

РЕЦЕНЗИЯ

върху

дисертационен труд за получаване на образователната и научна степен

ДОКТОР

Научна специалност 4.1 Физически науки (01.03.04 Ядрена физика)

Тема: “Газови пропорционални детектори за спектрометрия на неутрони”

Автор на дисертационния труд: Васил Михайлов Милков

Рецензент: проф. дфн Кирил Асенов Крежов от ИЯИЯЕ-БАН, София

Представеният ми за рецензиране дисертационен труд е посветен на проблеми при създаване на съвременни детекторни системи за регистриране и определяне на енергията на неутрони в областта на ниските енергии. По своя замисъл дисертацията отразява резултатите от експериментално изследване на параметрите на три конкретни газови неутронни детектори, които се различават по предназначение и конструкция. Представените неутронни детектори са конструирани и изработени с активно участие на дисертанта за изпълнение на дейности при подготовката и/или използването на апаратурите при модернизирания импулсен реактор ИБР-2М в ОИЯИ - Дубна. За работа в близост до топлинната област са разработени двумерен мониторен позиционно-чувствителен детектор (2D ПЧД) и 2 π секционен детектор (пръстеневиден детектор), а за измервания в резонансната област и над нея – оригинален неутронен спектрометър с регистрация на откатни протони.

Актуалността на такива изследвания е безспорна и свидетелство за това е, че от откриването на неутрона неутронните детектори и съпътстващата ги електроника са сред най-важните компоненти на апаратурните комплекси при всички реакторни и спалационни източници на неутрони, било действащи или планирани за строителство в близко бъдеще, а получените резултати за детекторната апаратура имат пряка връзка с оптимизираното използване на многоцелевите неутронни източници. Има и друга гледна точка - регистрирането и спектрометрирането на бързи неутрони има пряко отношение към експериментите по термоядрен синтез.

Дисертационният труд е изложен на 144 стр. и съдържа кратко Въведение (с.4-5), три Глави, Заключение, Приложение и Библиография. По същество, основният текст на дисертацията е структуриран в две основни части: Обща част (Глава 1, с.4-71) и Експериментална част (Глави 2 и 3, с.72-122), но заедно с повторно описаните в допълнителен списък (ненужно според мен) заглавия на 22-те оригиналните фигури и 6-те таблици целият текст е на 137 страници. Сред тези 137 страници се вмъква споменатото Приложение (с.127-130), в което е даден списък на оригиналните публикации на дисертанта, послужили за основа на дисертационния труд, както и информация за участието на дисертанта в руски и международни симпозиуми и научни семинари, където той лично е представил за обсъждане резултати от неговите изследвания. Списъкът на използваната литература (с.139-144) отразява 54 заглавия, част от които и според мен са сред основните трудове по тематиката.

Общата част на дисертацията (Глава 1, с.6-71) е структурирана до известна степен неочаквано. Дисертационната теза получава ясна обосновка в Раздел 1.3 (с.52-71), където дисертантът се спира накратко върху регистрирането на неутрона. Взаимодействието на неутрона, една електрически неутрална частица, с веществото се

свежда до възбуждане на ядрени реакции и проблемите при създаване на конкретен тип неутронен детектор произтичат от това, че се създава средство за регистриране на продукти на конкретна ядрена реакция в конкретно вещество-конвертор. С малки изключения тези продукти имат йонизационна способност. Дисертантът излага сбито физическите идеи за регистрация на неутрони с енергии в различни енергийни диапазони, особеностите при използване на конкретни ядрени реакции (например (n,α) в бор и литий, характерна прагова енергия на активация), но се спира по-подробно върху кинематиката на метода на отскачащите ядра и върху метода по време на прелитане за неутронна спектрометрия.

Първите два раздела (с.6-51) на Общата част представляват въведение във физическите основи на процесите в газовите йонизационни детектори, които са важно средство за регистриране на йонизиращи лъчения. По-подробно се описват процесите в детектори, работещи в пропорционален режим на броене. Дадени са сведения за основните характеристики на пропорционалните броячи, отделено е необходимото внимание върху изискванията към чистота на газа, еднородност на използваните жици, стабилност на захранващото напрежение и са отбелязани много други фактори, които определят коефициентът на газово усилване и разделителната способност по енергия. За голяма част от тези фактори се дава полезна таблична и графична информация.

Експерименталната част започва с **Глава 2** (с.58-74), в която се описва подробно конструкцията на двата типа неутронни детектори, предназначени за работа в топлинната област на неутронните енергии: двумерен мониторен позиционно-чувствителен детектор (2D ПЧД) и 2 π секционен (пръстеновиден) детектор. Съобразено с предназначението си двата типа детектори се различават радикално по ефективност (с няколко порядъка), която се постига целенасочено с оптимизиране на газовия състав. За определяне на позиционната разделителна способност по ос X и Y се използва кадмиева маска с процепи.

Конструктивните особености на многожични неутронни детектори, в които се използва система от разположени успоредно рамки с опънати резистивни нишки за определяне на местоположението на неутронно индуцирано събитие, налагат специфични изисквания към ядрената електроника, която в случая е сложна система от електронни блокове за формиране на електрическите импулси и за събиране и съхранение на данните. По мое мнение именно тук е мястото на част 1.2.6 (с.51-54) от Глава 1, където се обсъждат изискванията към параметрите на закъснителна линия и съпътстващата четяща електронна система и се изяснява връзката с функционалните характеристики на детекторните системи.

В **Глава 3** (с. 96-122) е описан оригинален прототип на спектрометър на бързи неутрони, при който се използва протонен телескоп в съчетание с електронна колимация на откатните протони. Елементите на новост са формулирани и защитени в получен руски патент за изобретение. Тази Глава завършва с раздел “Перспективи”, където се дава информация за проявен интерес от Националния институт за изследване на плазмата на Южна Корея за изработване на нов модел спектрометър на бързи неутрони въз основа на информацията за прототипа.

Ще отбележа, че конструирането и изработването на конкретен газов неутронен детектор и подбиране на параметрите на детекторната електроника се основават на обратната връзка между оптимизиране на конструкцията и напълване с газова смес и методите за изпитване на реалния детектор. Методиката за изпитване на детекторите се развива непрекъснато като за опитната постановка и анализ на данните се прилагат както конвенционални средства, така и специфични съвременни изчислителни методи.

За определяне на йонизационните загуби в газови смеси дисертантът е използвал добре познатия програмен пакет SRIM, чието стегнато описание се дава в Раздел 3.3 “Програмно осигуряване” (с.102-105), а за анализ на измерените спектри е била използвана разработената в ОИЯИ програма ЛАДА. Част от елементите на конструкцията и ефективността на спектрометъра на бързи неутрони са оптимизирани въз основа на внимателни пресмятания по метода Монте Карло. В този смисъл дисертационният труд на Милков върху конкретни конструкции на пропорционални неутронни детектори може да се счита за продължение и развитие на изследванията на газови смеси за неутронни детектори, провеждани в ОИЯИ в продължение на много години, както и на приоритетните приноси на различни международни колективи за развитието и приложението на методите за математично моделиране на процесите в газонапълнени детектори.

В рамките на възприетите във ФФ–СУ критерии за оценка на научните и научно-приложни постижения в дисертационни работи считам, че представеният труд се характеризира със следните особености, които го правят полезно експериментално изследване с новаторски характер:

- дисертацията е по актуален, ясно формулиран и достатъчно сложен проблем и е постигната целта за създаване на ефективни средства за регистриране на неутрони и определяне на техните енергии;

- конструкциите на трите изследвани неутронни детектори имат оригинални особености;

- разработеният двумерен позиционно-чувствителен детектор позволява надеждно определяне на профила на интензивен неутронен сноп при наличен висок гама фон, което е характерно обстоятелство при извличане и формиране на неутронни снопове от съвременните високопоточни неутронни източници;

- секционният 2л (пръстеновидният) детектор е разработен за неутронния дифрактометър ДН-6 на ИБР-2М, но няма принципни ограничения да бъде оптимизиран и адаптиран за други неутронни апаратури;

- спектрометърът, базиран на протонен телескоп с електронна колимация на откатните протони, предоставя широк кръг възможности за експериментални изследвания, при които е необходимо получаване на информация за разпределението по енергии в снопове бързи неутрони;

- изпитванията на детекторите и оптимизирането на техните параметри са проведени с използване на реактора ИБР-2, електростатичния генератор на бързи неутрони ЕГ-5 и радиоизотопни неутронни източници (^{252}Cf ; $^{239}\text{Pu-Be}$) - силно различаващи се по неутронен поток и спектър неутронни източници, при което са получени оригинални резултати за двумерни профили на неутронни потоци и неутронни спектрални данни.

- дадено е професионално тълкование на резултатите от изпитванията, отбелязани са недостатъци на реализираните прототипи и са набелязани подобрения.

Изследванията, описани в дисертационния труд, са отразени в 4 научни публикации: 2 - в материали на ОИЯИ (препринт от 2010 г. (1)); списание Письма в ЭЧАЯ, кн. 5, 2012 г. (1)) и 2 - в Годишник на СУ- Физически факултет (1- 2011 г.; 1- 2012 г.). Освен това те са в основата на 7 доклада на специализирани научни конференции и работни съвещания, проведени в Русия (ОИЯИ - Дубна (6) и Изследователския Център “Курчатов”(1)), където дисертантът лично е докладвал за напредъка на своите изследвания и е представял за обсъждане конкретни резултати.

Дисертантът не привежда данни за забелязани цитати, но публикациите върху параметрите на детекторите са отпечатани между 2010 и 2012 г. Това е период на активна дейност преди пускането в действие на модернизирания реактора ИБР-2М на номинална мощност 2000 kW, така че цитирания най-вероятно скоро ще появят.

По моя преценка получените резултати и направените приноси отговарят на поставените задачи в дисертацията. Ще отбележа също така, че образователната програма е проведена много успешно. Дисертантът е участвал активно и в трите фази на проведената експериментална работа – планиране, измервания на различаващи се по спектър неутронни източници и интерпретация на резултатите от изпитванията на конкретните детектори, напълнени с конкретни газови смеси, с цел оптимизация на работните параметри. Според мен, той е имал принос и в идейно отношение. Личното представяне на резултатите на руски и международни научни форуми аз приемам за достойно признание на постиженията на докторанта.

Нямам принципни възражения към достоверността на изложените в дисертацията резултати и заключения. Забележките и коментарите по време на предварителните обсъждания на резултатите и тяхното текстово представяне са взети пред вид и са отразени. Представеният текст е оформен правилно и безспорно е дело на дисертанта. Допуснатите грешки предимно са технически и в никакъв случай не намаляват стойността на дисертационния труд. Повечето са печатни грешки, но има също правописни грешки при членуване и използване на запетая, както и стилови неправомерни словосъчетания поради директен превод от руски. Изложението на места е прекалено подробно и напомня техническо описание.

Интересно е да се чуе коментар на дисертанта по въпроси, част от които засягат образователния аспект на една докторантура:

- съгласно приетата класификация в кои енергийни области попадат неутрони с енергии в интервала 5 meV - 100 keV?
- какви са съображенията на дисертанта да различи литературни източници [7] и [9] в Автореферата, съответно [31] и [33] в дисертацията?;
- въз основа на какви аргументи са заложили в Таблица 6 (с.97) параметрите на разработвания спектрометър на бързи неутрони?;
- как се стига до заключението за гаусова форма на измерените профили на пиковете от кадмиевата маска с леко различаващи се по размер процепи? Има ли отражение модулираният профил върху параметрите на двумерния ПЧД? ;
- какво е физическото основание за работа на двумерния ПЧД в проточен режим?;
- какви са заложените параметри на дифрактометъра ДНб по разделителна способност и светосила и доколко пръстеновидният детектор отговаря на очакванията?

Въз основа на анализа на представените ми писмени материали по процедурата, съдържанието и научните приноси на дисертацията за докторска степен считам, че:

- публикациите на Милков са свързани пряко с дисертационната тема и описват основни резултати, върху които е изградена дисертацията;
- личният принос на дисертанта в описаните изследвания е съществен. Нямам лични впечатления за докторанта, освен при представянето му по време на предварителната защита, но от дисертационния труд може да се направи извод за компетентност и потенциал на Милков за бъдещо развитие. Друго

свидетелство за доверието към неговата компетентност по темата е, че от авторския колектив на обсъжданите на научни форуми публикации именно на него е била възложена отговорността за представяне и защита на получените резултати.

- представеният дисертационен труд отговаря на възприетите от физическата колегия на СУ критерии за присъждане на исканата степен;
- авторефератът достатъчно ясно и точно отразява целите, задачите, съдържанието и научните приноси на дисертационния труд.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Реализирана е една актуална изследователска програма, чрез която са постигнати поставените цели. Усвоени са специализирани знания за създаване на детекторни системи за регистриране и спектрометрия на неутрони с ниски енергии, а приносите в дисертационния труд са със значима научно-приложна стойност.

Убедено препоръчвам на членовете на Научното жури да предложат на Факултетния съвет на Физическия факултет на СУ "Климент Охридски" да присъди образователната и научна степен „доктор" по научната специалност "Физически науки", Шифър 4.1 на докторанта Васил Михайлов Милков.

София, 12 май 2012 г.

Рецензент:

Проф. д-р К. Крежов