

# **СТАНОВИЩЕ**

**на дисертационен труд**

**за придобиване на образователната и научна степен „доктор”**

**в професионално направление 4.1 Физически Науки,**

**по процедура за защита във Физически факултет (ФзФ)**

**на Софийски университет „Св. Климент Охридски“ (СУ)**

Становището е изготвено от: **доц. д-р Елена Александрова Стефанова, Институт за Ядрени Изследвания и Ядрена Енергетика, Българска Академия на Науките,** в качеството си на член на научното жури, съгласно Заповед № РД 38-335 / 16.07.2021. г. на Ректора на Софийския университет.

**Тема на дисертационния труд: “Изследвания върху приложенията на метода на тройните към двойните съвпадения за абсолютни измервания на активност”**

**Автор на дисертационния труд: Чавдар Чавдаров Дуцов**

## **I. Общо описание на представените материали**

### **1. Данни за представените документи**

Кандидатът Чавдар Дуцов е представил дисертационен труд на английски език и Автореферат на български език, а също и задължителните таблици за Физическия факултет от Правилника за условията и реда за придобиване на научни степени и заемани на академични длъжности в СУ „Св. Климент Охридски“. Представени са и други документи неоспоримо покрепящи постиженията на кандидата.

Представените по защитата документи от кандидата съответстват на изискванията на ЗРАСРБ, ППЗРАСРБ и Правилника за условията и реда за придобиване на научни степени и заемане на академични длъжности в СУ „Св. Климент Охридски“ (ПУРПНСЗАДСУ).

### **2. Данни за кандидата**

Чавдар Дуцов е завършил Националната Природо-математическа гимназия в София, печелил е медали от международни олимпиади по астрономия и астрофизика, има медали от национални олимпиади по математика, първо място от олимпиада по компютърна математика, печелил е първо място на национален конкурс по физика, печелил е и други впечатляващи награди. Следва Медицинска Физика в Софийския Университет „Св. Климент Охридски“. Участвал е в редица научни проекти. Впечатляващата му научно-образователна биография разкрива много сериозна подготовка по математика и програмиране. В периода на

изследвания по дисертационния труд освен в Софийския Университет е работил и във Френската Национална Лаборатория „Анри Бекерел“, Сакле.

### 3. **Обща характеристика на научните постижения на кандидата**

Изследванията в дисертацията съдържат много сериозен принос в научно-приложната сфера и по-конкретно става въпрос за ново знание в областта на измерване на абсолютна активност на радионуклиди с използване на течно-сцинтилационно броене по метода на отношението на броя на тройните към двойните съвпадения (TDCR).

Главните изследвания и приноси в дисертацията са публикувани в 5 (пет) публикации, които са в основата на тази дисертация. Всички са в реферирани списания с висок импакт фактор. Става въпрос за една публикация в **Scientific Reports към Nature Research**, което е списание с **висок импакт фактор от 4.379** за 2020 година, и съответно **Q1** оценка, две публикации в **Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, сектор А**, което е с импакт фактор **1.445** за 2020 година и **Q1** оценка за 2020 и две публикации в **Applied Radiation and Isotopes** с импакт фактор **1.513** за 2020 година и фактор **Q2**. В четири от публикациите дисертантът е пръв автор, а в една е втори. Всичко това в съчетание с уверенията и изказванията на научния му ръководител от българска страна доц. Красимир Митев и на френския колега Prof. Phillippe Cassette категорично говорят за значителния принос на дисертанта в извършената работа.

В рамките на тази работа са разработени и няколко компютърни кода – за анализ на данни от цифровизатор на импулси с цел приложението му в TDCR измервания, както и Монте Карло код за симулация на времето разпределение и броя на детектираните събития при течно-сцинтилационни измервания.

В дисертацията е представена и приложна дейност, резултат от научната, извършена в Лабораторията по Метрология на Йонизиращите Лъчения към Софийския Университет.

Чавдар Дуцов е съавтор и в още 6 публикации.

**Изследванията и резултатите от тези изследвания, включени в тази дисертация надвишават забележимо изискванията за придобиване на образователната и научна степен „доктор“.**

Наистина, за пръв път са предложени методи за оценка на случайните съвпадения в TDCR метода. Аналитично е изведено взаимно-корелационното разпределение на времената между детектирани сцинтилационни събития и възможността това разпределение да се използва за пресмятане на ефективността за регистрация на лъчението и активността на пробата. Изследвани са два алгоритъма за налагане на удължаващо се мъртво време на броячите използвани в TDCM техниката. Установено е влияние на забавената флуоресценция върху определяната по метода TDCM активност на радиоактивна проба. Чрез използване на течно-сцинтилационни техники и методи са измерени по-прецизно от предишни измервания периодите на полуразпад в няколко ядра.

Списанията, в които са публикувани тези изследвания до голяма степен отхвърлят възможността за повтаряне на друг труд или за плагиатство. Това са списания, в които се публикуват първични резултати. Отделно дисертантът и ръководителя му са подписали съответните декларации.

#### **4. Съдържателен анализ на научните и научно-приложните постижения на кандидата.**

В дисертацията са представени постижения както от научно-приложен, така и от научен и чисто приложен характер. Основният принос е научно-приложна методология в съчетание с ново знание в областта на измерване на абсолютна активност на радионуклиди чрез течно-сцинтилационно броене по метода на тройните към двойните съвпадения.

Течно-сцинтилационно броене е техника за измерване на абсолютна активност на алфа и бета емитери, чрез измерване скоростта на броене на излъчените фотони. За целта пробата се разтваря в течен сцинтилатор, където при разпада си и при последващо взаимодействие на излъчените частици със сцинтилатора се излъчват фотоните. Поради факта, че радионуклидите са в рамките на активния обем на детектора (течния сцинтилатор) ефективността за регистрация на излъчените частици е по-висока в сравнение с дуги методи. Достига 100% за алфа-разпадащи се и за излъчващи високоенергийни бета-частици радионуклиди. Ефективността за регистрация на нискоенергийни бета-частици обаче е по-ниска. Течно-сцинтилационното броене е техника за измерване на радиоактивност с много практически приложения. Съществуват няколко метода за измерване на абсолютна активност използвайки тази техника. Един такъв метод е метода на тройните към двойните съвпадения (TDCR). В дисертацията е представено значително усъвършенстване на този метод, което всъщност е значимо ново знание в тази област.

Изследвани са два различни алгоритъма за броене на съвпадения при провеждане на TDCR измервания. Тези алгоритми на броене са свързани с необходимостта от поставянето на мъртво време след всеки детектиран сигнал, за да се избегне послесветенето от фотоумножителите. Сравнени са два алгоритъма – на общото мъртво време (CDT) и на индивидуални мъртви времена (IDT). Резултатите са публикувани в списанието **Applied Radiation and Isotopes с импакт фактор 1.513 за 2020 година и фактор Q2**. Чавдар Дуцов е първи автор в тази работа.

Изведен е аналитичен израз за разпределението на интервалите от време между сигналите от два фотоелектронни умножителя (взаимно-корелационно разпределение) – единият сигнал задаващ старт, а другия стоп. Експериментално е изследвана зависимостта на светлинния добив на сцинтилатора от отдадената енергия. Намерена е зависимост на височината на разпределението от депозираната енергия, което може да даде връзка на височината на взаимно-корелационното разпределение с ефективността за детектиране. Това е нов подход в измерванията на абсолютна активност. Получените резултати са публикувани

в списанието **Scientific Reports** към **Nature Research**, което е списание с висок импакт фактор от 4.379 за 2020 година, и съответно Q1. Дисертантът е втори автор в тази работа.

Чрез използване на течно-сцинтилационни техники и методи са измерени по-прецизно от предишни измервания периодите на полуразпад в няколко ядра. Това показва, че методите на течната сцинтилация може да се използват за прецизно измерване на периоди на полуразпад до 8 ns. Изследването е публикувано в списанието **Applied Radiation and Isotopes** с импакт фактор 1.513 за 2020 година и фактор Q2. Дисертантът е първи автор.

За първи път са разработени методи за оценка на случайни съвпадения при TDCR измервания. Представени са два метода, експериментален и аналитичен. Експерименталният метод е използван, за да се изведат аналитични уравнения за пресмятане на скоростта на броене на случайните съвпадения. Изведените уравнения могат да се използват във всички съществуващи TDCR системи. Тази разработка е с много важен принос към научно-приложните области, тъй като позволява измерване на проби с много високи активности. Предложените корекции за случайни съвпадения позволяват и изследването на дълги прозорци на съвпадения, което от своя страна позволява изследването на зависимостта на забавената флуоресценция от времето. Тези корекции също така биха подобрили нелинейността на TDCR системите, което е важно при измервания на нуклиди с кратки периоди на полуразпад. Разработките по методите за оценка на случайни съвпадения при TDCR измервания са публикувани в списание **Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A**, което е с импакт фактор 1.445 за 2020 година и Q1 оценка за 2020. Дисертантът е първи автор в тази работа.

Изследвана е зависимостта на измерените скорости на броене в каналите на двойни и тройни съвпадения от ширината на прозореца. Поради наличието на забавена флуоресценция в сцинтилаторите е възможно някои сцинтилационни фотони да се излъчат със забавяне. Когато прозорецът е по-широк, тези забавени събития може да се детектират напълно. Това е проблем при детекторната TDCR техника, тъй като при нея е важно точното детектиране на отношението на броя на тройните към двойните съвпадения. Благодарение на разработения метод за корекция на случайните съвпадения е изследвано влиянието на забавената флуоресценция върху измерената с TDCR метода активност на радионуклиди. Изследването показва, че наистина забавената флуоресценция повлиява върху измерванията на активност чрез TDCR и се налагат подобрения в метода, за да се намали това влияние. Резултатите от това изследване са публикувани в списание **Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A**, което е с импакт фактор 1.445 за 2020 година и Q1 оценка за 2020. Дисертантът е първи автор в тази работа.

Разработена е нова Комптън-TDCR система с цел преодоляване на проблема със забавената флуоресценция при по широки прозорци. Системата се състои от външен източник на моноенергетични гамма кванти и комптънов детектор, работещ в схема на

съвпадение с TDCR детектора. Системата е построена в Националната Лаборатория на Франция „Анри Бекерел“. Работата по тази разработка продължава.

В Глава 11 от дисертацията са дадени практически приложения на TDCR метода, направени в лабораторията по Метрология на Йонизиращите Лъчения към Софийския Университет. Използвайки този метод лабораторията е участвала във валидиране на ключово сравнение на активност на проба, във валидиране на първично измерване на активност на Rn-222 във вода и други важни практически приложения. Изглежда, че дисертантът е участвал активно в тази дейност.

## 5. Лични впечатления за кандидата

Единствените получени от мен лични впечатления са от предзащитата на дисертацията. Кандидатът беше уверен, говореше компетентно, усещаше се опитът от извършената работа, както и желанието да се работи в даденото направление. Впечатли факта, че ръководителят на изследванията от френска страна проф. Phillipe Cassette присъства лично в София специално за предзащитата и разказа пространствено и подробно за огромния обем работа и за съществените приноси на дисертанта в работата.

## 6. Заключение

След като се запознах с представените дисертационен труд, Автореферат и другите материали, и въз основа на направения анализ на тяхната значимост и съдържащи се в тях научни, научно-приложни, и приложни приноси, категорично и уверено **потвърждавам**, че научните постижения отговарят и надхвърлят изискванията на ЗРАСРБ и Правилника за приложението му и съответния Правилник на СУ „Св. Климент Охридски“ за **придобиване на образователната и научна степен „доктор“**. В частност кандидатът надвишава минималните национални изисквания в професионалното направление и не е установено плагиатство в представените дисертационен труд, Автореферат и научни трудове.

Уверено давам своята **положителна** оценка на дисертационния труд.

## II. ОБЩО ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Въз основа на гореизложеното, **категорично препоръчвам** на научното жури да присъди **образователната и научна степен „доктор“** в професионално направление 4.1 „Физически науки“ на Чавдар Чавдаров Дуцов.

15.08.2021 г.

Изготвил рецензията: доц. д-р Елена Стефанова