



КАТЕДРА “АТОМНА ФИЗИКА”

ТЕЛ. 8161264; ТЕЛ.ФАКС: 862-25-46;
<http://www.atomic.phys.uni-sofia.bg>

Рецензия

на проф. дфзн Леандър Литов

на дисертационен труд за получаване на образователната и научна степен „доктор” на Симона Илиева Илиева, редовен докторант в катедра „Атомна физика“ на Софийския университет „Св. Климент Охридски“

Тема на дисертационния труд: *Определяне на сечението за взаимодействие чрез отслабване на сноп протони с импулс 31 GeV/c в 90 сантиметрова графитна мишена*

Научна специалност: *4.1. Физически науки, Физика на елементарните частици и високите енергии.*

Научен ръководител: *доц. д-р Мариан Богомилов*

Симона Илиева е зачислена за редовен докторант в катедра “Атомна физика” на Физическия факултет на Софийски университет „Св. Климент Охридски“ през 2017 година в редовна форма на обучение, по професионално направление 4.1 Физически науки в докторската програма " Физика на елементарните частици и високите енергии". По време на докторантурата си тя извършва изследвания свързани с измерване на сечение на взаимодействие на протони с различни мишени. За целта са използвани данни получени от експеримента NA61/SHINE на ускорителя SPS в европейския център за ядрени изследвания CERN.

Имам преки впечатления от работата на докторантката, като неин преподавател, както и от докладите, които тя представяше редовно на катедрени семинари. Трябва да отбележа, че тя винаги демонстрираше изключително добра подготовка, дълбоко разбиране на физическите проблеми, с които се занимава и отлично владение на апарата използван за обработка на данни от сложни и комплексни експерименти какъвто е експериментът NA61/SHINE.

Съдържание на дисертацията

Дисертационният труд на Симона Илиева е посветен на измерването на сечението тип продукция при взаимодействие на протони с енергия 31 GeV/c с въглеродна мишена. Мишената използвана при тези измервания е точно копие на мишената използвана за формиране на неутринния сноп използван от експеримента T2K. За целта е измерено отслабването на потока протони при преминаването им през дълга 90 см цилиндрична въглеродна мишена. При анализа на данните се реконструират тези събития, в които протоните са претърпели еластично или квази-еластичност взаимодействие. Такъв подход позволява в значителна степен да се редуцира систематичната грешка свързана с MC моделиране на процесите протичащи в мишената.

Съдържанието на дисертацията е изложено върху 95 страници като включва 61 фигури и 14 таблици. Материалът е разпределен в 7 глави, списък на цитираната литература (137 публикации) и благодарности. Приведени са отделно и списъци на таблиците и фигурите.

В уводната глава са описани свойствата на неутрината, показано е теоретичното описание на тяхното смесване, както и неутринните осцилации във вакуум и материя. Направен е обзор на експериментите за изследване на неутринни осцилации, като включително са описани и предстоящи експерименти в тази област. Обърнато е специално внимание на измерванията, които се провеждат с изкуствено създадени неутринни снопове на ускорители. В тази връзка е подчертана важноста на познаването на сеченията за взаимодействие на протони с веществото за прецизното описание на енергетичния спектър и съдържание на неутронните снопове.

Втора глава е посветена на експеримента T2K. Дадено е подробно описание на начина на формиране на неутринния сноп в този експеримент, описани са близкия и далечен детектори, както и стратегията за анализ на данните. Немалка част от тази глава е посветена на описание на начините за симулиране на неутринни снопове, корекциите, които се правят с използване на известни експериментални данни и неточностите в определянето на техните характеристики. Последната част на тази глава в действителност ясно обосновава задачата, на която е посветена дисертацията.

В следващата глава на дисертацията е дадено подробно описание на експеримента NA61/SHINE, на който са получени през 2010 г. експерименталните данни обработени от докторантката. Подробно са разгледани основните детекторни системи в този експеримент. Специално внимание е отделено на тези от тях, които се използват при възстановяване на следите на частиците от снопа и на протоните разсеяни в мишената на малкия ъгли и с минимална загуба на енергия. Дадено е подробно описание на време-проеекционните камери с помощта, на които се регистрират трековете на частиците след мишената, както и на системата измерваща времето на прелитане на частиците. Описана е и системата за Монте Карло симулация на процесите изследвани в този експеримент. В края на главата е изложена програмата за измерване на сеченията на раждане на адрони на колаборацията NA61/SHINE. Обсъдени са получените досега резултати. Трябва да отбележа, че тези измервания са изцяло насочени към нуждите на неутринни експерименти.

В четвърта глава са изложени резултатите от валидирането на данните получени с Монте Карло симулация. Описан е начина на апроксимиране на следите на регистрираните частици към повърхността на мишената. Проведено е и специално изследване на ефекта на въздействие върху дрейфа на електроните във време-проеекционните камери под въздействието на наличните в тях електрични и магнитни полета. С помощта на Монте Карло данни е проверено и качеството на реконструиране на траекториите на заредените частици и измерването на техните параметри.

В пета глава са описани подробно всички процедури използвани при анализа на експерименталните данни. Главата започва с подробно изложение на идеята за измерване на сечението тип продукция чрез измерване на отслабването на протонния поток. В действителност задачата се свежда до регистрация на протоните претърпели еластично или квази-еластично взаимодействие в мишената. Описана е процедурата за реконструиране на събитията и селектиране на следите на заредените частици. Проведени са две корекции първата, от които е свързана с геометричната ефективност на експерименталната установка. Тази корекция е определена с помощта на Монте Карло симулация. Втората корекция е свързана с ефективността на системата за измерване на времето на прелитане, която се определя с помощта на експериментални данни. Измерено е сечението тип продукция за взаимодействие на протони с дълга

въглеродна мишена. Проведен е анализ на възможните източници на систематични грешки като е определен приноса на всеки от тях към общата неопределеност на измерването. Показано е в частност, че приносът свързан с използване на различни физически генератори в Монте Карло симулациите при този метод на измерване не е доминиращ. Получените резултати са сравнени с предишни измервания на същата колаборация и други експерименти. Получените стойности на сечението тип продукция при експерименти с използване на къса (2 см.) и дълга (90 см.) мишена се намират в добро съгласие. В края на главата е дискутирано възможното приложение на получения резултат при определянето на неутринния поток в експеримента T2K.

В глава шеста са изложени основните резултати получени в дисертацията и са очертани перспективите за продължаване на тези изследвания с помощта на обновения детектор NA61/SHINE.

В глава седма са описани приносите на Симона Илиева към получените резултати и е приведен списък на нейните публикации по темата на дисертацията, както и списък на публикации на авторката, които пряко не са свързани с темата на дисертацията.

Дисертацията е написана на добър английски език, четете се леко, изложението е стегнато и точно. Оформлението е добро и нямам съществени забележки по него. Единствено по непонятни причини надписите „Глава X“ са на български език.

Авторефератът е написан на български език и макар, че е със структура различна от тази на дисертацията, отразява достатъчно точно и пълно нейното съдържание. Приятно впечатление оставя добрия български език и изчистената от чуждици терминология.

Актуалност на изследванията

В рамките на Стандартния модел се приема, че неутрината са безмасови частици. След експерименталното наблюдение на осцилации на неутрино стана ясно, че тези частици имат макар и малка, но различна от нула маса. Това наложи лагранжиана на Стандартния модел да бъде разширен със съответните масови членове за неутрина, както и да се въведе матрица на смесване на неутрината. В случай на дираковски маси тази матрица може да бъде параметризирана с помощта на три ъгъла и една комплексна фаза. Това са нови параметри в рамките на Стандартния модел, които трябва да бъдат определени експериментално. За тази цел се провеждат експерименти, в които се използват различни източници на неутрино - слънчеви неутрина, неутрина родени в високите атмосферни слоеве на Земята от космически лъчи, или неутринни снопове създадени на ускорители. В последния случай от изключителна важност е точното познаване на съдържанието на снопа и неговия енергетичен спектър. Те се определят с помощта на Монте Карло симулации на взаимодействията на първичния протонен сноп от ускорителя с определена мишена. Точността на тези симулации съществено зависи от доброто познаване на диференциалните сечения за раждане на пиони, каони и протони. В тези сечения като нормировъчен множител влиза сечението тип продукция. Поради тази причина неговото измерване с висока точност е от изключителна важност за експерименти провеждани със снопове от ускорители. Такъв експеримент е T2K. При него неутринния сноп се формира в резултат на взаимодействието на протони с енергия 31 GeV/c получени от ускорителния комплекс J-PARC, които взаимодействат с въглеродна мишена с форма на цилиндър с дължина 90 см и радиус 1,3 см.

Дисертацията на Симона Илиева е посветена именно на експерименталното измерване на сечението тип продукция в протон въглеродни взаимодействия, като използваната в тези измервания мишена е точно копие на тази за експеримента T2K. Полученият от докторантката резултат е най-точното до сега измерване на това сечение и се намира в добро съгласие с предишни независими измервания на същата колаборация. Това по принцип позволява тези резултати да бъдат осреднени и точността, с която познаваме това сечение да бъде съществено подобрена. Полученият в дисертацията резултат може да се използва не само в експеримента T2K, но и в други подобни на него експерименти, например провежданите във Фермилаб MINERvA, NOvA и DUNE.

Приноси на дисертанта

Личните приноси на Симона Илиева са ясно формулирани в заключителната част на дисертацията и се състоят в следното:

- Създадена е процедура за пресмятането на сечението за взаимодействие тип продукция чрез измерването на отслабването на начален сноп частици при преминаването им през мишена с известна дължина.
- Направено е детайлно проучване на възможните систематични ефекти и произтичащите от тях неопределености при определяне на сечението, включително е оценена зависимостта от избора на модел на взаимодействията в Монте Карло генератори.
- Предложен е метод за количествено определяне на честотата на несинхронизирани с тригера частици.
- Тествана е пълната последователност от софтуерни процедури при Монте Карло симулациите в NA61/SHINE. Няколко проблема са идентифицирани и и съответно решени. Част от коригираните софтуерни модули се използват и за реконструкцията на данни и са допълнително тествани преди и след калибровъчната процедура.

Всички резултати приведени в дисертационния труд са получени с личното участие на докторантката и тя има или съществен или водещ принос в тях. Симона е кореспондиращ автор на статията, в която е публикуван основния резултат в дисертацията. Това е ясно указание за нейния водещ принос при получаването му.

Научни публикации

Резултатите от изследванията проведени в дисертацията са публикувани в 5 изключително реномирани списания с импакт фактор (4 в Phys. Rev. D и 1 Eur. Phys. J. C). Тези статии са цитирани три пъти. Симона Илиева е изнесла три доклада на международни конференции, като един е публикуван в списание, 1 е приет за печат и един е публикуван като електронен препринт в hep-ex архива. Цитирани са и два постера представени на международни конференции. Докторантката е съавтор и в 10 други статии публикувани в реномирани списания, които не са пряко свързани с темата на дисертацията.

Заклучение

Представената дисертация отговаря на всички изисквания на закона за развитие на академичния състав, както и на вътрешните правилници за неговото прилагане на Софийския Университет и Физическия факултет. Считаю, че Симона Илиева е оформен учен с придобити умения да извършва изследвания на най-високо ниво, включително и

самостоятелно и напълно заслужава да и бъде присъдена научната и образователна степен „доктор“.

8 юни 2021 г.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'L. Litov', with a long horizontal flourish extending to the right.

/ проф. дфзн Леандър Литов/