

## РЕЦЕНЗИЯ

на проф. дфзн Иван Желязков  
член на Научното жури по конкурса  
относно присъждане на академичното звание **доцент** на  
д-р Снежана Димитрова Йорданова-Дюлгерова

На обявения в ДВ бр. 50/15.06.2018 г. конкурс за академичното звание **доцент** в областта Висше образование 4, *Природни науки, математика и информатика*; професионално направление 4.1. *Физически науки*, научна специалност *Оптика, спектроскопия и физика на плазмата* за нуждите на Катедра *Оптика и спектроскопия* при Физическия факултет на Софийския университет “Св. Климент Охридски” единствен кандидат е гл.ас. д-р Снежана Димитрова Йорданова-Дюлгерова.

### 1. Образование и професионална квалификация

Гл.ас. д-р Снежана Йорданова е родена на 12 юни 1980 г. в София. Средното си образование получава през 1998 г. в 81 СОУ “Виктор Юго”, София, като ученик в езикова паралелка (с френски език). В периода 1998–2002 г.г. е студент по бакалаварска програма по *физика* към Физическия факултет на СУ “Св. Климент Охридски” и се дипломира като *бакалавър по физика* със среден успех мн. добър 5.35 и защитена дипломна работа на тема “Източници на отрицателни водородни йони” с отличен успех 5.50. От 2002 до 2004 г. е студент по магистърска програма *Физика на плазмата* и се дипломира като *магистър по физика* (специалност *Физика на плазмата*) със среден успех отличен 5.78 и защитена дипломна работа на тема “Спектрална диагностика на разряд, поддържан от повърхнинна вълна в газова смес Ag–He” с отличен успех 6.00. Третият етап от нейното обучение във Физическия факултет на СУ е докторантура по *Спектроскопия на високочестотни разряди* (2004–2008 г.г.) с научен ръководител доц. д-р Иванка Колева. След успешно защитен дисертационен труд със същото заглавие през 2010 г. на Снежана Димитрова Йорданова е присъдена образователната и научна степен **доктор** по научната специалност 01.03.16 “Физика на плазмата и газовия разряд”.

Трудовата си кариера г-жа Снежана Йорданова започва през 2008 г. като физик в Катедра *Оптика и спектроскопия*, Физически факултет, СУ “Св. Климент Охридски”, а в 2009 г. е повишена в длъжност асистент. След присъждане на научната й степен, от 2011 г. тя е главен асистент в същата катедра. Преподавателската й работа е изключително разнообразна – тя включва 11 лекционни курса по: различни видове спектроскопии, компютърно моделиране в оптиката и спектроскопията, методи на атомния спектрален анализ, радиометрия и фотометрия, геометрична оптика, колориметрия, физика на микроразрядни източници на плазма и приложения. Д-р Йорданова е била ръководител на една магистърска дипломна работа. Наред с работата си със студенти в Университета, през 2017 и 2018 години тя провежда семинар-практикум по оптика пред ученици от VII клас съответно във Велико Търново и София.

Г-жа Снежана Йорданова е повишавала своята квалификация като плазмист-спектроскопист в Университета в Монреал, Канада (3 месеца през 2006 г.) и в Рурския университет в Бохум, Федерална република Германия (1 месец през 2007 г.).

### 2. Научна продукция и участие в научни проекти

Гл.ас. д-р Снежана Йорданова участва в конкурса с 22 публикации, 9 от които са използвани при написване на дисертационния й труд. Така че, броят на публикациите й след присъждане на научната степен доктор са 13 – едно приемливо число. От 22-те публикации 6 са публикувани в *J. Phys. D: Appl. Phys.*, 5 в *J. Phys.: Conf. Series*, 4 в *AIP Conf. Proc.*, 2 в *Meetings in Phys. at University of Sofia*, и по 1 съответно в *Spectrochim. Acta Part B*, *Spectroscopy Letters*, *Rev. Sci. Instrum.*, *36th EPS Conference on Plasma*

*Physics* и в *Annual of Sofia University "St. Kliment Ohridski"*. Д-р Снежана Йорданова има една самостоятелна публикация – останалите са в съавторство: 7 с двама автори, 8 с трима, 4 с четирима и 2 с повече автори. Бих искал да подчертая, че в 10 от съвместните публикации, Снежана Йорданова е пръв автор, което говори за нейната водеща роля в съответните изследвания.

Д-р Снежана Йорданова още в най-ранния стадий на академичната си кариера активно се включва в разработването на научни проекти – техният брой е внушителен: 14, на два от които тя е ръководител. Тематиката на 12-те проекта, в които Йорданова е член на научните колективи, обхваща различни видове спектроскопии (лазерна спектроскопия на метални хидриди, свръхчувствителна спектроскопия на молекули от интерес в астрофизиката, спекрален метод за определяне на атомната температура на водородна плазма) както и при моделирането и диагностиката на различни видове източници на отрицателни водородни йони и миниатюрен микровълнов плазмен източник при атмосферно налягане. Снежана Йорданова участва в два 5-годишни проекта по чисти технологии за устойчива околна среда и за плазмено третиране на газове. Двата проекта, на които тя е ръководител, се отнасят за разработването на спектрални методи за диагностика на водородни източници на нискотемпературна плазма в различни режими на работа, както и на плазмените характеристики на ниско- и високотемпературна водородна плазма.

### **3. Основни научни приноси**

Както се вижда от Списъка на научните публикации и от темите на научните проекти, в които д-р Йорданова е член, или ръководител, нейните основни научни приноси се отнасят за разработването на специфични спектрални методи за диагностика на различни видове високочестотни разряди: вълноводен разряд, индуктивен разряд в тандемен плазмен източник, източник на индуктивно свързана плазма във външно магнитно поле, коаксиален газоразряден източник при различни режими на работа на разряда, състав на работния газ и работното налягане. При конкретизиране на научните приноси в публикациите, преставени за конкурса, акцентът ще бъде върху метода, който е използван за диагностика на създаваната плазма и съответните получени плазмени характеристики. Анализ на устройствата няма да правя, както ще изключа от разглеждане публикациите, върху които е написан дисертационният труд на кандидата и които са били рецензирани при процедурата по присъждане на образователната и научна степен доктор на Снежана Йорданова. Тези публикации ще бъдат отчетени при оформяне на крайното ми мнение по конкурса.

Основните спектрални методи, разработени в дисертационния труд на Снежана Йорданова са: т.нар. “метод на пресечните точки” за едновременно определяне на електронната концентрация и електронната температура, разработен въз основа на ударно-радиационен модел (с 14 балансни уравнения) и доразвит с отчитане на налягането освен на неутралите и на електроните и йоните, и методът на оптична емисионна спектроскопия на молекулно-водородна плазма, като за определяне на степента на дисоциация на водорода е разработен метод на актинометрията чрез добавката на аргон.

Методът на пресечните точки е използван за диагностика на микровълнов аргонов разряд при ниско налягане в диелектрична капиляра с дължина 15 mm (Публикация № 6). Микровълновият източник е на честота 2.45 GHz, като подаваната мощност е в интервала 6–15 W. Спектърът на аргона е в интервала 700–850 nm и двупараметричната зависимост (електронна температура, електронна концентрация) на отношенията на интензитетите на 10 спектрални линии, четири от които,  $I_{738.4}/I_{727.3}$  и  $I_{811.5}/I_{826.5}$ , представени с черни и червени изолинии на фиг 2b, позволяват да се заключи, че електронната концентрация е  $n_e = 2.6 \times 10^{12} \text{ cm}^{-3}$ , а електронната температура е  $T_e$

$= 3.1 \text{ eV}$ . Същият метод е използван за диагностика на плазмата на малък аргонов повърхнинно-вълнов разряд при атмосферно налягане (Публикация № 7). Честотата на микровълновия генератор е  $2.45 \text{ GHz}$ , подаваната мощност е  $10 \text{ W}$ , а контейнерът е керамична тръбичка с вътрешен диаметър  $1 \text{ mm}$  и дължина  $11 \text{ mm}$ . Измерваният излъчвателен спектър на аргона е в областта  $645\text{--}825 \text{ nm}$  при различни газови потоци и подавани микровълнови мощности. Получените стойности за параметрите на плазмата са  $n_e = (3.6\text{--}4.5) \times 10^{14} \text{ cm}^{-3}$  и  $T_e \approx 1.6 \text{ eV}$ . Детайлите от прилагането на метода са илюстрирани на фигури 2 и 3. За определяне параметрите на отрицателни водородни йони, създавани в единичен елемент от матричен източник, както и на неутралните частици, създавани в планарен индуктивно-свързан разряд във водород, в публикации с номера 11 и 12 е използвана оптична емисионна спектроскопска диагностика, основана на измерване на Доплеровото разширение на Балмеровата  $H_\alpha$  линия. За целта е създадено ново експериментално съоръжение, илюстрирано на фиг. 1 в Публикация № 11. В същата публикация е изложена същността на метода, а именно профилът на спектралната линия се представя с функцията  $I_{\text{line}}(\lambda, a_{\text{line}})$ , където  $a_{\text{line}}$  е параметър, който включва централната дължина на вълната  $\lambda_0$ , амплитудата  $A_{\text{amp}}$ , ширината на линията  $\Delta\lambda$  и други характеристики. В крайна сметка тоталният профил на линията  $H_\alpha$  е сума от 7 спектрални компоненти с еднакви ширини на линията  $\Delta\lambda$ , но с различни интензивности. Анализът на Доплеровото разширение  $\Delta\lambda_D$  от централния пик на  $H_\alpha$ , получено от интерферограми при три различни налягания  $p = 90, 130$  и  $160 \text{ mTorr}$  и три различни мощности  $P = 50, 100$  и  $150 \text{ W}$ , дава информация относно температурата  $T$  на термичните водородни атоми (фиг. 8b), която намалява с увеличаване на налягането и прилаганата мощност. Определени са важни характеристики като температурата на термичните атоми, енергията на бързите атоми, отношението на концентрациите на тези две групи от атоми (фиг. 9a), както и на относителното заселване на компонентите от фината структура на водородното състояние с главно квантово число  $n = 3$ . По-подробно изложение както на метода, така и на експерименталните резултати се съдържа в Публикация № 12. В Публикация № 13 при изследвания, проведени в същото експериментално съоръжение, е представен ударно-радиационен модел на водородна плазма, базиран на 14 нелинейни балансни уравнения. Тринадесет от тях отчитат 13 кинетични процеса (Таблица I) определящи концентрациите на атомите в основно състояние ( $n = 1$ ), на атомите в първите девет възбудени състояния ( $n = 2\text{--}10$ ), както и концентрациите на трите вида положителни йони на  $H, H_2$  и  $H_3$ . Четиринадесетото уравнение е за запазване на броя на частиците. В резултат от съпоставката на експериментално измерените и моделираните отношения на интензивностите на Балмеровите линии  $H_\alpha$  и  $H_\beta$  са определени също така и концентрацията на електроните, електронната температура и степента на дисоциация. В Публикации с номера 14 и 15, отново на същото експериментално съоръжение при високочестотна ( $27 \text{ MHz}$ ) мощност в интервала  $50\text{--}400 \text{ W}$  и налягане  $p = 20\text{--}60 \text{ mTorr}$ , са изследвани гореспоменатите характеристики на водородната плазма при два режима на горене на разряда: капацитивен (E-мод) при ниски мощности и индуктивен (H-мод) при високи мощности, чрез анализ на експериментално получения профил на линията  $H_\alpha$  (фигури 4–9 в Публикация № 14 и фигури 1 и 2 в Публикация № 15). В съвсем прясната Публикация № 16 за пръв път експериментално е изследвана хибридна структура на компактен ВЧ източник на отрицателни водородни йони (фиг. 1). Хибридна структура се формира в резултат от внасянето на постояннотокава мощност в областта на плазменото разширение. Поради приложената висока мощност ( $650 \text{ W}$ , H-мод), необходима за получаването на отрицателни водородни йони, единственият начин за експерименталното определяне на плазмените параметри е чрез неинвазивна техника. Освен анализ на експерименталните наблюдения, е създаден дву-размерен дву-флуиден плазмен модел на създаваната

плазма, включващ уравнения за електроните и трите положителни йона на водорода (уравнения (1)–(3)). Кинетиката на водородната плазма се основава на усъвършенстван ударно-радиационен модел, отчитащ 13 процеса (Таблица 1). Резултатите от моделирането на разряда са впечатляващи (фигури 6–10). Оптично-емисионната диагностика (чрез използване на интензивностите на двете Балмерови линии  $H_{\alpha}$  и  $H_{\beta}$ ) дава аксиалните зависимости на електронни и йонни (за трите вида водородни йони) концентрации, както и на техните температури (фигури 11–18). В Публикация № 17 са изследвани водородните неутрала в коаксиален постоянен ток разряд за създаване на метални хидриди (NiH, FeH, CrH). Експерименталното устройство за производство на NiH хидрид оперира при газова наляганя 200, 500 и 1600 mTorr, разрядни токове в интервала 20–200 mA, протичащи при прилагане на напрежения от 350 до 650 V. Спектралните наблюдения са правени при разряден ток 200 mA при трите наляганя. Направена е съпоставка между профила на линията  $H_{\alpha}$ , регистриран във ВЧ разряд, и този в постояннотоковия разряд. Установено е, че за двата разряда централните части (дължащи се на излъчването от термичните атоми) на профилите са със сравними ширини, но се наблюдава разлика във формата им (фиг. 2). Докато във ВЧ разряда профилът е почти правоъгълен, съответстващ на излъчване от предимно моноенергетични атоми, то в изследвания разряд, пиедесталът на спектралната линия е с камбановидна форма, свидетелстваща за наличието на релаксация по скорости в групата от бързи атоми. Публикация № 18 е усъвършенстван вариант на предходната публикация. Тук е представена подробна схема на експерименталното съоръжение (фиг. 2) като условията на разряда са същите. Регистриран е обаче фон под интерференчните максимуми, който се дължи на свръхбързи атоми (с енергии от порядъка на десетки eV). За коректното отделяне на приноса на тези атоми е използван втори експериментален модул, включващ монохроматор. В резултат от анализа на профила на линията  $H_{\alpha}$  е определена температурата на термичните атоми, енергията на бързите атоми, енергията на свръхбързите атоми, както и относителните концентрации на едни атоми спрямо други (фигури 5–11). В Публикация № 19, сходна на предходните две публикации, са представени резултатите от експериментално изследване на характеристиките на неутралните частици в постояннотокови и импулсни водородни разряди, предназначени за получаване на NiH-я хидрид. Изследванията са проведени при две газова наляганя (200 и 500 mTorr) и разряден ток 200 mA и резултатите са представени на фигури 1 и 2. Новост в това конферентно съобщение са разширените възможности на диагностичния метод, позволяващ проследяване на времевата зависимост на някои елементарни процеси в плазмата. Последните две публикации с номера 21 и 22 не са свързани тематично с конкурса. Независимо от това те представляват определен интерес. В Публикация № 21 се предлага как по интересен и заинтригуващ начин може чрез отворен урок пред ученици от средното училище да се представи “Светът на цветовете”. Публикация № 22 съдържа определена научна стойност – в нея е направено изследване на необичайно високото разпространение на нарушения в цветното зрение при деца от малък български град (Сепарева баня). Чрез използване на псевдоизохроматичните карти на Ишихара е установено, че измежду 87 момчета и 116 момичета 9.2% и 4.31% съответно имат наследствен цветови дефект.

Нучните приноси на гл.ас. д-р Снежана Йорданова се състоят с разработването (теретично и експериментално) на надеждни спектрални методи за диагностика на сложни по състав и структури газоразрядни плазми, създавани от ВЧ и микровълнови източници. Предложените методи са достатъчно гъвкави и с тях може да се диагностицира и плазмата на постояннотокови разряди.

Към научните трудове на Снежана Йорданова имам две дребни забележки, а именно: 1) в таблиците в публикации с номера 13 и 16, електронът (като елементарна

частица) трябва да се пише с право (Roman) “e”, а не с курсивно ‘e’, което е символ за елементарния електричен заряд; 2) В REFERENCES на Публикация № 21 заглавията на литературните източници 2–6 трябва да бъдат дадени в английски превод, като в края на всеки bibitem се добави (in Bulgarian).

Снежана Йорданова е участвала с доклади/постери на 7 международни конференции.

В изброените в началото на рецензията научни труда, 10 са публикувани в списания с импакт-фактор (с коефициенти между 0.5 и 1.5). В Списъка на публикации-те фигурира и учебно пособие по *Геометрична оптика* (в съавторство с Асен Пашов), но то е представено в работен (draft) вариант. Пособието е предназначено за студентите от специалност *Оптометрия*, но според мен то може да бъде полезно четиво за всички студенти по физика. Бих препоръчал на д-р Снежана Йорданова да напише книга със заглавие *Оптична спектроскопия на ВЧ и микровълнова плазма (Optical Spectroscopy of RF and Microwave Plasmas)*, която би имала широка читателска аудитория.

Научните публикации на Снежана Йорданова са намерили широк отзвук в международната научна колегия – броят на цитиранията е 160, който надхвърля 5.3 пъти изисквания за званието **доцент** брой от най-малко 30 независими цитирания. Две от публикациите са цитирани съответно 57 пъти (Публикация № 1) и 75 пъти (Публикация № 5). Дълга да отбележа, че цитатите са от автори, публикували своите научни резултати предимно в списания с импакт-фактор. h-index-т на д-р Снежана Йорданова е 5.

Д-р Снежана Йорданова е млад учен с изграден международен авторитет. От 2012 г. тя е рецензент на реномираното списание *Plasma Science and Technology*. Член е на Съюза на физиците в България и на European Academy of Optometrists and Optics.

#### 4. Заключение

От всичко казано до тук става ясно, че гл.ас. д-р Снежана Йорданова е изявен учен-оптик и спектроскопист (член на Европейската академия по оптометрика и оптика), ползващ се с уважение от международната научна общност заради нейните научни приноси и организационните й способности като ръководител и член на научни проекти. Наукометричните й показатели (общо 10 статии в списания с импакт фактор и 12 публикации в материали на конференции, с общ брой на цитиранията 160) напълно съответстват на приетите у нас (съгласно Закона за израстване на академичния състав и Препоръчителните критерии на Физическия факултет) изисквания за присъждане на званието “доцент”, поради което за мен е удоволствие да препоръчам на Научното жури по конкурса да присъди академичното звание **доцент** по професионалното направление *4.1. Физически науки*, научна специалност *Оптика, спектроскопия и физика на плазмата* на гл.ас. д-р Снежана Димитрова Йорданова-Дюлгерова.

София, октомври 2018 г.

П о д п и с :

/проф. дфзн Иван Желязков/