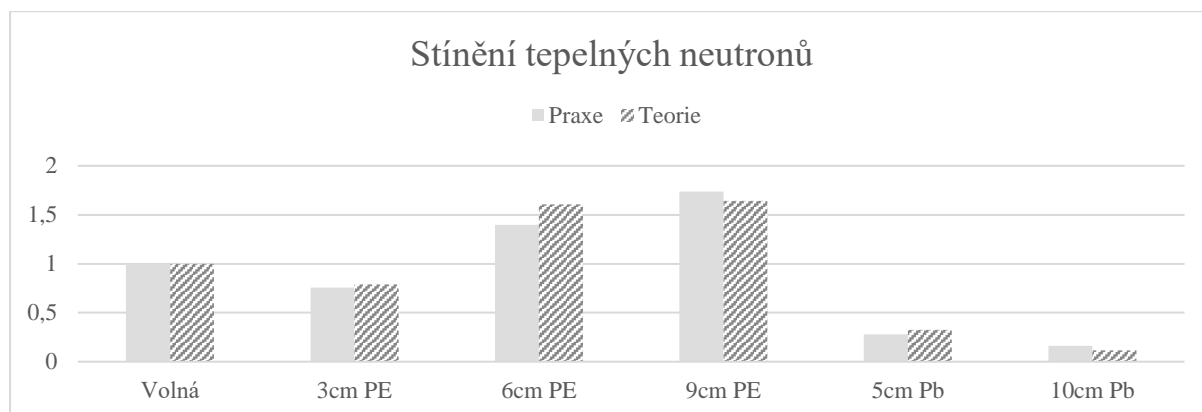
K měření jako zdroj záření bylo použito ²⁵²Cf, kdy bylo uloženo v odstíněném kontejneru s oválným průzorem do jeho středu. Tímto uložením vznikl přímý tok neutronů bez větších rozptylových ztrát, který byl měřen dvěma scintilačními detektory.

První byl použit detektor ZnS(Ag) pro tepelné neutrony a poté detektor ZnS(Ag)+⁶LiF pro rychlé neutrony. Signál z detektorů byl zpracováván pomocí multikanálového analyzátoru DA-310 od firmy TEMA.

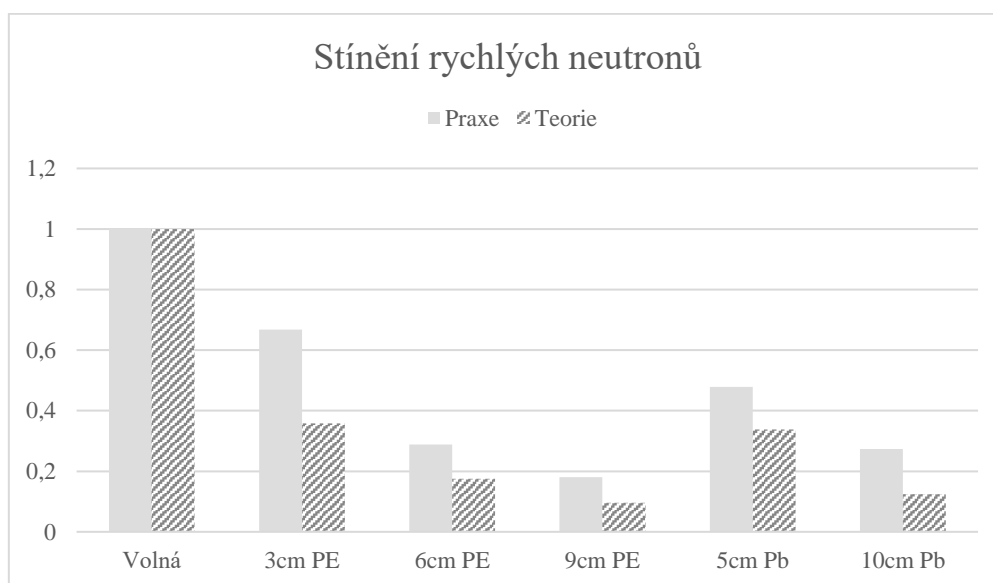
2.2 Postup měření

Polohovací stůl byl přistaven ke kontejneru se zdrojem záření ²⁵²Cf a byly na něj upevněny polyethylenové (PE) bloky pro zajištění detektorů neutronů. Nyní se vyjmul stínící prvek kontejneru a polohovací stůl s detektorem tepelných neutronů upevněným do PE bloků se vysune tak, aby objektiv detektoru byl soustředný s nově vzniklým kruhovým průřezem po stínícím prvku. Detektor se poté zapojil do TEMA DA-310, ze kterého byly získány hodnoty v bitové hodnotě a ty byly následně zpracovávány v obslužném softwaru analyzátoru. Po naměření hodnot se zopakoval měřící postup pro detektor rychlých neutronů.

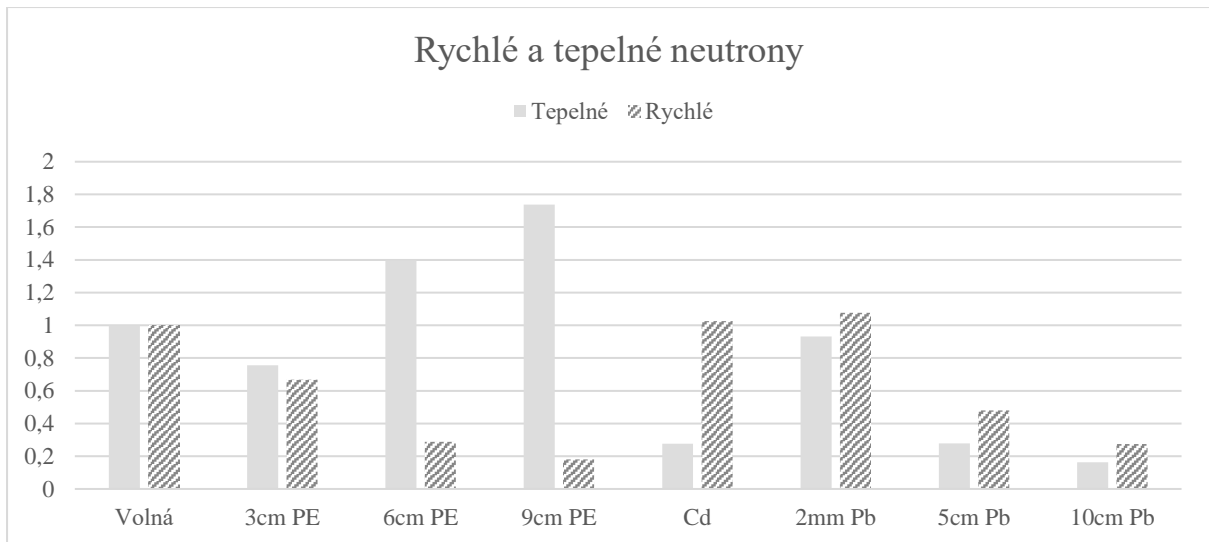
2.3 Výsledky



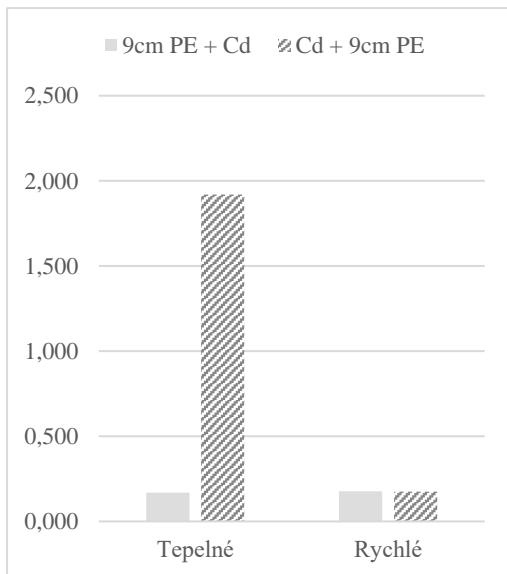
Graf 1: Stínění tepelných neutronů (praxe + teorie)



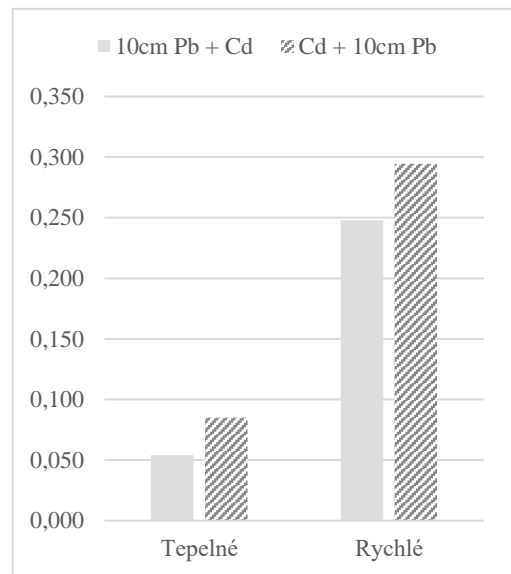
Graf 2: Stínění rychlých neutronů (praxe + teorie)



Graf 3: Porovnání rychlých a tepelných neutronů



Graf 4: Vliv Cd na šíření neutronů v PE



Graf 5: Vliv Cd na šíření neutronů v Pb

Počítačová predikce odpovídala prakticky změřeným datům, v případě rychlých neutronů pouze poměrově, což lze vysvětlit rozdílnými vstupními hodnotami pro volnou geometrii při simulaci a praxi (viz graf 1 a 2)

Při zvyšování PE vrstvy došlo k nárůstu detekce tepelných neutronů, a naopak ke snížení detekce rychlých neutronů. Tento poznatek potvrzuje moderační vlastnosti polyethylenu, tj. zpomaluje rychlé neutrony. Při stínění kadmiovým plíškem byl pozorován pouze pokles detekce tepelných neutronů, hodnoty pro rychlé neutrony se změnily minimálně z důvodu odchylky měření. To dokazuje schopnost kadmia účinně absorbovat pouze tepelné neutrony a je tedy vhodné k jejich odstínění. Vliv olova na šíření neutronů je záporný, dochází ke snížení detekce prošlých neutronů obou typů (viz graf 3).

Graf 4 dokazuje výborné moderační vlastnosti polyethylenu. Z grafu 5 by mohly být vyvozeny slabé moderační vlastnosti olova, ale z grafu 4 vyplývá, že pozice kadmia nemá

vliv na rychlé neutrony, což rozporuje graf 5. Důvodem může být nedostatečná přesnost měření nebo jiné typy interakcí.

3 Závěr

Tato práce shrnuje pohyb neutronů v různých typech prostředí. Měření prokázalo moderační vlastnosti polyethylenu – zpomaluje rychlé neutrony na tepelné. Dále bylo zjištěno, že kadmium selektivně absorbuje tepelné neutrony. U olova byla pozorována schopnost rozptylu neutronového paprsku obou typů, tudíž došlo ke snížení intenzity detekce.

Naměřené výsledky byly ve shodě s počítačovou simulací s výjimkou grafu 2, kde byla podobnost pouze poměrová.

Z grafu 5 nebylo možno prokázat moderační vlastnosti olova. Pozice kadmia by neměla ovlivnit počet rychlých neutronů. Na tento poznatek lze navázat dalším výzkumem s vyšší přesností.

4 Poděkování

Na tomto místě chceme poděkovat Ing. Ondřeji Humlovi, Ph.D., nejen za skvělé vedení celé práce, ale hlavně za neocenitelnou pomoc, trpělivost a ochotu věnovat se mi i přes všechny další povinnosti. Dále chceme projevit své velké díky Ing. Vojtěchu Humlovi, CSc. a RNDr. Karlu Kolářovi, Ph.D. za umožnění naší účasti a organizace Týdne vědy na Jaderce. V souvislosti s tím chceme poděkovat i všem sponzorům v čele s MŠMT a The Kellner Family Foundation. Naše díky patří samozřejmě i středoškolským profesorům, kteří nám umožnili strávit týden na FJFI ČVUT.

5 Reference

ŠTOLL, Ivan. *Fyzika pro gymnázia. 3., přeprac. vyd. Praha: Prometheus, 2002. ISBN 80-7196-241-4.*

PATTIE, R. W.; CALLAHAN, N. B.; CUDE-WOODS, C.; ADAMEK, E. R.; BROUSSARD, L. J. et al. *Measurement of the neutron lifetime using a magneto-gravitational trap and in situ detection. Online. Science. 2018, roč. 360, č. 6389, s. 627-632. ISSN 0036-8075. Dostupné z: <https://doi.org/10.1126/science.aan8895>. [cit. 2024-06-18].*