

Institut za fiziku

02.04.2014.

Милошевић

УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ
ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКИ ФАКУЛТЕТ

| | | | |
|-----------------------|-------|--------|----------|
| ПРИМЉЕНО; 03.04.2014. | | | |
| Орг. јед. | Број | ПРИЛОГ | ВРЕДНОСТ |
| 02 | 340/2 | - | - |

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКОГ ФАКУЛТЕТА У КРАГУЈЕВЦУ

Предмет: Извештај Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата мр Јасне Стевановић.

Одлуком Наставно-научног већа Природно-математичког факултета Универзитета у Крагујевцу, број 240/VI-1, одржаног дана 12.03.2014. године, одређени смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације под насловом

**„КОРИГОВАНА БРЗИНА ПРЕЛАЗА У АДК ТЕОРИЈИ У ПРОЦЕСУ ТУНЕЛНЕ
ЈОНИЗАЦИЈЕ”**

кандидата мр Јасне Стевановић, асистента на Природно-математичком факултету у Крагујевцу. Након прегледа докторске дисертације, а у складу са Статутом Факултета, чл. 51, и Статутом Универзитета, чл. 48, подносимо Наставно-научном већу Природно-математичког факултета следећи

ИЗВЕШТАЈ

Докторска дисертација кандидата мр Јасне Стевановић изложена је на 140 страна, а у оквиру текста приказано је 38 слика, 1 табела и 244 једначине. Укупно је цитирано 140 литературних јединица.

Поднети рад се састоји из два дела А и Б. Део А је општи, без оригиналног научног доприноса кандидата, даје преглед стања у овој области и има монографски карактер. Део Б представља рад кандидата на задатој теми.

Преглед садржаја урађене дисертације

Део А се састоји из четири поглавља, која описују појмове неопходне за разумевање рада и методологије.

У првом поглављу дисертације је описан принцип рада ласера, као и појмови и основне карактеристике ласерског поља. У експериментима приликом проучавања процеса тунелне јонизације често се користе CO_2 ласери и ова врста ласера за нас је најбитнија, те су зато додатно анализирани, у смислу да су постављене кинетичке једначине насељености нивоа и детаљно изведен фактор појачања за дати ласер.

У другом поглављу су дефинисане основне карактеристике атома битне за проучавање ефекта који се јављају у јаком светлосном пољу, а самим тим и за наше истраживање. Пошто се у раду користи квазикласичан приступ у коме се ласерско поље описује класично, а атомски систем квантно-механички, укратко је описано решавање временски независне Шредингерове једначине за атом водоника. У оквиру овог поглавља дефинисане су калибрационе трансформације које се најчешће користе у опису интеракције атом-ласер.

У трећем поглављу су описане апроксимативне методе које се примењују приликом изучавања процеса јонизације вишеелектронских атомских система са ласерским пољем. У питању су једноелектронска апроксимација и апроксимација јаког поља. Применом једноелектронске апроксимације посматра се интеракција само једног активног (валентног) електрона са ласерским пољем. Услед велике густине фотона у ласерском снопу сматра се да се енергија спољашњег поља мења континуирано, што оправдава примену ове апроксимације. Апроксимација јаког поља базира се на поставци да на електрон везан у атому делује само Кулоново поље језгра, док се након јонизације електрон креће само под утицајем ласерског поља тако да се утицај матичног јона заменарује.

Четврто поглавље даје опис механизма јонизације који се најчешће јављају у интеракцији атома и електромагнетног поља. Ови процеси се могу класификовати у зависности од јачине интензитета ласерског поља, када је фреквенција електромагнетног поља мања од оне која је потребна за једнофотонску јонизацију као: мултифотонска јонизација, јонизација изнад прага, тунелна јонизација и јонизација преко баријере. Наведене су битне карактеристике ових процеса, а дата је и дефиниција параметра адијабатичности, као величине која одређује начин јонизације атома.

Део Б, за разлику од дела А, представља оригиналан научни рад аутора. Резултати су представљени у оквиру петог, шестог, седмог поглавља и закључка.

У овој дисертацији акценат је на примени формула АДК теорије, која је позната као једна од водећих теорија у домену јонизације атома калијума, ксенона и водонику сличних атома коришћењем ниско-фреквентних ласера (поглавље пет). У складу са тим као основа АДК теорије описана је теорија Келдиша, са посебним освртом на процесе мултифотонске јонизације и тунелне јонизације, као два гранична случаја процеса јонизације. АДК теорија је развијана и допуњавана у складу са новим условима експеримената из ове области, како би што боље објаснила процесе тунелне јонизације атома, ишла у корак са све јачим интензитетима ласера који се користе у савременим експериментима, али ипак остала у домену нерелативистичких интензитета ($<10^{18} \text{ W/cm}^2$). У поглављу пет изведене су и корекција повратне тачке, као и формула за кориговану брзину јонизације у АДК теорији,

где је у предекспоненту израза за брзину јонизације укључен утицај Кулонове интеракције на повратну тачку.

У поглављу шест изведен је израз за модификовани јонизациони потенцијал атома како би се побољшала формула за брзину прелаза, односно и њена коригована варијанта, што представља оригинални научни допринос кандидата датој области. Упореден је резултат из ове дисертације са корекцијом јонизационог потенцијала коју су претпоставили и анализирали други аутори. На основу прорачуна за анализиране племените гасове: ксенон, криптон и аргон закључено је да примена обе релације даје задовољавајућ резултат за одређени опсег ласерског интензитета, с тим што је разлика између добијених корекција најмања у случају атома аргона, док је за атоме ксенона и криптона разлика између прорачуна реда 1eV . Међутим, у случају јонизације водонику сличних атома (натријума, калијума и цезијума) промена јонизационог потенцијала далеко је реалнија са формулом изведеном у оквиру ове дисертације, те у том смислу она има предност у односу на формулу других аутора, јер може да се примени у тумачењу већег броја експерименталних података.

Поглавље седам такође садржи приказ оригиналних научних резултата кандидата, при чему је анализирано какве резултате доноси модификовани члан за енергију јонизације у АДК формулама за брзину јонизације за следеће случајеве: на брзину прелаза у случају линеарног и циркуларног поља, а такође је испитивана зависност кориговане брзине прелаза од модификованог јонизационог потенцијала, за различите атоме и за различите интензитета ласерског поља. Резултати су показали да модификовани облик потенцијала утиче на (некориговану) брзину јонизације на такав начин да је умањује, јер се услед Штарковог ефекта валентни електрон помера дубље у потенцијалну јаму. Анализе у случају кориговане брзине јонизације показују да како интензитет ласерског поља расте, коригована брзина јонизације (која зависи од модификованог јонизационог потенцијала) расте у односу на брзину која зависи од стандардног израза за јонизациони потенцијал, услед доминације предекспонента који потиче од кориговане повратне тачке.

Значај и допринос докторске дисертације са становишта актуелног стања у одређеној научној области

Предмет ове докторске дисертације је проучавање процеса тунелне јонизације атома услед утицаја ласерског поља применом формула АДК теорије. До сада је публикувано много радова на тему интеракције атом-ласер, при чему је углавном коришћена стандардна вредност за јонизациони потенцијал разматраног атома. У докторској дисертацији кандидата мр Јасне Стевановић изведен је аналитички израз за модификовани јонизациони потенцијал у случају јонизације водонику сличних атома, што представља оригинални научни допринос

кандидата. Поређењем резултата добијених применом модификованог јонизационог потенцијала са корекцијом јонизационог потенцијала коју су претпоставили и анализирали други аутори, установљено је да израз за модификовани јонизациони потенцијал изведен управо у оквиру дисертације кандидата мр Јасне Стевановић може да се примени у тумачењу већег броја експерименталних података. На тај начин се побољшавају теоријски прорачуни за брзине јонизације водонику сличних атома, а самим тим се прецизније може теоријски одредити и број јона насталих у процесу јонизације.

Оцена да је урађена докторска дисертација резултат оригиналног научног рада кандидата у одговарајућој научној области

Имајући увид у актуелно стање у изучавању ласер-атом интеракције и процеса тунелне јонизације, Комисија закључује да докторска дисертација кандидата мр Јасне Стевановић садржи оригиналне научне резултате који нису били предмет ниједног до сада објављеног истраживања у овој области.

Преглед остварених резултата рада кандидата у одређеној научној области

Кандидат мр Јасна Стевановић бави се научним радом у области атомске, молекулске и оптичке физике дужи низ година, о чему сведоче објављени радови: 1 рад у часописима категорије M21; 3 рада у часописима категорије M22; 3 рада у часописима категорије M23.

Оцена о испуњености обима и квалитета у односу на пријављену тему

Предати рукопис „Коригована брзина прелаза у АДК теорији у процесу тунелне јонизације” кандидата мр Јасне Стевановић у потпуности и по обиму и по квалитету испуњава првобитно постављене захтеве приликом пријављивања теме докторске дисертације.

Научни резултати докторске дисертације

Комисија истиче да је из области докторске дисертације кандидат мр Јасна Стевановић публиковала три рада у часописима са листе цитираних часописа (SCI/ISI).

1. V. M. Ristić and J. M. Stevanović, » *Transition rate dependence on the atom charge states, Z* «, *Laser Physics Letters*, Vol. 4, No. 5, 354-356 (2007) ISSN: 1612-2011
DOI: 10.1002/lapl.200610124
[Импакт фактор: 1.918; 8/55; 2007; Subject Category: *Instruments & Instrumentation*] [M21]

2. V. M. Ristić and J. M. Stevanović, »Atom charge states, Z and comparing the ADK and $cADK$ -theories«, *Laser Physics*, Vol. 19, No. 5, 989-992 (2009) ISSN: 1054-660X
DOI: 10.1134/S1054660X0905017X
[Импакт фактор: 0.676; 82/108; 2009; Subject Category: *Physics, Applied*] [M23]
3. J. M. Stevanović, T. B. Miladinović, M. M. Radulović and V. M. Ristić, »Ionization rate for circularly polarized laser fields with modified ionization potential included«, *Physica Scripta T149*, 014046 (2012) ISSN: 0031-8949
DOI: 10.1088/0031-8949/2012/T149/014046
[Импакт фактор: 1.204; 35/84; 2011; Subject Category: *Physics, Multidisciplinary*] [M22]

Применљивост и корисност резултата у теорији и пракси

Резултати добијени у овој дисертацији могу наћи примену у актуелном проучавању процеса тунелне јонизације атома, као и у прецизнијој анализи утицаја варирања интензитета ласерског поља на брзину јонизације у квазикласичним теоријама. Прорачуни за брзину јонизације коришћењем АДК формула могу се свакако искористити код израчунавања броја јона и поређења теоријских и експерименталних резултата у том случају.

Начин презентирања резултата научној јавности

Резултати до којих је кандидат дошао представљени су научној јавности кроз три публикована рада у часописима који се налазе на листи цитираних часописа (SCI/ISI): један рад категорије M21, један рад категорије M22 и један рад категорије M23.

После детаљног прегледа докторске дисертације, као и на основу свега што је констатовано и написано у овом извештају, Комисија доноси следећи

ЗАКЉУЧАК

Комисија сматра да приложени текст докторске дисертације кандидата мр Јасне Стевановић „Коригована брзина прелаза у АДК теорији у процесу тунелне јонизације” у потпуности испуњава циљеве постављене у теми коју је прихватило Наставно-научно веће Природно-математичког факултета у Крагујевцу. Комисија истиче да је поднети текст самосталан рад кандидата и да постоје нови и оригинални резултати. На основу анализе научних радова мр Јасне Стевановић може се закључити да је она испољила запажену научну активност, као и смисао за анализу и решавање научних проблема из области атомске, молекулске и оптичке физике. Системски приступ и свестрана анализа указују да је кандидат овладао научном облашћу под коју потпада тема докторске дисертације и да поседује

одговарајућу специфичну стручност и оспособљеност. Ова дисертација представља значајан допринос физици, и по квалитету, обиму и оствареним резултатима задовољава законске и друге специфичне услове одређене за израду докторске дисертације.

На основу горе изнетих резултата и података о раду „Коригована брзина прелаза у АДК теорији у процесу тунелне јонизације” кандидата мр Јасне Стевановић, Комисија са задовољством предлаже Научно-наставном већу Природно-математичког факултета у Крагујевцу да прихвати понуђени текст као докторску дисертацију, те да омогући њену јавну одбрану у складу са Законом и нормативним актима Природно-математичког факултета у Крагујевцу и Универзитета у Крагујевцу.

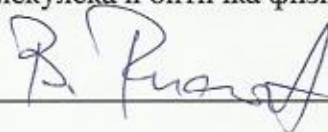
У Крагујевцу

31.03.2014. год.

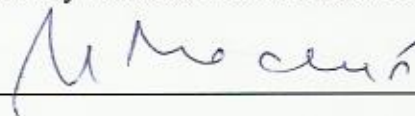
Чланови Комисије:

др Владимир Ристић, редовни професор,
Природно-математички факултет,
Универзитет у Крагујевцу

Ужа научна област: Атомска, молекулска и оптичка физика, ментор



др Наташа Недељковић, редовни професор
Физички факултет, Универзитет у Београду
Ужа научна област: Физика атома и молекула



др Мирко Радуловић, доцент,
Природно-математички факултет,
Универзитет у Крагујевцу

Ужа научна област: Атомска, молекулска и оптичка физика



ПРИЛОГ: Листа објављених радова кандидата

Радови из области докторске дисертације:

- [1] V. M. Ristić and J. M. Stevanović, » *Transition rate dependence on the atom charge states, Z*«, *Laser Physics Letters*, Vol. 4, No. 5, 354-356 (2007) ISSN: 1612-2011
DOI: 10.1002/lapl.200610124
[Импакт фактор: 1.918; 8/55; 2007; Subject Category: *Instruments & Instrumentation*] [M21]
- [2] V. M. Ristić and J. M. Stevanović, »*Atom charge states, Z and comparing the ADK and cADK-theories*«, *Laser Physics*, Vol. 19, No. 5, 989-992 (2009) ISSN: 1054-660X
DOI: 10.1134/S1054660X0905017X
[Импакт фактор: 0.676; 82/108; 2009; Subject Category: *Physics, Applied*] [M23]
- [3] J. M. Stevanović, T. B. Miladinović, M. M. Radulović and V. M. Ristić, »*Ionization rate for circularly polarized laser fields with modified ionization potential included*«, *Physica Scripta T149*, 014046 (2012) ISSN: 0031-8949
DOI: 10.1088/0031-8949/2012/T149/014046
[Импакт фактор: 1.204; 35/84; 2011; Subject Category: *Physics, Multidisciplinary*] [M22]

Остали радови кандидата

- [4] V. M. Ristić, J. M. Stevanović and M. M. Radulović, »*Transition rate dependence on the improved turning point in ADK-theory*«, *Laser Physics Letters*, Vol. 3, No. 6, 298-300 (2006) ISSN: 1612-2011
DOI: 10.1002/lapl.200610009
[Импакт фактор: 1.225; 16/53; 2006; Subject Category: *Instruments & Instrumentation*] [M22]
- [5] V. M. Ristić, T. B. Miladinović and J. M. Stevanović, »*Circularly polarized laser fields, with different Z, including non-zero initial momentum*«, *Acta Physica Polonica A* Vol. 119, No. 6, 761-763 (2011) ISSN: 0587-4246
[Импакт фактор: 0.444; 65/84; 2011; Subject Category: *Physics, Multidisciplinary*] [M23]
- [6] T. B. Miladinović, J. M. Stevanović, M. M. Radulović and V. M. Ristić, »*The energy at which the maximum number of photoelectrons are observed during the ionization of potassium and xenon atoms*«, *Physica Scripta T149*, 014047 (2012) ISSN: 0031-8949
DOI: 10.1088/0031-8949/2012/T149/014047
[Импакт фактор: 1.204; 35/84; 2011; Subject Category: *Physics, Multidisciplinary*] [M22]
- [7] M. M. Radulović, J. M. Stevanović, T. B. Miladinović, V. M. Ristić, » *The role of the non-zero initial momentum and modified ionization potential in the corrected Ammosov-Delone-Krainov theory*«, *Romanian Journal of Physics* 58, 127-135 (2013) ISSN: 1221-146X
[Импакт фактор: 0.526; 68/83; 2012; Subject Category: *Physics, Multidisciplinary*] [M23]