



**Posudok oponenta na dizertačnú prácu Mgr. Márie Slavíčkovej s názvom
„Detector of reactor antineutrinos based on plastic scintillators“**

V predloženej dizertačnej práci sa autorka, Mgr. Mária Slavíčková, venuje téme detekcie reaktorových antineutrín, pričom za cieľ svojej práce si vytýčila konštrukciu nového detektora antineutrín na báze plastického scintilačného detektora s konvertorom neutrónov a jeho charakterizáciu.

Neutrína tvoria štvrtinu mapy častíc hmoty v Štandardnom modeli fyziky elementárnych častíc. Avšak, nesprávajú sa tak, ako to model predpovedá. Takýto model musí byť podrobený testom a úpravám, aby mal potrebnú prediktívnu silu. Veľa experimentov, či už súčasných alebo plánovaných, sa zameriava na štúdium a precízne meranie vlastností neutrín s cieľom dosiahnuť tento cieľ. V tomto smere sa využívajú či už neutrínové zväzky s vysokou intenzitou, obrovské detektory atď. alebo ich veľmi výkonná kombinácia. V tomto smere je výskum na poli neutrínovej fyziky veľmi nákladný, či už na materiálové, finančné alebo ľudské zdroje. V predloženej dizertačnej práci je opísaný vývoj a konštrukcia mobilného detekčného zariadenia na meranie reaktorových antineutrín s názvom S³, ktorý nepodlieha žiadnej z vyššie zmienených komplikácií. Detektor môže byť vďaka svojej kompaktnosti a odolnosti uložený a polohovaný aj v stiesnenejších priestoroch priamo pod reaktorom jadrovej elektrárne. Pri deklarovanej účinnosti má potenciál byť analyzujúcou jednotkou pre jadrové reaktory a prispieť k vysvetleniu „anomálie reaktorových antineutrín“.

Predložená dizertačná práca je obsahovo rozčlenená do 24 kapitol. Kapitoly 1 – 4 uvádzajú čitateľa do problematiky fyziky neutrín. Kapitoly 5 – 9 sa venujú problematike reaktorových neutrín, súvisiacich experimentov a detekčným metódam v tejto oblasti fyziky. Desiata kapitola opisuje detektor DANSS. Charakteristiky a poznatky z reálneho použitia tohto detektora umiestneného v Jadrovej elektrárni Kalinin (KNPP) v Ruskej federácii, poslúžili ako základ pre návrh a skonštruovanie detektora S³. V kapitolách 11 – 21 sa už autorka priamo venuje detailnému opisu jednotlivých súčastí detektora, zdôvodneniu výberu vhodných materiálov, charakterizácii pozadia v testovacom prostredí a pod. V prvom kroku sa testoval základný stavebný článok a menší prototyp, konkrétne kapitoly 13 a 16, pričom od 17. kapitoly sa už autorka venuje výhradne samotnému cieľu svojho doktorandského štúdia, konkrétne – 80 kanálovému S³ detektoru.

Práca je po formálnej aj faktickej stránke napísaná dostatočne podrobne, prehľadne a zrozumiteľne a splňa všetky náležitosti kladené na dizertačnú prácu v oblasti (jadrovo-)fyzikálneho inžinierstva. Vyskytujú sa tu isté nedostatky v podobe preklepov, chýbajúcich písmen a občasných nepresností. Anglický jazyk v práci je na dobrej úrovni. Uvítal by som však lepšie členenie kapitol.

Po obsahovej stránke je práca na vysokej úrovni. Autorka čerpá z mnohých relevantných zdrojov, pričom využíva najnovšie poznatky z oblasti experimentálneho výskumu neutrín. Zároveň vyzdvihujem aktívnu spoluprácu autorky dizertačnej práce a celej výskumnej skupiny na vývoji detektora so súkromným sektorom.

K práci mám nasledujúce otázky:

1. V úvode práce uvádzate, že ste testovali HW a SW pre zberový systém. Podieľali ste sa aj na ich vývoji?
2. Na strane 22 uvádzate, že v prípade detektora DANSS bola nameraná štatistika dát potrebná pre rozlíšenie izotopických frakcií v jadrovom palive z nameraných energetických spektier

- dosiahnutá v priebehu 10 dní. Ako sa táto doba (aspoň modelovo) líši v prípade použitia S^3 detektora?
3. Na základe údajov graficky zobrazených na obr. 6.1 a skutočnosti, že DANSS je vhodný pre merania vo vzdialenosti 10-12 metrov od reaktora, je možnosť použiť S^3 detektor bližšie k reaktoru ~ 4 m, prípadne ďalej > 20 m a tým poskytnúť nové dáta pre problematiku anomálie reaktorových antineutrín?
 4. Na strane 37 uvádzate prítomnosť ^{60}Co a ^{137}Cs píkov v nameraných spektrách gama kvánt. V práci však nie je ukázané ani jedno z týchto pozadových spektier. Prosím o ukážku.
 5. Prečo bol ako scintilačný materiál pre S^3 detektor zvolený práve polystyrén s vysokou samoabsorpciou? Testovali sa aj iné možnosti?
 6. Aké je energetické rozlíšenie a S/B pomer pre DANSS vs. S^3 detektory?
 7. Na obr. 15.4 na strane 67 je zobrazené energetické spektrum namerané HPGe detektorom. V práci tohto formátu by bolo vhodné podobné spektrá zobrazovať s energetickou škálou v príslušných jednotkách, v tomto prípade „keV“ (ako napr. v obr. 16.2), podobne aj v iných spektrách v predloženej dizertačnej práci. Zároveň chýba rovnica energetickej kalibrácie použitého HPGe detektora ako aj označenie píkov v nameraných spektrách: izotop, energia atď.
 8. Aká je radiačná odolnosť materiálov použitých v S^3 detektore a príslušnej elektroniky?
 9. Na strane 73 v obr. 16.2 prezentujete spektrum „gama“ pozadia namerané HPGe detektorom v bunkri Bezovka. Početnosť eventov uvádzate ako counts/s. Aká bola doba merania? Aké binovanie ste použili? Nakoľko nie je označený/identifikovaný ani jeden pík v spektre (iba všeobecne v texte), bolo by vhodné priamo označiť najintenzívnejšie pozadové píky. Múry bunkru sú zrejme zo železobetónu. Mal niektorý rádioaktívny izotop väčšie zastúpenie v porovnaní s prostredím pracoviska na fakulte?
 10. Na strane 77 sa zmieňujete o plánovanom použití miónového veto detektora na potlačenie nežiadúcich rýchlych neutrónov v dôsledku interakcie kozmických miónov s olovom v tienení S^3 detektora. Popíšte typ a spôsob tohto tienenia. Bola aspoň simuláciou vyhodnotená účinnosť takého veto signálu?
 11. Je v prípade S^3 detektora potrebný tzv. „time alignment“ detektorov, resp. jednotlivých modulov?
 12. Aký je dôvod pre zvyšujúci sa rozptyl hodnôt energetického rozlíšenia detektora zobrazených na obr. 17.15 (strana 91). Rovnako dôvod pre nárazový „odskok“ pozície Landau maxima v obr. 17.16 (strana 91)?
 13. V podkapitole 19.1 na strane 102 píšete o možnom znižovaní energetického threshold-u detektora a jeho vplyvu na detekčnú účinnosť. Je táto možnosť predmetom Vášho výskumu? Existujú relevantné spôsoby/návody na upgrade systému?

Celkove môžem zhodnotiť, že vytýčený cieľ dizertačnej práce bol splnený a téma kvalitne spracovaná. **Prácu hodnotím pozitívne a odporúčam, aby bol doktorandke Mgr. Márii Slavičkovej udelený titul Ph.D.**

V Bratislave dňa 16.11.2023

Mgr. Andrej Herzán, PhD.