



# РЕЦЕНЗИЯ

от **Валентин Николов Попов**, проф. дфзн, Физически факултет, Софийски университет „Св. Климент Охридски“ на материалите, представени за участие в конкурс за заемане на академичната длъжност „професор“ в област на висше образование 4. Природни науки, математика и информатика, професионално направление 4.1. Физически науки, научна специалност „Електрични, магнитни и оптични свойства на кондензираната материя (мултифероични свойства на обемни образци и наноматериали)“, по дисциплината „Физика с биофизика“.

В конкурса за **професор**, обявен в Държавен вестник, бр. 102/08.12.2023 г. и в сайта на Лесотехническият университет (ЛТУ), за нуждите на катедра „Математика, физика и информатика“ към факултет „Горска промишленост“ (ГП), като кандидат участва д-р **Илиана Наумова Апостолова**, доцент в кат. „Математика, физика и информатика“, факултет ГП на ЛТУ.

## 1. Кратки биографични данни

Кандидатът доц. Апостолова се дипломира като физик, ОКС Магистър по физика на твърдото тяло, във Физическия факултет на Софийския университет през 1993 г. Пак там тя придобива квалификация за учител по физика през 1994 г. Била е докторант на самостоятелна подготовка в кат. „Физика на твърдото тяло и микроелектроника“. През 2013 г. защитава докторска дисертация на тема „Статични и динамични свойства на магнитни и мултифероични наночастици“ и ѝ е присъдена ОНС „доктор“.

Професионалната кариера на кандидата започва като учител по физика и информатика в 54 СОУ – София, след което е асистент, старши асистент, старши асистент, главен асистент и доцент в кат. „Математика, физика и информатика“, ф-т ГП, ЛТУ, където има над 27 г. стаж. Водила е лекции/семинарни упражнения/лабораторни упражнения по „Физика с основи на биофизиката“, „Физика с биофизика“, „Физика“ и „Защита от шум и вибрации“ за различни специалности и факултети на ЛТУ.

Научните интереси на кандидата са в областта на физиката на кондензираната материя, теоретичното изследване на статични и динамични свойства на комплексни системи с нелинейни взаимодействия между подсистемите им, изследвания в областта на наноматериалите – магнитни и мултифероични наночастици, тънки филми и графен. Използва главно метода на гриновите функции, по-точно този на Церковников, който е видоизменен за приложение в наноструктури, като за пресмятанията използва собствени компютърни кодове.

## 2. Общо описание на представените материали

Кандидатът участва в конкурса с:

- Учебници – 2 броя;
- Отпечатани учебни пособия – 1 броя;
- Публикации – 58 броя.

Публикациите могат да бъдат класифицирани както следва:

По вид:

- Публикации в научни списания – 58 броя;

Език, на който са публикувани:

- На чужд език – 58 броя

Брой на съавторите:

- Самостоятелни – 2 броя
- С един съавтор – 1 броя
- С двама съавтори – 46 броя
- С трима и повече съавтори – 12 броя

Цитирания на публикациите

- общо - 505 цитирания в списания с Q (квартил от Q1 до Q4);
- на публикации за конкурса – 414 цитирания в списания с Q;
- общ H index – 11.

## 3. Покриване на минималните критерии за заемане на академична длъжност „професор“

Кандидатът изпълнява формалните числови критерии на Правилника за приложение на ЗРАСБГ и на Правилника за РАС на ЛТУ за заемане на академичната длъжност „професор“, както е резюмирано в таблицата:

Група от показатели	Изисквани точки	Точки на кандидата
А	50	50
Б	-	-
В	100	190
Г	200	871
Д	100	828
Е	150	170

Отбелязваме, че броят на точките на кандидата по показатели Г (публикации извън хабилитационния труд) и Д (цитирания в световните бази данни с научна информация) многократно надхвърля изисквания брой точки от споменатите правилници.

## 4. Обща характеристика на дейността на кандидата

#### **4.1. Учебно-педагогическа дейност (работа със студенти и докторанти)**

Учебно-педагогическата дейност на кандидата като доцент включва преподаване на студенти от ОКС „Магистър“, спец. Ветеринарна медицина по дисциплината „Физика с основи на биофизиката“ – лекции и лабораторни упражнения, ОКС „Бакалавър“, спец. ЕООС по дисциплината „Физика с биофизика“ – лекции и лабораторни упражнения и ОКС „Бакалавър“, спец. ЕООС по дисциплината „Защита от шум и вибрации“ – лекции, лабораторни и семинарни упражнения. Кандидатът участва активно и в разработването на лабораторни упражнения, тестове и учебни програми за водените от нея курсове. По специално, кандидатът прилага за конкурса публикувани два учебника („Физика с биофизика“ и „Физика с биофизика за еколози“) и едно помагало („Тестове по Физика и Физика с биофизика“), изготвени за нуждите на ЛТУ. Това показва активната позиция и ангажираност на кандидата в учебния процес на ЛТУ.

#### **4.2. Научна и научноприложна дейност**

Научно-изследователската дейност на кандидата е в областта на мултифероиците и е свързана с тяхното теоретично изследване. Мултифероиците са материали, в които магнитните, електричните и структурните параметри на подреждане са силно свързани, което може да доведе до едновременно възникването на магнитно подреждане, електрично подреждане и фероеластичност. Такива системи могат едновременно да имат намагнитеност и поляризация, като те могат да се пораждат и контролират както от магнитно, така и от електрично поле. Интересът към мултифероиците се дължи на значителния напредък в синтезирането им в обемна фаза и като наночастици, както и на надеждата за практическото им използване за компютърна памет и за лечение с магнитна хипертермия. Макроскопичното описание на тези явления в тези системи може да се извършва с теорията на Ландау. Произходът на много от наблюдаваните явления в мултифероици може обаче да се обясни само чрез микроскопичния подход, който е използван в предложените работи. В този подход се съставя хамилтонианът на системата от хамилтонианите на отделните подсистеми – спинова, електронна, фононна и т.н. – и техните взаимодействия, както и взаимодействието с външни електрично и магнитно полета. За пресмятане на статични и динамични свойства на мултифероици е използван методът на функциите на Грийн във формулировката на Церковников. Чрез този метод за магнитната система се пресмятат спиновата енергия на възбуждане и затихване, и средната намагнитеност; за фероелектричната система – енергията на псевдоспиновото възбуждане и затихване, и поляризацията; за атомната система – фононната енергия и затихване; важна величина, която се пресмята в този подход е диелектричната функция. Използваният метод има огромни възможности за описание на мултифероици с разнообразен атомен състав, разнообразни микроскопични взаимодействия и външни въздействия. Това преимущество на метода е използвано за моделиране на различни мултифероици, като са идентифицирани взаимодействията, водещи до определени

макроскопични ефекти и е постигнато качествено съответствие на получените резултати с експерименталните данни.

Част от приложените статии е посветена на изясняване на връзката между структурата и свойствата на мултифероиците и на магнитоелектричната връзка на микроскопично ниво. Особено внимание е отделено на идентифициране на механизми за поява на спин-индуцирана поляризация в обемни образци, именно еднйонен и двуйонен магнострикционен механизъм, свързан с нерелативистки обменни взаимодействия [3 - 7, 27, 29, 32, 34], „инверсен“ Дзялошинский – Мория (ДМ) механизъм, свързан с обменното взаимодействие на ДМ при отчитане на спин-орбиталното взаимодействие [5- 7, 31] и механизъм на спин-зависимата p-d хибридизация [10, 17, 27, 33]. Приносите на тези механизми за възникване на спин-индуцираната поляризация са анализирани [5, 6, 7, 29]. Разгледан е голям брой системи, отличаващи се по структура и състав, което определя магнитното подреждане в тях и различните механизми на спин-индуцираната поляризация. Като пример може да се приведат статии [7, 29], в които се показва, че спонтанната поляризация в полярните магнетици  $\text{BiFeO}_3$  и  $\text{LiFeP}_2\text{O}_7$  в рамките на напречния модел на Изинг зависи от магнитното подреждане и може да се управлява с магнитно поле. Друга част от статиите е посветена на изучаване на ефекта на дотиране на нискоразмерни системи [1, 20, 22, 25, 26, 39, 41, 43, 45]. Дотирането деформира системите, което води до изменение на електричното и магнитното подреждане в тях, а заедно с това изменя температурата на фероичните фазови преходи, намагнитеността и поляризацията. Като пример дотирането на наночастици от  $\text{YCrO}_3$  с Mn води до нарастване на диелектричната константа, а при дотиране с Gd, тя намалява, поради различните радиуси на атомите на Y, Mn и Gd [20]. Размерните и повърхнинните ефекти са отчетени с използване на моделни наночастици, които са хомогенни по състав, на хетерогенни по структура, с различни обменни взаимодействия и магнитна анизотропия в обема и по повърхността. В рамките на този модел са изследвани зависимостта на намагнитеността, поляризацията и температурата на фазовите преходи от размера на наночастиците [20, 22, 25, 26, 45].

Част от статиите имат научноприложен характер и се отнасят до изследване на магнетизма и мултифероизма при стабилни температури в дотирани магнитни и мултифероични наночастици [9, 12, 13, 16, 21, 30, 37, 38, 40, 44, 46, 47]. Тези явления са привлекателни с възможността за манипулиране на свойствата на наночастиците и откриване на възможности за приложение в много области на науката и технологиите, например за приложение в борбата с рака чрез локално загряване. В частност при намаляване на размера на наночастиците от някои оксиди и сулфиди в тях възниква намагнитеност поради наличие на анионни ваканции [9, 13, 21, 38, 46, 47]. Магнитните свойства на наночастиците зависят и от дотирането, изменящо взаимодействията между спиновете, деформацията на кристалната решетка и температурата на магнитните преходи, което е

изследвано в случая на оксиди [9, 12, 13, 16, 30, 37, 38]. Особено внимание е отделено на моделиране на влиянието на дотирането с различни йони върху ширината на забранената зона на електронната структура на наночастиците [37, 40, 44, 46, 47].

В част от статиите е разгледано конкретно приложение на наночастиците при лечение на рака чрез метода на магнитната хипертермия. Методът се основава на локалното загряване на туморните клетки в температурния интервал 41°C до 46°C чрез прилагане на променливо магнитно поле върху наночастици, които имат магнитен фазов преход в този интервал. Ефективността на метода се определя от степента на загряване, която е свързана с площта на хистерезисната крива, т.е. от коерцитивната сила и намагнитването на насищане. Основната цел на част от статиите е търсене на наночастици, отговарящи на тези изисквания чрез промяна на размера на наночастиците, вида и степента на дотиране [11, 18, 24, 28, 36, 42]. За изследваните оксиди са определени оптималните параметри за приложимост в метода на магнитната хипертермия. Показано е, че най-подходящи са композитните наночастици, които позволяват постигане на ефективност на загряването и покриване на изискванията за биосъвместимост [28].

В няколко статии са изследвани системи със силно спин-фононно взаимодействие [8, 14, 15, 19, 35, 38]. В една от статиите е изследвана аномалията на фононните спектри и затихването на фононите под температурата на магнитния фазов преход на оксиди  $R\text{CrO}_3$  в зависимост от редкоземния елемент R, която е обяснена с конкуренция на различни магнитни подреждания [8]. Влиянието на дотирането и размерните ефекти на фононните спектри на наночастици е подробно изследвано в [14, 15, 19, 35, 38].

Списък на публикациите по конкурса:

[1] Phys. Stat. Sol. B 252, 8, 1839 (2015); [2] Phys. Lett. A 379, 7, 743-746 (2015); [3] Mod. Phys. Lett. B 29, 17, 1550086 (2015); [4] Phys. Stat. Sol. B 252, 12, 2667 (2015); [5] Mod. Phys. Lett. B 29, 1, 1550251 (2015); [6] Eur. Phys. J. B 88, 328 (2015); [7] Phys. Stat. Sol. B 254, 4, 1600433 (2017); [8] Mod. Phys. Lett. B 31, 3, 1750009 (2017); [9] Mod. Phys. Lett. B 31, 36 1750351 (2017); [10] Eur. Phys. J. B 90, 236 (2017); [11] Phys. Stat. Sol. B 255, 6, 1700587 (2018); [12] Physica E 99, 202 (2018); [13] J. Magn. Magn. Mat. 456, 263 (2018); [14] Solid State Commun. 279, 17 (2018); [15] Mod. Phys. Lett. B 32, 21, 1850250 (2018); [16] Phys. Stat. Sol. B 255, 8, 1800179 (2018); [17] Solid State Commun. 292, 11 (2019); [18] Eur. Phys. J. B 92, 58 (2019); [19] Mod. Phys. Lett. B 33, 1950141 (2019); [20] Eur. Phys. J. B 92, 105 (2019); [21] Phys. Stat. Sol. B 1900201 (2019); [22] Phys. Stat. Sol. B 2000046 (2020); [23] J. Magn. Magn. Mat. 513, 167101 (2020); [24] Physica E 124, 114364 (2020); [25] Phys. Stat. Sol. B 258, 2000482 (2020); [26] J. Alloys and Compounds 852, 156885 (2020); [27] Solid State Commun. 323, 114119 (2021); [28] J. Magn. Magn. Mat. 522, 167504 (2021); [29] Mod. Phys. Lett. B 33, 2150158 (2021); [30] Eur. Lett. 133, 47003 (2021); [31] Phase Trans. 94, 527 (2021); [32] Phys. Lett. A 407, 127480 (2021); [33] Phys. Stat. Sol. B 258, 2100136 (2021); [34] Phase Trans. 94, 705 (2021); [35] J. Appl. Phys. 130, 175103 (2021); [36] Phys. Stat. Sol. B 259, 2100545 (2022); [37] Magnetochem. 8, 122 (2022); [38] Magnetochem. 8, 169 (2022); [39] Nanomaterials 13, 79 (2022); [40] Nanomaterials 13, 145 (2022); [41] Int. J. Mod. Phys. B 37, 2355021 (2022); [42] Materials 16, 2353 (2023); [43] Phys. Stat. Sol. B 260, 2300077 (2023); [44] Phys. Stat. Sol. (RRL) 2300159 (2023); [45] Magnetochem. 9, 142 (2023); [46] Eur. Phys. J. B 96, 77 (2023); [47] Appl. Sciences 13, 6411 (2023).

### 4.3. Внедрителска дейност

Изследователската дейност на кандидата не включва внедряване.

### 4.4. Приноси (научни, научноприложни, приложни)

Приведеният анализ на съдържанието на приложените статии показва, че в тях систематично и с дълбоко разбиране е използван микроскопичен подход за изследване и анализ на магнитоелектрични взаимодействия, водещи до мултифероизъм. В частност подробно са разгледани механизмите за поява на спин-индуцирана поляризация и е показано, че тя може да доведе до антисиметрично магнитно взаимодействие от тип Дзялошинский – Мория. Подробно е изследвано изменението на свойствата на мултифероиците при дотиране и възникването на мултифероизъм при стайна температура. Въведени са модели на наночастици, отчитащи влиянието на размерите и дотирането. Предложено е приложение на наночастици с оптимизирани характеристики за метода на магнитната хипертермия. Конкретните резултати в представените статии могат да се използват при по-нататъшните теоретични и експериментални изследвания на мултифероиците.

### 5. Оценка на личния принос на кандидата

Личният принос на кандидата е в използване на специално съставени моделни хамилтониани и метода на гриновите функции за числено пресмятане на статични и динамични свойства на магнитни материали и мултифероици.

### 6. Критични бележки

Нямам

### 7. Лични впечатления

Лични впечатления от кандидата имам само от защитата на докторската ѝ дисертация, където тя показва, че има солидни знания в областта на мултифероиците и метода на гриновите функции, и умее аргументирано да отстоява своята позиция.

### 8. Заключение:

Във връзка с посоченото по-горе, предлагам доц. Илиана Наумова Апостолова да бъде избрана за „професор“ в област на висше образование 4. Природни науки, математика и информатика, професионално направление 4.1. Физически науки, научна специалност „Електрични, магнитни и оптични свойства на кондензираната материя (мултифероични свойства на обемни образци и наноматериали)“, по дисциплината „Физика с биофизика“.

08/04/2024  
.....  
/дата/

Рецензент:

/проф. дфзн Валентин Николов Попов/