

РЕЦЕНЗИЯ

на дисертационен труд

за придобиване на образователната и научна степен „доктор”

в професионално направление 4.1 Физически науки; физика на атмите и молекулите;

по процедура за защита във Физически факултет (ФзФ)

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

Рецензията е изготвена от: проф. фзн Кирил Борисов Благоев , в качеството му на член на научното жури съгласно Заповед №РД38-273 / 03.06.2024г. на Ректора на Софийския университет.

Тема на дисертационния труд: „Свърхфинна структура на избрани състояния в двуатомни молекули“

Автор на дисертационния труд: магистър Велизар Росенов Стоянов

I. Общо описание на представените материали

1. Данни за представените документи

Кандидатът магистър Велизар Стоянов е представил дисертационен труд и Автореферат, а така също и задължителните таблица за Физическия факултет на СУ. Представени са и 13 на брой други документи - заповед за зачисляване в докторантура; заповед за удължаване на срока на докторантурата; заповед за отчисляване; автобиография на кандидата; декларация за авторство; диплома и приложение за степента „магистър“; протокол за оригиналност на дисертационния труд, подписан от доц. д-р Сн. Йорданова; становище от доц. д-р Сн. Йорданова във връзка с процедура за предотвратяване на плагиатство в дисертационни трудове; удостоверение за положените изпити. В официалните документи - декларация за авторство, справките за оригиналност и липса на плагиатство е посочено заглавие на дисертационния труд, което е по-общо от заглавието в дисертационния труд и автореферата “Изследване на фината и свърфината структура на $c^3 \Sigma^+$ състоянието в KRb”

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

Магистър В. Стоянов е завършил природоматематическата гимназия „проф. Емануил Иванов“ в г. Кюстендил. Завършва магистратура във Физ. Фак. на СУ“Св. Кл. Охридски“. Работи като техник през 2017-2018 г. в ИБФОТОНИКА. През 2020 - 2021 г. работи като физик по НИС на СУ“Св. Кл. Охридски“. През 2022-2023г. е първо ниво изследовател по програмата на СУ „Св. Кл. Охридскт“ млади учени и постдокторанти. От 2023 г. е млад учен по програмата на СУ маркер за иновации и технологичен трансфер. През 2020г. В. Стоянов е зачислен като редовен докторант във Физ. Фак. на СУ „Св. Кл. Охридски“ в катедра „Оптика и спектроскопия“ с ръководител проф. А. Пашов“. Сроктът на докторантурата е продължен до средата на 2024г., когато дисертационния труд е представен за предварителна защита и процедурата по защитата е стартирала.

3. Обща характеристика на научните постижения на кандидата

Дисертационният труд е изложен на 172 стр. и е написан на английски език. Материалът е разделен на 10 глави от които 1 глава е увод и са посочени целите на дисертационния труд; 2 глава е посветена на областта, която се дискутира в дисертацията; 9 глава е заключение, а 10 глава е списък от публикацииите на автора. Библиографията включва 104 научни труда на други автори и е разделена на статии и книги. Останалите глави - от 3 до 8 са групирани в две части - първа част „Теория“ - 3 до 6 глава, като 6 глава е посветена на теоретическите основи на спектроскопията на насищане. Втората част „Експеримент“ включва главите 7 и 8, като в 8 глава се разглеждат числените пресмятания и се дискутират получените резултати. Дисертационният труд съдържа 31 фигури и 5 таблици. Авторефератът е написан на български език и съдържанието му съответства на съдържанието на дисертационния труд. Главите на автореферата се отличават от номерацията на главите в дисертационния труд. В текста на дисертационния труд забелязах незначителен брой типографски грешки. Бих искал да обърна внимание на автора, че целта на дисертацията е да се получат нови данни за енергетическите състояния на изследваните молекули и константите на с.ф.ст., за реализирането на която е необходимо да се изпълнят задачите, посочени в края на въведението. В изводите и заключението би трябвало да се представят резултатите от изследванията, а не резюме на извършената работа.

Дисертационният труд на В. Стоянов е в областта на молекулната спектроскопия, намиране на нови термове и определяне на енергиите им, намиране на компонентите на свърхфината структура на възбудени състояния и определяне на константите на свърхфината структура на молекулите на KRb^{85} и KRb^{87} . Базата на тези изследвания е прецизното определяне надължината на вълната на преходите от тези състояния. Изследванията имат експериментален и теоретичен характер. Такъв подход е целесъобразен при изследване на сложни молекулярни спектри, тъй като съчетаването на експериментални и теоретични

изследвания дават прецизни константи и от друга страна, експерименталните изследвания верифицират теоретичните модели. Работата е актуална. Данните за спектрите на двуатомните молекули са необходими за развитието на астрофизическите изследвания и квантовата оптика.

Във въведението е направен кратък литературен обзор на наличната информация за спектрите на хетероядрените молекули на алкалните елементи и в частност на молекулата на KRb.

Работата е посветена на изучаване на финната и свърхфината структура на $c^3\Sigma^+$ състоянието, което е силно свързано с $V^1\Pi$ състоянието на молекулите KRb⁸⁵ и KRb⁸⁷.

Теоретичната част е изложена в глави 3,4 и 5 на дисертацията.

Въвежда се ефективен Хамилтониан на двуатомна молекула. Следва разделяне на променливите, включващи движението на електроните и техния спин от въртенето на ядрата. Избран е методът на ефективния хамилтониан пред метода на свързаните канали. Ъгловата част на хамилтониана се разглежда като пертурбация, която сменя израждането. Ефективният хамилтониан в случая се ограничава до двете дискутирани състояния $V^1\Pi$ и $c^3\Sigma^+$. Ефективният хамилтониан е сума от матрицата, отговаряща за тънката структура и диагоналния блок на матрицата на Ферми - контактното взаимодействие, като се отчита това ядро, което има преобладаващо влияние за формиране на свърхфината структура, а това е ядрото на Rb. Влиянието на ядрото на K се пренебрегва. Така в ефективния хамилтониан остават 11 константи, отговарящи за енергиите на двете състояния, техните ротационни константи; центробежните поправки; финната структура; константата на Λ удвояването и константата на Ферми-контактното взаимодействие. Така изложеното теоретично описание довежда до тези изрази които са необходими при численото пресмятане на константите при отчитане и на експерименталните резултати. В глава 6 е дадена кратка теоретична основа на експерименталния метод на спектроскопия с насищане в условия на слабо и силно поле и два насрещно разпространяващи се снопа.

Теоретичната част на работата демонстрира добро познаване от автора на теоретичното описание на спектрите на двуатомните молекули.

В дисертационния труд се реализират 4 експеримента, всичките базирани на взаимодействие на лазерно излъчване с изследваната среда.

Това са - лазерно индуцирана флуоресценция, спектроскопия на насищане, лазерна спектроскопия с филтрация и лазерна спектроскопия с насищане с двоен оптически резонанс.

За източник на молекулите K и Rb, се използва топлинна тръба, където освен молекулите KRb се образуват и молекули K_2 и Rb_2 , което допълнително усложнява задачата за коректна регистрация и анализ на спектрите на дискутираните молекули. Анализирани са преимуществата и недостатъците на избрания източник по сравнение с другата възможност - молекулярен сноп по отношение на влиянието на доплеровото и ударно разширение на спектралните линии и преимуществото да се работи значително експериментално време с

постоянен източник на молекули. Използвани са естествените изотопни смеси на изследваните метали. Избрани са експериментални условия - налягане на буферния газ и температурата на металната тръба и съответно на налягане на наситените пари на металите, които да са компромисни по отношение на интензитета на регистрираните спектри и доплеровото и ударно разширение. Калибровката по дължина на вълната се извършва по стандартна техника при сравнение с добре изучения спектър на молекулата на I_2 и използване на конофоколен интерферометър и ланда-метър. Последният се използва за груба оценка на спектралната област на изследване. Използват се лазерни диоди с външна дифракционна решетка. Сканирането на спектъра се извършва със синхронно изменение на резонатора с решетката и тока на лазера. Поддържането на честотата на лазера и сканирането се извършва с направени в лабораторията контролери. Полезния сигнал се отделя чрез синхронно детектиране. Експериментът с лазерно индуцирана флуорисценция се оказва подходящ за изолиране на някои преходи към $V^1\Pi$ състоянието. Спектърът се анализира с Фурие спектрометър. Експериментът с два лазерни лъча от един лазерен източник, разпространяващи се в противоположни посоки и с прилагането на филтър пред регистриращия диод позволява да се упрости регистрираният спектър и да се елиминира доплеровото разширение. Този експеримент се използва за идентифициране на преходите от района на пертурбацията на двете състояния. Спектрите получени чрез спектроскопия на насищане с два лъча - напompващ и пробен като се отчитат ударното, доплеровото и уширението от преминаване на молекулите през зоната на възбуждане са твърде сложни и от наличието на линии от други молекули на изследваните елементи и спектроскопията на индуцирана флуорисценция поглъщане с филтрация позволява да се идентифицират и изследват търсените преходи.

Експерименталните резултати по регистрацията на с.ф.ст. на преходите от $c^3\Sigma^+$ състоянието са регистрирани със спектроскопия на насищане с двоен оптичен резонанс. Тук се прилага втори лазер, като напompващия лазер е с фиксирана честота, настроена на честотата на известен преход като така се маркира долното състояние, а честотата на пробния лазер се сканира в областта, където се очаква да се регистрират преходите към общото долно състояние.

Използвайки четирите експериментални техники са идентифицирани 130 прехода на $^{39}K^{85}Rb$ и 118 прехода на $^{39}K^{87}Rb$. Енергиите са определени като се отчитат добре известни енергии на състоянията от основния терм. По-голяма част на регистрираните преходи са за V състоянието. Определени са 86 терма на молекулата $^{39}K^{85}Rb$, от които 6 принадлежат на c терма. За тази молекула не се наблюдава разцепване на спектралните линии на с.ф.ст., а само разширението им, дължащо се на наличието на неразделени, близко лежащи компоненти на с.ф.ст. Определени са 82 терма на молекулата $^{39}K^{87}Rb$, от които 4 принадлежат на c терма. Регистрирани са с.ф.ст. на 6 линии на по 4 компоненти.

Експериментите са проведени с високотехнологична апаратура, включваща както фабрични така и направени в лабораторията компоненти.

Получените експериментални данни за фината и свърхфината структура на изследваните състояния и теоретичните данни, получени от нелинейния фит, по мое мнение се съгласуват много добре, като се отчита сложността на експерименталните и теоретични задачи. Потвърждава се теоретичното предположение, че основна роля за формирането на свърхфината структура играе ядрото на Rb. За молекулата $^{39}\text{K}^{85}\text{Rb}$ компонентите на свърхфината структура не могат експериментално да се разделят и се регистрира уширение на спектралните линии. Направена е деконволюция на уширените спектрални линии с 6 компоненти на с.ф. ст. Анализирани са приносите на различни параметри, водещи до вида на наблюдаваните спектрални линии.

Експериментът и теоретическите пресмятания са извършени на високо ниво и е получен максимумът с тези експериментални апаратури и теоретически приближения.

Имам два въпроса - как се формира грешката при определяне на константите от (1) експериментално регистрираните спектри (2) при теоретично получените спектри.

Доколкото мога да съдя значителна част от теоретическите и експериментални изследвания са дело на автора.

Научните публикации, включени в дисертационния труд, отговарят на минималните национални изисквания (по чл. 2б, ал. 2 и 3 на ЗРАСРБ) и съответно на допълнителните изисквания на СУ „Св. Климент Охридски“ за придобиване на образователната и научна степен „доктор“ в съответната научната област и професионално направление.

Няма доказано по законоустановения ред плагиатство в представените дисертационен труд и Автореферат.

Авторът е много добре запознат с наличната литература.

4. Съдържателен анализ на научните и научно-приложните постижения на кандидата съдържащи се в материалите за участие в конкурса

На базата на гореизложеното може да се направи извод, че научните приноси на кандидата имат характер на: получаване на нови данни за спектрите на двуатомни молекули на алкалните елементи и обогатяване на съществуващи знания.

Според системата SCOPUS, до този момент няма цитирания на работите на автора..

5. Критични бележки и препоръки

Критични бележки по същество нямам.

6. Нямам лични впечатления за кандидата

7. Заключение

След като се запознах с представените дисертационен труд, Автореферат и другите материали считам, че проведените изследвания са на високо научно ниво. Въз основа на направения анализ на тяхната значимост и съдържащи се в тях научни приноси, **потвърждавам**, че научните постижения отговарят на 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 удовлетворява минималните национални изисквания в професионалното направление и не е установено плагиатство в представените по конкурса дисертационен труд, Автореферат и научни трудове.

Давам своята **положителна** оценка на дисертационния труд.

II. ОБЩО ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Въз основа на гореизложеното, **убедено препоръчвам** на научното жури да присъди **образователната и научна степен „доктор“** в професионално направление . **4.1 Физически науки; физика на атмите и молекулите на магистър Велизар Росенов Стоянов.**

25.08. 2024 г.

Изготвил рецензията:



проф.дфз.н. Кирил Благоев