

РЕЦЕНЗИЯ
на дисертационния труд на Иво Темелков
на тема
„Намиране на пътища за получаване на свръхстудени молекули NaK чрез лазерна
спектроскопия,,
за присъждане на образователна и научна степен „ ДОКТОР“
по научната специалност 4.1 „Физически науки“
от доц. д-р Иван Ламбрев Стефанов— Физически факултет на СУ”Св.Кл. Охридски”

1. Актуалност на разработвания в дисертационния труд проблем в научно и научно-приложно отношение.

Дисертационният труд на Иво Темелков е в областта на лазерната спектроскопия с висока спектрална разделителна способност.

Лазерните методи за изследване структурата на атомите и молекулите непрекъснато се усъвършенстват с една определена цел: постигане на все по-добра точност на измерване на атомните и молекулните константи и подобряване на теоретичните модели. Това усъвършенстване на тези методи е свързано с технологичните постижения в генерацията на лазерна светлина и прецизното управление на нейните параметри.

Настоящата дисертация е една демонстрация на възможностите на лазерната спектроскопия със свръх висока спектрална разделителна способност.

Целта на настоящите изследвания е развитие на нови по-ефективни методи и усъвършенстване на съществуващата апаратура за намиране на ефективни канали за получаване на свръх студени молекули. Конкретно в дисертацията се изследват каналите за прехвърляне на свръх студени молекули NaK от енегетични нива, близки до атомната асимптота $Na(3s)+K(4s)$, към най-ниското ротационно-вибрационно енегетично ниво на основното електронно молекулно състояние.

2. Познава ли дисертантът състоянието на проблема и оценява ли творчески литературния материал.

В дисертацията са цитирани общо 89 литературни източници, в които са изследвани процеси и явления, свързани с темата на дисертацията.

В уводната част под формата на кратък обзор докторатът ни запознава с възможностите за получаване на свръх студени молекули в газова фаза. Охлаждането на

молекулите е с цел постигане на висока точност на определяне на квантово механичните параметри на енергетичните състояния, лазерна спектроскопия със свръх висока спектрална разделителна способност и провеждане на нови интересни експерименти по квантов контрол. Разгледани са известните методи за охлаждане на двуатомни молекули.

Обръща се специално внимание на кохерентните двуфотонни процеси за прехвърляне на населеност между молекулните състояния. Конкретно за молекулата NaK се предлага да се използва техниката с резонанси на Фешбах, при който получените молекули се намират в строго определени вибрационно- ротационни нива. Тези молекули NaK, намиращи се близо до асимптотата $Na(3s)+K(4S)$ на електронното състояние ефективно могат да бъдат прехвърлени в най-ниските ротационно-вибрационни нива на основното състояние чрез Стимулиран Раманов адиабатен процес.

Прилагането на този метод изисква детайлно познаване на структура на енергетичните нива на молекулите.

Направеният критичен анализ на литературните източници служи за ясно формулиране на целите на дисертацията и методиката за решаване на конкретните цели.

3. Кратко описание на дисертационния труд.

Дисертацията е съставена от 138 старници. Материалът в дисертацията е разделен на 10 раздела.

1. Увод
2. Цели на дисертацията
3. Глава 2: Теоретична и обзорна част, съдържаща три раздела.
4. Глава 3: Експериментална част, също от три раздела
5. Заключение и приноси
6. Списък на публикациите
7. Приложения
8. Използвана литература

Дисертацията съдържа 37 фигури и 7 таблици.

Дисертацията е написана на английски език. Авторефератът е написан на български език, добре оформен и в стегната форма ни запознава с основните резултати от дисертацията.

4. Избраната методика на изследване може ли да даде отговор на поставените цел и задачи на дисертационния труд.

В дисертацията е избрана хетероатомната молекула NaK, в която се търсят ефективни канали за охлаждане. Избрана е методиката с използване на резонанси на Фешбах и кохерентен двуфотонен стимулиран Раманов адиабатен процес на пренос на населеност. Подобна методика наскоро е използвана за молекулата KRb и резултатите са публикувани в списание Science.

За използване на тази методика е необходимо много точно познаване на молекулните електронни състояние. В предложения канал участва основното триплетното молекулно състояние $a^3\Sigma^+$. Една значителна част от изследванията са свързани с допълване на известните до момента спектроскопически данни за това ниво, което е един значителен принос на дисертацията.

5. Кратка аналитична характеристика на естеството и на достоверността на материала, върху който се градят приносите на дисертационния труд.

Във втора глава е дадено описание на експерименталната схема. Тази схема се състои от разнородни високо технологични възли, свързани с получаването на вакуум и формиране на добре колимиран молекулен сноп, лазерни източници със стабилизация на честотата и съпътстващата техника от интерферометри и вълномери за прецизен контрол, системи за намаляване на квантовите шумове, детекция на флуоресцентен сигнал и неговата обработка.

Провеждането на спектрални експерименти с висока разделителна способност изисква много внимателно следене на поведението на системата по време на експеримента и познаване на влияещите фактори върху точността на измерване. Тези фактори са изследвани и са предприети мерки за намаляване на тяхното влияние.

В свръхзвукова струя от молекули NaK се изследват наличните резонанси за пренос на населеност от основното електронно състояние на молекулата $X^1\Sigma^+$ към междинното електронно ниво $V^1\Pi$. Избора на това ниво е поради силна пертурбация с триплетното

ниво $c^3\Sigma^+$. Този канал води до възможност за лазерно възбуждане от основното състояние $X^1\Sigma^+$ на NaK молекулата до смесеното състояние $V^1\Pi/c^3\Sigma^+$ и търсене на резонанси между триплетните нива $c^3\Sigma^+ \rightarrow a^3\Sigma^+$. Информацията от измерените спектри позволява експериментално измерване на молекулните константи на това ниво.

Изследваната схема представлява обърната схема на тази, която може да се използва за ефективно охлаждане на молекули NaK, намиращи се близо до асимптотата $Na(3s)+K(4S)$ на електронното състояние $a^3\Sigma^+$ чрез Стимулиран Раманов адиабатен процес. Тази схема служи за точно измерване на наличните резонанси.

Изводите от измерените с голяма точност резонанси показват разминаване на съществуващите данни и теоретичен модел на състоянието $a^3\Sigma^+$ с измерените експерименталните данни. Докторантът анализира причините за наблюдаваните разлики. В направен теоретичен модел са отчетени допълнителни фактори (отчита се свръх финната структура), които оказват влияние на разположението на ротационно вибрационните нива. С така направения теоретичен модел пресметнатите и измерените спектри имат добро съвпадение. На базата на този модел в приложенията към дисертацията са представени нови данни за разположенията на нивата на $a^3\Sigma^+$.

Измерени са спектри с висока разделителна способност ($\Delta\nu=17\text{MHz}$) с участието на основното триплетно нива на молекулата NaK. Експерименталната точност, постигната с изградената система, позволява да се наблюдава промяна на свръх финната структура на вибрационните нива на това ниво. Този факт е с претенциите на автора, че се наблюдава и измерва за първи път. На базата на експерименталните данни е доразвит по-прецизен теоретичен модел. Измерените абсолютни честоти на вибрационните преходи са използвани за подобряване на потенциалната крива на състояние $a^3\Sigma^+$.

6. В какво се заключават научните и научно-приложните приноси на дисертационния труд.

Основните научни и научно-приложни приноси са отразени правилно, ясно и конкретно в списъка с „Основни приноси в дисертационния труд“.

Научните изследвания намерили отражение в дисертацията и статиите имат научен и научно-приложен принос в обогатяване на съществуващите знания и създаване на подходящи методики и апаратура за спектроскопия с висока разделителна способност.

Основните приноси бих синтезирал така:

1. Усъвършенстване на съществуваща експериментална система за лазерна спектроскопия с цел постигане на по-добри параметри и получаване на нови по-добри резултати от наличните до момента.

2. Спектрални измервания на липсваща част от спектъра на прехода $V^1\Pi / c^3\Sigma^+ - X^1\Sigma^+$

3. Систематично изучаване на свръх финната структура на триплетното ниво $a^3\Sigma^+$ в близост до атомната асимптота. Дадено е обяснение на измереното отместване на нивата в сравнение с предишни данни.

Приемам основните резултати на дисертационния труд, така както са формулирани като реалистични и според мен обективно отразяват извършените от докторанта изследвания и получени резултати.

7. До каква степен приносите в дисертационния труд са личен принос на дисертанта?

Работата по дисертацията е извършена във научна лаборатория в Германия. В експериментите е използвана лазерна спектрална система с висока спектрална разделителна способност. Докторантът много компетентно е описал и анализирал отделните възли, тествал е и е определил възможните източници на грешка и нестабилност и оставам с убеждението, че той е взел активно участие в работата по системата, измерванията и обработка на данните. Толкова сложна комплексна и сложна система изисква задълбочени познания в областта на лазерната техника и лазерната спектроскопия, каквито съм убеден, че г-н Темелков притежава.

8. Преценка на публикациите по дисертационния труд.

Резултатите от дисертацията са публикувани в 2 статии в списание Phys.Rev.A с импакт фактор 3 и постерно участие в 4 конференции.

Престижността на това списание е гарант за оригиналност и висока научна стойност на получените резултати.

Считам, че представените публикации и доклади на конференции са свързани с темата на дисертационния труд. Приемам направените публикации като част от дисертационния труд.

9. Авторефератът изготвен ли е съгласно изискванията, правилно ли отразява основните положения и научните приноси на дисертационния труд?

Авторефератът е разработен съгласно изискванията за защита на дисертация за получаване на образователна и научна степен „доктор“. Съдържанието на автореферата отразява напълно най-съществените постижения от дисертационния труд.

10. Заключение с ясно становище да се даде или не научната степен.

Дисертационният труд съдържа научно-приложни резултати, които представляват оригинален принос в науката и отговарят на всички изисквания на Закона за развитие на академичния състав в Република България (ЗРАСРБ), Правилника за прилагане на ЗРАСРБ и съответния Правилник на ФзФ при СУ“Св.Климент Охридски.

Дисертационният труд показва, че докторантът Иво Темелков притежава експериментални умения, задълбочени теоретични знания и професионални умения за самостоятелно провеждане на научно изследване.

В предвид на гореизложеното, убедено давам своята положителна оценка за постигнатите резултати и приноси, и предлагам на почитаемото научно жури да присъди образователната и научна степен ‘доктор’ по научната специалност 4.1. „Физически науки“ на Иво Темелков.

15.05.2015

доц.Иван Стефанов