

РЕЦЕНЗИЯ

на дисертационния труд за придобиване на образователната и научна степен

ДОКТОР

по професионално направление

4.1 Физически науки (Неутронна физика и физика на ядрените реактори).

Автор на дисертационния труд: Георги Стефанов Георгиев, редовен докторант, Софийски Университет „Св. Климент Охридски“, Физически факултет, катедра „Атомна физика“

Тема на дисертационния труд: „Изучаване и разработка на детектори за йонизиращи лъчения“

Член на научното жури: доц. д-р Пламен Стоянов Яйджиев, Институт за Ядрени Изследвания и Ядрева Енергетика - БАН

1. Кратки професионално-биографични данни за докторанта

Г.Георгиев завършва СУ“Кл.Охридски“ със специалност Магистър инженер-физик по ядрена енергетика и технологии през 2015 г. с дипломна работа „Изследване на възможността за използване на CCD камера като фотодетектор за хибридният спектрометър на експеримента PADME“. През 2015 г. е зачислен като докторант по професионално направление 4.1 Физически науки (Неутронна физика и физика на ядрените реактори) в СУ“Кл.Охридски“. Работил е като технически студент ЦЕРН, Гостуващ изследовател LNF, INFN, Frascati, Italia, физик във фирма „Тита консулт“, физик в катедра ЯТЯЕ в СУ“Кл.Охридски“, асоцииран изследовател в LNF, INFN, Frascati, Italia, физик в ИЯИЯЕ-БАН, БЕО Мусала и контролиращ физик в АЕЦ „Козлодуй“ ЕАД.

2. Общо описание на дисертацията и на представените материали

Представената от Георги Георгиев дисертация е за придобиване на образователната и научна степен „доктор“. Текстът заема 150 страници, като включва 6 глави и 2 приложения. В приложенията е дадена информация за приносите на докторанта, публикациите върху които е базирана дисертацията и участия в конференции свързани с дисертацията. В дисертацията са включени 101 фигури, 10 таблици и списък с използваните съкращения. Списъкът на използваната литература наброява 74 заглавия, цитирани в текста.

Темата на дисертацията е „Изучаване и разработка на детектори за йонизиращи лъчения“.

Уводът е отделен в самостоятелна част. В първа глава са описани основните характеристики на детекторите на йонизиращи излучения и във втората част е направен преглед на съществуващите сцинтилационни детектори. Във втора глава са описани отделните части на детектора NA62 в CERN, системата за набор на данни и калибровката на двете части от детектора, в които дисертантът има директен принос.

В трета глава е описан експериментът PADME и по подробно е разгледана вето-системата в която Георги Георгиев има принос. В четвърта глава е описана разработката и тестването от дисертанта на генератор на светлинни импулси с ниска интензивност. В пета и шеста глави са описани вето детектори от сцинтилационни пръти и сцинтилационни влакна със съществен принос на дисертанта.

2. Цел на дисертацията и актуалност на тематиката

Целта на дисертацията може да се определи като научна и научно-приложна. Научната част на дисертацията се състои в участието в двата експеримента за търсене на физика отвъд стандартния модел. В NA62 това са редките каонни разпади които дават информация за разширението на стандартния модел, а при PADME се търси определен вид „тъмна материя“ което е тай-актуалният подход за нова физика. Научно-приложната част е разработването на детектори, отговарящи на нуждите на двата съвременни експеримента в областта на физиката на високите енергии – NA62 и PADME. В дисертацията са описани авторските изследвания и публикации, във връзка с проведените изследвания на прототипи за детектори на йонизиращи лъчения, методи и алгоритми за тяхното изследване и получените резултати.

Актуалността на изследването се определя от целите на двата експеримента за които е работил дисертантът.

NA62 е експеримент с фиксирана мишена, разположен на ускорителя SPS в CERN. Той е посветен на прецизни измервания на редки каонни разпади. Основната цел на експеримента е прецизното измерване на относителната вероятност на свръх редкия разпад $K^+ \rightarrow \pi^+ \nu \bar{\nu}$, и определянето на параметъра V_{td} от матрицата на Кабибо-Кобаяши-Маскава, описваща смесването между кварките. Теоретично предсказаната вероятност за този разпад е 0.8×10^{-10} . За отделянето на едно събитие $K^+ \rightarrow \pi^+ \nu \bar{\nu}$ е необходимо да се потисне фон, който е 10 порядъка по-голям от сигнала. Това е възможно с помощта на детектори, осигуряващи кинематично разграничаване между отделните моди на разпад на каона, идентификация на частиците и вето-детектори.

Дисертантът има принос в енергетичната калибровка на два от поддетекторите на NA62 - Енергетична калибровка на SAC и IRC, като е разработен метод за калибровка, включващ набор на данни с мюонен сноп, при който се варират праговете на дискриминация.

Експериментът PADME има за цел да изследва съществуването на тъмен фотон с маса в интервала $2 \div 23 \text{ MeV}$ и стойности на $\varepsilon = \alpha'/\alpha EM$ до 10^{-6} , като се фокусира върху случая, в който тъмният фотон или евентуалните му продукти на разпадане не могат да бъдат регистрирани. Тъмните фотони се раждат в процеса на аниhilация при взаимодействието на позитронен сноп с енергия 550 MeV с електроните от тънка мишена. Фотонът от реакцията се регистрира от електромагнитен калориметър и се изчислява липсващата маса.

Дисертантът има принос при изработване и изследване на идейни прототипи на спектрометър със сцинтилационни влакна и регистрация от CCD камера, изработване на прототипи от пластмасови сцинтилационни пръти, регистрирани от фотоелектронни умножител и изработване и изследване на прототипи от пластмасови сцинтилационни пръти, изчитани от силициеви фотоумножители. Проектиран и реализиран е генератор на светлинни импулси, имитиращ сцинтилации в пластмасов сцинтилатор.

4. Критични бележки и препоръки

Текстът на дисертацията е написан добре и графичното оформление е на ниво, но все пак като дребен недостатък може да се посочи

- Фигура 6.33: Спектър на пълната депозирана енергия в ВТFCalo. Пиковете са фитирани със сума от гаусови функции. Гаусовите функции са дефинирани в текста като $A_i \exp(-(x-x_{0i})^2/2w^2)$ вместо $A_i \exp(-(x-x_{0i})^2/2w^2)$.

Като цяло нямам критични бележки, които биха повлияли отрицателно на общото ми заключение относно дисертацията.

5. Приноси на дисертационния труд

В конкретния случай посочените приноси могат да се класифицират като научни и научно-приложни. Описаните в дисертацията приноси са следните:

1. Разработена е методика за енергетична калибровка на детекторите SAC и IRC, с цел намиране на оптимален режим на работа;
2. Създаден е софтуер за реконструкция на сурови данни от детектора SAC като част от програмния комплекс на експеримента;
3. Създаден е самостоятелен софтуер за визуализация в реално време на данни от детекторите SAC и IRC, който позволява навременно откриване и отстраняване на проблеми при експлоатацията на детектора.
4. Изработени и изследвани са идейни прототипи на спектрометър за експеримента PADME със сцинтилационни влакна и изчитани от CCD камера;
5. Изработени са прототипи от пластмасови сцинтилационни пръти, изчитани от фотоелектронни умножители и многоанодни фотоелектронни умножители;
6. Изработени са и са изследвани прототипи от пластмасови сцинтилационни пръти, изчитани от силициеви фотоумножители;
7. Проектиран и разработен генератор на светлинни импулси, имитиращ сцинтилации в пластмасов сцинтилатор;
8. Сглобен и въведен в експлоатация спектрометър и електромагнитен калориметър на експеримента PADME.

За приносът на дисертанта по NA62 е необходимо да се отбележи подробното и успешно разработване на метод за енергетична калибровка на детекторите SAC и IRC, с цел намиране на оптимален режим на работа. Задачата е нетривиална, защото за тези два детектора е необходимо да бъдат подбрани подходящи прагове на регистрация, за да бъде получена максимална ефективност за регистрация на фотоните, но в същото време да не се регистрират безполезните събития, получени от съпътстващите основния сноп мюони.

При работата по експеримента PADME приносът на Г.Георгиев е в няколко направления. Като научно-приложно постижение бих посочил проектиране и разработване на генератор на светлинни импулси, имитиращ сцинтилации в пластмасов сцинтилатор, като този генератор е необходим в работата по създадените и изследвани прототипи на детектори със сцинтилационни влакна и сцинтилационни пръти. Успешно е и изследването на тези прототипи с различни регистриращи

детектори - фотоелектронни умножители и многоанодни фотоелектронни умножители и силициеви фотоумножители.

Необходимо е да се отбележи и ясното и точно описание на различните видове сцинтилационни детектори, както в увода, така и при тестовете на разработените детектори за двата експеримента. Тези части от дисертацията могат да служат като учебник за запознаване на студентите със съответните методи на детектиране на елементарни частици.

6. Научни публикации по темата на дисертацията

С основен принос на дисертанта има три излезли от печат публикации (една с ИФ и с автор Г.Георгиев), със съществен принос има 2 публикации (една с ИФ) и с второстепенен принос има 5 публикации (две с ИФ).

Докторантът е изнесъл 2 доклада на конференцията RAD, отразени в издадените сборници на конференцията.

Публикациите са:

Основен принос на дисертанта:

1. F.Ferrarotto, L.Foggetta, G.Georgiev*, P.Gianotti, V.Kozhuharov, E.Leonardi, G.Piperno, M.Raggi, C.Taruggi, L.Tsankov, P.Valente, Performance of the Prototype of the Charged-Particle Veto System of the PADME Experiment, IEEE TNS, vol. 65, no. 8, pp 2029–2035, August 2018
2. G.Georgiev*, V.Kozhuharov, L.Tsankov, The PADME tracking system, RAD Assoc.J., vol. 1, issue 3, pp 193-186, 2016
3. G.Georgiev*, V.Kozhuharov, L.Tsankov, Design and performance of a low intensity LED driver for detector study purposes, RAD. proc., vol. 1, pp 90-94, 2016

Съществен принос на дисертанта:

1. M.Raggi*, V.Kozhuharov, P.Valente, F.Ferrarotto, E.Leonardi, G.Organtini, L.Tsankov, G.Georgiev, J.Alexander, B.Buonomo, C.Di Giulio, L.Foggetta, G.Piperno, Performance of the PADME Calorimeter prototype at the DAFNE BTF, NIM-A, 862, p. 31–35, 2017
2. E.Cortina Gil,...., G.Georgiev, V.Kozhuharov,...., et al., The beam and detector of the NA62 experiment at CERN, JINST 12 P05025, 2017

Второстепенен принос на дисертанта:

1. A.Frankenthal*, J.Alexander, B.Buonomo, E.Capitolo, C.Capoccia, C.Cesarotti, C.Di Giulio, F.Ferrarotto, L.Foggetta, G.Georgiev, P.Gianotti, M.Hunyadi, V.Kozhuharov, A.Krasznahorkay, E.Leonardi, G.Organtini, G.Piperno, M.Raggi, C.Rella, A.Saputi, I.Sarra, E.Spiriti, C.Taruggi, P.Valente, Characterization and performance of PADME's Cherenkov-based small-angle calorimeter, NIM-A, vol. 919, pp 90–97, 2019
2. G.Georgiev, S.Ivanov, V.Kozhuharov, M.Mitev, R.Simeonov*, L.Tsankov, Performance of the Front-End Electronics of the PADME charged particle detector system 2018 IEEE XXVII International Scientific Conference Electronics - ET, pp 1-4, 2018
3. F.Ambrosino,...., G.Georgiev,...., V.Kozhuharov,...., M.Moulson*, et al., KLEVER: An experiment to measure $BR(KL \rightarrow \pi 0 \nu \nu)$ at the CERN SPS, KLEVER-PUB-

18-02, arXiv:1901.03099 [hep-ex], 2019

4. E.Cortina Gil,..., G.Georgiev, V.Kozhuharov,..., et al., Search for heavy neutral lepton production in K^+ decays, Phys.Lett.B, vol. 807, 135599, 2018

5. I.Antonova, S.Ceravolo, G.Corradi, G.Georgiev, V.Kozhuharov*, M.Mitev*, P.Valente, M.Raggi, L.Tsankov, A test system for the front-end electronics of the PADME charged particle detector system, proc. XXVI International Scientific Conference Electronics – ET2017, December 2017

8. Заключение

В заключение считам, че обемът и качеството на научните изследвания и получените резултати удовлетворяват изискванията на Закона за развитието на академичния състав в Република България, правилника за приложение на този закон, Правилника за условията и реда за придобиване на научни степени и заемане на академични длъжности в СУ, както и препоръчителните изисквания към кандидатите за придобиване на научните степени и заемане на академичните длъжности във Физическия факултет на СУ „Св. Климент Охридски“. Георги Георгиев притежава задълбочени теоретични знания и практически умения за провеждането на самостоятелни научни изследвания.

Въз основа на всичко написано до тук, убедено и без резерви препоръчвам на уважаемото научно жури да присъди на Георги Стефанов Георгиев образователната и научна степен „доктор“.

24 Януари 2021 г.
гр. София

Подпис:
/доц. д-р Пламен Яйджиев/