

Posudek dizertační práce

Mgr. Mária Slavíčková: Detector of Reactor Antineutrinos Based on Polystyrene-Based Plastic Scintillators

Dizertační práce je zaměřena na vývoj, konstrukci a testování S^3 detektoru reaktorových antineutrin na bázi plastových scintilátorů. Byla provedena důkladná rešerše zvolené problematiky, popsány typy antineutrin, způsoby jejich vzniku, řešeno složení scintilátorů, způsob vyhodnocení optických signálů, detekce neutronů (záchyt na gadolinium), vytvoření prototypu detektoru a jeho testování, konstrukce finálního detektoru, vytvoření vhodného stínění a jeho podrobné testování.

Úvodní část práce je věnována objevu neutrina, typu neutrin – elektronová, mionová a tau neutrina. Jsou zde popsány i první experimenty s detekcí neutrin. Druhá část práce představuje zdroje neutrin – ze slunce, z velkého třesku, z atmosféry, z jádra Země, ze supernov, z urychlovačů částic a jaderných reaktorů.

Další část je věnována oscilacím neutrin, tj. přeměně mezi různými typy neutrin. Navazuje pak část popisující studium jaderných reaktorů pomocí antineutrin, kde je možné měřit výkon jaderného reaktoru a poměr $^{239}\text{Pu}/^{235}\text{U}$, což může přinést příspěvek k problematice kontroly šíření jaderných zbraní. Následující část je pak věnována anomálii reaktorových antineutrin, což může být vysvětleno existencí sterilních neutrin jako doplňku ke standardním typům neutrin, nebo chybným modelem štěpných beta rozpadů. Hypotéze sterilních neutrin je pak věnována navazující kapitola.

Následující kapitola se zabývá možností detekce neutrin na bázi inverzního beta rozpadu, které po interakci antineutrina s protonem generuje neutron a pozitron. Pozitron pak nese informaci o energii původního antineutrina a neutron o jeho momentu.

Navazující část práce je věnována komplexnímu detektoru reaktorových antineutrin DANSS, který umožňuje měřit tok antineutrin a jejich energetické spektrum, měřit online výkon reaktoru, jeho palivové složení a zajistit prevenci ilegálního vyjímání plutonia. Detektor je umístěn pod jaderným reaktorem s tepelným výkonem 3GW. Detektor (1 m^3) se skládá ze scintilačních modulů a je umístěn ve stínění z mědi, olova a polyetylénu. Dále obsahuje gadoliniový n-gama konvertor neutronů. Scintilační signály z detektoru jsou vedena optickými vlákny do fotonásobičů Hamamatsu (Japonsko).

Další kapitoly se věnují pozadí pod reaktorem a mechanismu produkce světla v plastovém scintilačním detektoru.

Následující část je zaměřena na transport světla v S^3 detektoru a bylo vybráno vhodné optické vlákno pro vyvedení světla ze scintilátoru. Pokračující kapitola studuje základní část detektoru S^3 - jeho scintilační část. Bylo určeno optimální chemické složení scintilátoru (pTP a POPOP aditiva). Dále bylo ověřeno, že vhodným obalovým materiálem proti úniku fotonů ze scintilátoru je teflon. Také byl vybrán optimální fotosenzor ONSEMI SiPM pro sběr světla ze scintilátoru. Dále byla určena optimální délka optického vlákna a vzdálenost mezi optickými vlákny.

Pokračující kapitola se věnuje gadoliniovému n-gama konvertoru. Bylo testováno několik možných způsobů realizace, přičemž jako optimální řešení byla vybrána plastická fólie s Gd).

Následuje kapitola, která se popisuje prototyp, zmenšenou verzi S^3 detektoru s 18 detektorovými elementy. Nalézá optimální stínění na bázi olova, polyetylenu s bórem a čistého polyetylenu a analyzuje pozadové události podobné zachytu antineutrina.

Další kapitola se pak věnuje vlastnímu S^3 detektoru, jeho konstrukci, použitým optickým vláknům, teflonovému obalovému materiálu, čtecí elektronice na bázi ONSEMI SiPM fotonásobičů, software pro sběr dat DAQ a teplotní závislosti fotonásobičů ONSEMI SiPM. Pokračující kapitola je věnována stínění detektoru S^3 s využitím zkušeností se stíněním prototypu – je použito 10 cm 100 let starého olova, 8 cm polyetylenu s 3.5% příměsí bóru a 16 cm standardního polyetylenu.

Následující kapitola je věnována kritériu pro nalezení kandidátů inverzního beta rozpadu pro detekci antineutrin na základě okamžitého a zpožděného signálu z detektoru. Příští kapitola je pak věnována kalibraci systému na bázi využití kosmických mionů, pokračuje pak kapitola s výsledky měření pozadí S^3 detektoru.

V konci práce jsou nejprve nastíněny možné aktivity v dané oblasti následované závěrem práce obsahujícím její podrobné shrnutí.

Předložená dizertační práce je velmi kvalitně zpracována jak po stránce jejího logického členění, tak i po její jazykové a grafické stránce. V práci jsem našel opravdu minimální množství jazykových problémů.

Velmi oceňuji úsilí doktorandky při hledání optimálního složení scintilátoru, vyvedení optického signálu vláknovou optikou, nalezení optimálního stínění detektoru, řešení gadoliniového konvertoru, konverzi optického signálu pomocí SiPM, konstrukci S^3 prototypu i celého S^3 detektoru, jejich testování, měření pozadí detektoru i stanovení kritéria pro nalezení inverzního beta rozpadu pro hledání antineutrin.

Téma zvolené pro vypracování dizertační práce je velmi aktuální, umožňuje online měření výkonu reaktoru, jeho palivového složení i zjišťování neoprávněného vyjímání plutonia z reaktoru s možností zneužití pro zbrojní účely.

Jediné drobné výhrady mám k velikosti grafů a obrázků, kdy je třeba použít lupy pro jejich sledování a nepřítomnosti seznamu použitých zkratk.

Předkládaná dizertační práce má požadovanou úpravu a obsahuje všechny náležitosti. Stanovené cíle dizertační práce byly úspěšně splněny a přes drobné připomínky uvedené výše navrhuji, aby byla přijata k obhajobě a po úspěšné obhajobě byla autorce udělena vědecká hodnost Ph.D.