

Рецензия

на дисертационния труд „*Studies on the applications of the Triple-to-Double Coincidences Ratio method for primary activity standardization using liquid scintillation counting*“ представен от г-н Чавдар Дуцов за присъждане на образователната и научна степен „доктор“ по научна специалност 4.1. Физически науки, Ядрена физика

от

проф. дфзн Георги Райновски, на научното жури

Преглед на постъпилите документи

Кандидатът е представил дисертация (на английски език), автореферати на дисертацията (на английски и български език) и списък с публикации. Кандидатът е представил и всички необходими документи, изисквани от закона и вътрешните разпоредби на Софийския университет за присъждане на докторска степен. Кандидатът е декларирал, че представената теза се основава на оригинални научни изследвания и това твърдение е подкрепено от доклад за проверка на оригиналността от доц. д-р Красимир Митев, научен ръководител на кандидата.

Биографични данни за кандидата

Кандидатът е получил бакалавърска и магистърска степен по физика (Медицинска физика) от Софийския университет, Физически факултет, катедра „Атомна физика“ съответно през 2016 г. и 2018 г. През 2018 г. кандидатът е приет в докторска програма „Ядрена физика“ във Физическия факултет на Софийския университет в групата на доц. д-р Красимир Митев. Кандидатът успешно завършва програмата през 2021 г. В периода на обучението си като докторант, кандидатът участва в няколко научни проекта, финансирани от Националния фонд „Научни изследвани“, Фонд „Научни изследвания“ на Софийския университет и Европейската метрологична програма за иновации и изследвания. В периода 2019 до 2021 г. кандидатът има две продължителни изследователски посещения в LNHB, CEA Saclay, France. От 2018 г. досега кандидатът работи като физик в лабораторията по метрология на йонизиращите лъчения, катедра „Атомна физика“ във Физическия факултет на Софийския университет „Св. Климент Охридски“.

Преглед и научни приноси на дисертацията

Дисертацията се състои от три части, които обхващат дванадесет глави. Първата част (глави 1 и 2) е обширен преглед на точно сцинтилационното броене (LSC) и неговите приложения. Процесът на формиране на сцинтилационен сигнал е описан подробно заедно с неговите времеви и енергийни характеристики. Накратко са описани и фотоумножителите, използвани в LSC системите. В глава 2 моделът на свободния параметър е представен

подробно и са демонстрирани неговите приложения за изчисляване на ефективността на детекторните системи за LSC. Методът на отношението на тройни към двойни съвпадения (TDCR) е подробно описан като приложение на модела на свободния параметър за абсолютно измерване на активност. Аналогично, методът на съвпаденията със компютърно разсеяни γ кванти е въведен като друго приложение на модела на свободните параметри. Първата част на дисертацията не съдържа оригинални научни резултати, но е от значение, тъй като поставя основата за последващите изследвания и показва, че кандидатът е усвоил експерименталните техники и е придобил необходимите знания и разбиране за извършване на предвиденото изследване. Заслужава да се спомене, че първата част е изградена върху обширно библиографско проучване, съдържащо 99 цитирани материала от общо 153, използвани в дисертацията.

Втората част на дисертационният труд е посветена на изучаването на времевото разпределението на светлинното излъчване. Кандидатът е разработил софтуер за запис и анализ на LS събития (глава 4). Софтуерът има три режима на работа, позволяващи използването на различни алгоритми за броене. Софтуерът е валидиран с помощта на стимулационни и реални експериментални данни. Работата на два алгоритми за преброяване е тествана на симулирани и реални масиви от данни, получени при различни условия. Резултатите от този сравнителен анализ са публикувани в "Applied Radiation and Isotopes". Обширно изследване на разпределението на времевите интервали между сигнали от два фотоумножители, така нареченото взаимно-корелационното разпределение, е представено в глава 5. Получен е аналитичен израз за взаимно-корелационното разпределение на бързи скинтилационни събития. В глава 6 е показано, че този израз може да се използва за определяне на ефективността на система от два фотоумножителя и средния брой регистрирани фотони. Тези резултати представляват един от основните научни приноси на дисертацията и са публикувани в "Scientific Reports, Nature Research".

Третата част на дисертационния труд е посветена на различни приложения на измерванията на разпределението на времето в метрологията. Тази част се основава на резултатите от няколко оригинални научни изследвания, проведени от кандидата. В първото проучване кандидатът е измерил отново времето на живота на възбудените ядрени състояния в ^{57}Fe и ^{237}Np . Използвани са LS-LS и LS- γ техники на съвпадения (глава 6). Времето на живот са извлечени чрез директен анализ на кривите на разпад за съответното състояние или така наречения метод на наклона. Получените резултати са доста точни и като цяло, в съгласие с приетите стойности. Това демонстрира приложимостта на LSC за измервания времена на живот на възбудени ядрени състояния. Резултатите от това проучване са публикувани в "Nuclear Inst. and Methods in Physics Research, Section A". Към това проучване обаче имам една критика и един въпрос. И двете са свързани с извличането на времето на живота на нивото 136,5 keV в ^{57}Fe . Първо, твърдението на страница 106, а именно "*The half-life of this level is too short to be studied with the gamma detector due to its timing resolution.*" като общо твърдение не е правилно. Има много проучвания, при които под-наносекундни времена на живот се измерват с HpGe детектори с подобни експериментални установки (например виж W. Andrejtscheff et al., Nucl. Instrum. Methods 204, 123 (1982)). Методите за извличане на

такива кратки времена на живот изглеждат приложими и при анализа на LS- γ данни. Въпросът е следният:

Бихте ли използвали същата логиката за избор на подходящи LS-LS съвпадения и същият метод за извличане на времето на живота на нивото 136,5 keV ако времената на живот на първите две възбудени състояния са сравними? С други думи, в описаната ситуация би било възможно да се извлече времето на живот на второто възбудено състояние на ^{57}Fe ?

В глава 8 са предложени теоретичен и експериментален метод за оценка на случайните съвпадения в TDCR измерванията. Тези резултати представляват втория от основните научни приноси на дисертацията и са публикувани в "Nuclear Inst. and Methods in Physics Research, Section A". Методите са валидирани чрез използване на симулирани и реални експериментални данни. Показано е, че корекциите за случайни съвпадения подобряват нелинейността на TDCR системите, използвани за изследване на медицински нуклиди с кратък период на полуразпад като ^{11}C , ^{15}O или ^{18}F и са от особен интерес при измерванията на източници с висока активност.

В глава 9 се изследва влиянието на широчината на прозореца за съвпадения върху TDCR измерванията. По-точно, изследваният проблем е свързан с избора на оптимален прозорец за съвпадения, който трябва да позволи да се регистрира по-голямата част от излъчваната светлина и да се сведе до минимум честотата на случайните съвпадения, както и ефекти, дължащи се на забавено излъчване на светлина.. Предложени са практически подходи за оптимизиране на прозореца на съвпаденията. Тези резултати са публикувани в "Nuclear Inst. and Methods in Physics Research".

Глава 10 е посветена на характеризирането и първите измервания с нова TDCR система с компютново разсеяни γ кванти. Кандидатът има специфичен принос в разработването на софтуера за системата за събиране на данни от TDCR система и за поставянето и извършването на първите измервания с нея. Техническите спецификации на системата са дадени подробно и са представени резултатите от няколко измервания.

Глава 11 представя резултатите от валидирането на TDCR системата, разработена и експлоатирана в Софийския университет. Това е осъществено чрез участие в международно сравнение измервания на активността на ^3H , организирано от VIPM, и в две международни сравнения на измервания на активност на ^{222}Rn във вода и в полимери. Резултатите са в отлично съгласие с тези получени от други лаборатории и потвърждават, че TDCR системата в Софийския университет позволява точни измервания, които са признати на международно ниво. Някои от резултатите, получени в тази глава, са публикувани в „Metorlogia“.

Глава 12 обобщава изследванията и основните резултати, получени в дисертацията. Научните приноси са ясно дефинирани и разделени в две групи, а именно приноси към нови знания в областта на измерванията на активността чрез LS броене и принос към методическите аспекти в областта на LS измерванията. Според мен повечето от тези приноси са наистина нови и научно значими.

Дисертацията е добре структурирана и написана. Тя съдържа много технически подробности и всички измервания са строго документирани. Дисертацията се чете сравнително лесно и основната идея, а именно, че времевите аспекти в LS броеното предлагат нови възможности за измерване на активности за метрологични цели, може да се проследи от началото до края. Авторефератите правилно и достатъчно отразяват съдържанието на дисертационния труд.

Публикации по темата на дисертацията

Дисертацията се базира на девет публикации в международни реферирани списания като следва: три в *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section A: accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment* (IF 1.455, SJR 0.75, Q1), две в *Applied Radiation and Isotopes* (IF 1.513, SJR 0.48, Q2), една в *Metrologia* (IF 3.157, SJR 0.64, Q1), една в *Journal of Luminescence* (IF 3.599, SJR 0.65, Q2), една в *International Journal of Environmental Research and Public Health* (IF 3.390, SJR 0.75, Q2) и една в *Scientific Reports, Nature Research* (IF 4.379, SJR 1.24, Q1). В пет от тези публикации кандидатът е или първи автор, или кореспондиращ автор, включително за публикацията в *Scientific Reports, Nature Research*. Това не оставя съмнение, че кандидатът има водещ или значителен личен принос във всички публикации. Броят на публикациите, качеството на списанията, в които са публикувани, и очевидният личен принос на кандидата отговарят и значително надвишават изискванията във вътрешния правилник на Софийския университет за присъждане на докторска степен по физика.

Заклучение

Въз основа на изложените по-горе факти и след преглед на представената дисертация, авторефератите и научните трудове, върху които е изградена дисертацията, потвърждавам, че дисертацията отговаря на всички изисквания на Закона за развитието на академичния състав в Република България и всички допълнителни критерии във вътрешния правилник на Софийския университет за присъждане на научна и образователна степен „Доктор“ по физика. Личните ми впечатления от г-н Дуцов като обещаващ млад учен бяха напълно потвърдени в хода на прегледа на неговата дисертация. Броят и качеството на публикациите, които той представя, са впечатляващи и надхвърлят всички изисквания. Затова съм напълно убеден в научните достойнства на кандидата и неговата дисертация и силно препоръчвам на научното жури да присъди на г-н Чавдар Дуцов научната и образователна степен „Доктор“ по физика.

София

24.08.2021

/проф. дфзн Георги Райновски/