

ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКИ ФАКУЛТЕТ

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ
ЛАЗАРА ГАВАНСКОГ

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ
<p>1. Датум и орган који је именовao комисију</p> <p>Наставно-научно веће Природно-математичког факултета у Новом Саду на својој 21. седници одржаној 27. 10. 2016. године именовало је комисију за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Лазара Гаванског под називом „Одређивање Штаркових полуширина спектралних линија јонизованог кисеоника и силицијума, емитованих из плазме произведене у електромагнетној ударној Т-цеви“</p>
<p>2. Састав комисије са назнаком имена и презимена сваког члана, звања, назива уже научне области за коју је изабран у звање, датума избора у звање и назив факултета, установе у којој је члан комисије запослен:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Др Зоран Мијатовић, Редовни Професор, Физика атома, молекула и јонизованог гаса, 24. 01. 2006, Природно-математички факултет Универзитета у Новом Саду2. Др Стевица Ђуровић, Редовни Професор, Физика атома, молекула и јонизованог гаса, 14. 09. 1999, Природно-математички факултет Универзитета у Новом Саду3. Др Милорад Кураица, Редовни Професор, Физика јонизованих гасова и плазме, 20. 03. 2013, Физички факултет Универзитета у Београду4. Др Игор Савић, Ванредни Професор, Физика атома, молекула и јонизованог гаса, 11. 09. 2014, Природно-математички факултет Универзитета у Новом Саду
II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ
<p>1. Име, име једног родитеља, презиме: Лазар, Бранислав, Гавански</p>
<p>2. Датум рођења, општина, држава: 01. 10. 1987, Нови Сад, Србија</p>
<p>3. Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив: Природно-математички факултет Универзитета у Новом Саду, Физика – модул Истраживачки, дипломирани физичар - Мастер академске студије физике, Мастер физичар</p>
<p>4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија 2011, Доктор физичких наука</p>

5. Назив факултета, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране:

6. Научна област из које је стечено академско звање магистра наука:

III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Одређивање Штаркових полуширина спектралних линија јонизованог кисеоника и силицијума, емитованих из плазме произведене у електромагнетној ударној Т-цеви

IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Навести кратак садржај са знаком броја страна, поглавља, слика, шема, графикана и сл.

Докторска дисертација Лазара Гаванског је написана на 132 стране, плус 4 уводне стране, 4 стране садржаја и 6 страна прилога. Текст дисертације је подељен у 7 поглавља и садржи 57 слика и графикана и 9 табела. У списку литературе је наведено 176 јединица.

V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Наслов докторске дисертације је јасно формулисан и одражава текст и садржај истраживања.

У Уводу је наведн општи значај спектроскопских истраживања. Укратко је објашњен појам плазме, а наведене су и могућности примене плазме. Посебно је дат осврт на дијагностику плазме. Дефинисан је и циљ рада и дат је опис садржаја дисертације.

У првој Глави је описан извор плазме, електромагнетна ударна Т-цев. Приказани су, принцип рада, ударни таласи, гасни и електрични високонапонски као и електрични управљачки систем. Описане су и неке карактеристике коришћеног извора плазме.

У другој Глави су дати резултати мерења брзине фронта ударног таласа. Код поменутог извора, високонапонским електричним пражњењем се формира ударни талас који потом на свом путу ексцитује и јонизује гас у цеви и ствара покретну плазму. Овај ударни талас у многоме утиче на карактеристике плазме. Један од важних параметара ударног таласа је и брзина фронта ударног таласа. Приказане су три варијанте новог метода за мерење брзине фронта како инцидентног тако и рефлектованог ударног таласа. Резултати су упоређени са класичним методом и са неким теоријским прорачунима поткрепљеним спектроскопским мерењима. Разматрана је и зависност брзине фронта ударног таласа од врсте гаса, уложене почетне енергије као и од растојања од електрода. Сва ова разматрања су важна јер се погодним избором параметара може добити плазма жељених особина. Резултати су објављени у међународном часопису.

У трећој Глави је описан мерни систем и експериментална поставка. Највећи део је посвећен постављању и повезивању ICCD камере и спектрометра. Циљ овог дела рада је да се постојећи мерни оптички систем унапреди. У новије време, од како су се појавиле CCD и ICCD камере, у многим лабораторијама се интегришу постојећи спектрометри са новим детекционим уређајима. Позиционирање камере, а затим калибрација на спектралну осетљивост као и одређивање границе линеарности система је врло сложен процес. У оквиру рада на овој тези је уведен низ нових детаља и решења што може бити од користи и истраживачима у другим лабораторијама. То су на пример карактеризација инструменталног профила или начин корекције облика спектралних линија. Резултати су објављени у домаћем часопису.

У четвртој Глави су описана равнотежна стања плазме и методи одређивања електронске температуре и електронске концентрације плазме. Испитивани су и услови равнотеже и показано да коришћена плазма задовољава услове парцијалне локалне равнотеже што омогућава одређивање електронске температуре плазме методом Болцмановог плота.

У петој Глави је дат опис теоријских основа ширења спектралних линија у плазми. Ту

спадају Допплерово ширење и ширење услед притиска које обухвата Штарково, резонантно и ван дер Валсово ширење. Природно ширење је увек присутно, али ја за услове који владају у плазми потпуно занемарљиво. Приказани су теоријски основи израчунавања Штаркових полуширина спектралних линија јер је овај механизам ширења од највећег значаја. Дате су и неке од семиемпиријских апроксимација. На крају је описан и метод деконволуције спектралних линија тј. метод за раздвајање појединачних утицаја различитих механизма ширења са циљем да се добију чисте Штаркове полуширине. Описан је и метод провере и корекције профила спектралних линија у случају појаве самоапсорпције.

У шестој Глави су укратко описани методи обраде профила спектралних линија.

У седмој Глави су приказани резултати мерења Штаркових полуширина спектралних линија једноструко јонизованог кисеоника, једноструко јонизованог силицијума и двоструко јонизованог силицијума. Прво је указано на значај оваквих података и дат преглед постојећих резултата у литератури. Сви експериментални подаци су приказани табеларно. За сваки од три врсте резултата је направљена одговарајућа анализа у смислу сличности и регуларности Штаркових полуширина спектралних линија унутар мултиплета, супермултиплета и одговарајућих прелаза. Сви резултати из овог рада задовољавају поменуте критеријуме. Сваки појединачни резултат, за који у литератури постоје експериментални подаци, упоређен је са подацима приказаним у овој дисертацији. Направљена је такође и анализа са становишта регуларности и сличности и за већ постојеће експерименталне резултате. Регуларности и сличности су последица унутрашње атомске или јонске структуре и недвосмислено указују на то да ли су резултати ваљани или не. На основу тога је показано да већина постојећих резултата у литератури није у складу овим правилима и указано је на оне резултате који могу бити од користи било за дијагностичке сврхе било за упоређивање са новим или постојећим теоријским подацима. Приказани резултати као и резултати других аутора су упоређени са одговарајућим теоријским прорачунима. Сви подаци су упоређени са упрошћеним семиемпиријским прорачунима, а они за које постоје теоријски квантномеханички прорачуни упоређени су и са њима. Резултати су публиковани у међународном часопису.

У Закључку су јасно сумирани резултати и анализе.

VI СПИСАК НАУЧНИХ И СТРУЧНИХ РАДОВА КОЈИ СУ ОБЈАВЉЕНИ ИЛИ ПРИХВАЋЕНИ ЗА ОБЈАВЉИВАЊЕ НА ОСНОВУ РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА У ОКВИРУ РАДА НА ДОКТОРСКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ

1. S. Djurović, Z. Mijatović, B. Vujičić, R. Kobilarov, I. Savić and L. Gavanski, Measurement of the shock front velocity produced in a T-tube, *Phys. Plasmas* **22**, 013505 1-8 (2015) M 22
2. L. Gavanski, M. T. Belmonte, I. Savić and S. Djurović, Experimental Stark halfwidths of the ionized oxygen and silicon spectral lines, *Month. Not. Roy. Astron. Soc.* **457**, 4038 - 4050 (2016). M21
3. I. Savić, L. Gavanski, S. Djurović, Z. Mijatović and R. Kobilarov, Integration of ICCD camera and spectrometer for spectroscopic purposes, *J. Res. Phys.* **35**, 55-65 (2011). M51
4. S. Djurović, Z. Mijatović, Z. Nađ, L. Gavanski and R. Kobilarov, Incident shock front velocity measurements in a T-tube, *Contributed papers of the 26th International Symposium on the Physics of Ionized Gases, Zrenjanin*, p. 167-170 (2012). M33
5. I. Savić, L. Gavanski, S. Djurović, Z. Mijatović and R. Kobilarov, ICCD spectrometer-characterization of instrumental line profiles and saturation level determination, *Contributed papers of the 26th International Symposium on the Physics of Ionized Gases, Zrenjanin*, p. 317-320 (2012). M33

6. S. Djurović, Z. Mijatović, I. Savić, L. Gavanski and R. Kobilarov, On the possibility of the electron density estimation by using the intensity ratio of two O II spectral lines, Contributed papers of the 27th International Symposium on the Physics of Ionized Gases, Belgrade, p. 323-326 (2014). M33
7. L. Gavanski, M. T. Belmonte, I. Savić and S. Djurović, Stark halfwidths of several O II spectral lines, Contributed papers of the 28th International Symposium on the Physics of Ionized Gases, Belgrade, p. 236-239 (2016). M33
8. I. Savić, L. Gavanski, M. T. Belmonte and S. Djurović, Stark halfwidths of some spectral lines of ionized silicon, Contributed papers of the 28th International Symposium on the Physics of Ionized Gases, Belgrade, p. 264-267 (2016). M33

VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

Један од циљева рада на овој теми је да се постојећа експериментална апаратура унапреди и оспособи за мерење Штаркових параметара, полуширина и помераја, спектралних линија јонизованих неводоничних атома. До сада је апаратура коришћена само за линије водоника и хелијума. Овај циљ је у потпуности остварен.

Прво је побољшан постојећи оптички мерни систем. Новонабављена ICCD камера и спектрометар су интегрисани у јединствен систем што је захтевало дуготрајан и прецизан посао око позиционирања камере. То такође захтева и одговарајућа конструкциона решења. Да би се тај систем могао користити за даља мерења извршена је калибрација на спектралну осетљивост и по таласним дужинама као и одређивање границе линеарности. Овако оспособљен систем ће бити основа за низ будућих експеримената.

Као извор плазме је коришћена електромагнетна ударна Т-цев где се плазма производи помоћу ударних таласа. Испитана је зависност брзине фронта ударног таласа од врсте гаса, уложене почетне енергије и од растојања од електрода. Приказане су три варијанте новог метода за мерење брзине фронта ударног таласа. Посебно су разматрани инцидентни и рефлектовани талас. Овим је показано да је енергија коју поседује електрични систем за високонапонско пражњење довољна да се могу посматрати и спектралне линије јонизованих атома. За прва мерења су изабране спектралне линије јона кисеоника и силицијума који се налазе у траговима у хелијумовој плазми. Наиме они се у плазми појављују услед аблације са површине стаклене цеви у којој се врши пражњење. Спектралне линије су врло уске и зато су врло погодне за испитивање могућности целог мерног система.

Треба такође нагласити да резултати испитивања понашања ударних таласа могу бити од интереса за различите примене.

Након оспособљавања мерног система и карактеризације извора плазме уследило је мерење Штаркових параметара спектралних линија једноструко јонизованог кисеоника и силицијума и двоструко јонизованог силицијума. За издвајање Штарковог профила из експерименталног профила спектралних линија коришћен је тзв. Воитов профил. Наиме емитовано зрачење из плазме садржи у себи осим Штарковог и доприноси Допплеровог, резонантног, ван дер Валсовог као и инструменталног ширења. Неопходно је издвојити Штарково ширење јер су ти подаци потребни за дијагностику плазме.

У овом раду су приказани резултати Штаркових полуширина за 45 спектралних линија једноструко јонизованог кисеоника, 13 линија једноструко јонизованог силицијума и 14 линија двоструко јонизованог силицијума. Да би се добили поуздани експериментални подаци, посебна пажња је посвећена сваком делу експерименталног рада, извору плазме, условима у плазми, начину

прикупљања експерименталних података, дијагностици плазме као и процедури обраде снимљених профила спектралних линија. За одређивање Штаркових полуширина коришћени су добро дефинисани профили што доприноси смањењу експерименталне грешке. Резултати добијени на основу спектралних линија малог интензитета и линија које се преклапају са суседним линијама су посебно издвојени. Извршена је детаљна анализа резултата по неколико основа и показано је да су добијени резултати ваљани и поуздани. Урађена је такође и анализа већ постојећих резултата који се могу наћи у литератури.

У овом раду су дати подаци за 7 спектралних линија једноструко јонизованог кисеоника као и за 3 линије јонизованог силицијума, који до сада нису мерени. За остале линије у литератури постоје резултати из ранијих мерења, али у сваком раду су дати резултати само за по неколико линија. Ови резултати су добијени из различитих извора плазме и под различитим условима и са застарелом техником снимања. Отуда прилично велико неслагање између резултата објављених од стране различитих аутора, па чак постоје неслагања и код резултата унутар једног експеримента.

Поменута детаљна анализа, заснована на регуларности и сличности који су последица унутрашње атомске или јонске структуре, показује да већина постојећих резултата у литератури није у складу овим правилима и указано је на оне резултате који могу бити од користи за дијагностичке сврхе. Сви експериментални резултати су такође упоређени и са одговарајућим теоријским прорачунима.

Приказани резултати Штаркових полуширина спектралних линија јонизованих атома кисеоника и силицијума су од великог значаја, како за дијагностику лабораторијских тако и астрофизичких плазми. Овим резултатима проширена је и унапређена постојећа база експерименталних података. Осим тога ови подаци могу бити од користи за тестирање постојећих и нових теоријских прорачуна као и код примене плазме.

VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА
Експлицитно навести позитивну или негативну оцену начина приказа и тумачења резултата истраживања.

Кандидат је обавио истраживања у складу са планом датим у пријави теме докторске дисертације. Текст тезе на јасан и разумљив начин приказује резултате рада са свим неопходним техничким и теоријским детаљима. Извршено је упоређивање постојећих и добијених резултата. Дата је детаљна анализа свих експерименталних резултата као и њихово упоређивање са теоријским предвиђањима. Значај резултата је посебно истакнут.

Комисија позитивно оцењује начин приказа и тумачења резултата ове докторске дисертације

IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:
Експлицитно навести да ли дисертација јесте или није написана у складу са наведеним образложењем, као и да ли она садржи или не садржи све битне елементе. Дати јасне, прецизне и концизне одговоре на 3. и 4. питање:

1. Да ли је дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме
Докторска дисертација је у потпуности у складу са текстом у пријави теме.

2. Да ли дисертација садржи све битне елементе
Дисертација садржи све битне елементе, теоријски увод, опис експеримента, приказ и анализу резултата као и закључак и списак одговарајуће литературе.

3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци
Дисертација садржи оригинални допринос науци по два основа.

Прво, приказан је нов метод одређивања брзине фронта ударног таласа. Проучавање карактеристика ударних таласа је од значаја како за производњу плазме тако и за примену. На пример за изучавање експлозија, за изазивање различитих интеракција са површинама за депозицију или издвајање наночестица. Осим тога изучавање ударних таласа може помоћи и у разумевању многих астрофизичких проблема.

Друго, у дисертацији су приказани нови подаци и нова мерења Штаркових полуширина јонизованих атома кисеоника и силицијума. Подаци су веома значајни са становишта примене за дијагностику како лабораторијске, тако и астрофизичке плазме. Даље, на основу нових и поузданих података и облика спектралних линија могу се проучавати процеси побуђивања и јонизације, добити подаци о енергијским нивоима, одређивати вероватноће прелаза, испитивати регуларности и сличности унутар мултиплета, супермултиплета и одговарајућих прелаза. Могу се такође испитивати фина структура или важење спреге као и утицај спољашњег и унутрашњег електромагнетног поља на емисију зрачења.

4. Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања

Комисија није уочила недостатке који би утицали на резултате истраживања или на изведене закључке.

X ПРЕДЛОГ:

На основу укупне оцене дисертације, комисија предлаже:

да се докторска дисертација „Одређивање Штаркових полуширина спектралних линија јонизованог кисеоника и силицијума, емитованих из плазме произведене у електромагнетној ударној Т-цеви“ прихвати и да се кандидату Лазару Гаванском одобри одбрана.

ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

U Novom Sadu

07. 11. 2016.

Др Зоран Мијатовић,
Редовни Професор, ПМФ, Нови Сад
Председник

Др Стевица Ђуровић,
Редовни Професор, ПМФ, Нови Сад
Члан

Др Милорад Кураица,
Редовни Професор, Физички факултет, Београд
Члан

Др Игор Савић,
Ванредни Професор, ПМФ, Нови Сад
Члан

НАПОМЕНА: Члан комисије који не жели да потпише извештај јер се не слаже са мишљењем већине чланова комисије, дужан је да унесе у извештај образложење односно разлоге због којих не жели да потпише извештај.