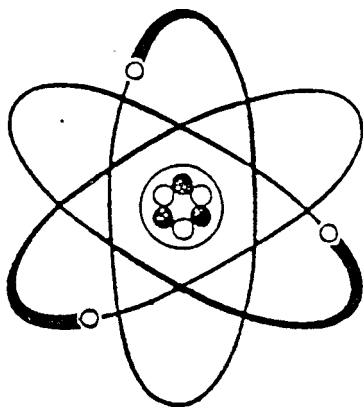


Друштво физичара Србије



ЗБОРНИК

Предавања на Републичком семинару о настави физике
одржаном јануара 1993. године у Београду



Београд
1993.

CIP - Каталогизација у публикацији
Народна библиотека Србије, Београд

371.3::53 (082)

РЕПУБЛИЧКИ семинар о настави физике (1993; Београд)

Зборник предавања из Републичком семинару о настави физике одржаном јануара 1993. године у Београду / (организатор семинара) Друштво физичара Србије; (уредници зборника Бранко Радивојевић... и др.). - Београд: Друштво физичара Србије: Клуб НТ, 1993 (Београд: МСТ Гајин). - 117 стр.: илустр. ; 24 см

Тираж 300. - Резимен. - Библиографија уз поједине радове.

ISBN: 86-82167-06-9

1. Радивојевић, Бранко

53(082)

а) Физика - Настава - Методика - Зборници

б) Физика - Зборници

12081420

Издавачи:

Друштво физичара Србије

«Клуб НТ», Народног фронта 31, Београд

За издавање:

Др Звонко Марич

Томислав Гајин

Одржавање штампања је поверено:

Министарство просвете Србије

Организацони одбор:

Др Томислав Петровић

Др Мирјана Поповић-Божић

Др Јелена Милоградов-Турин

Др Душан Филиповић

Др Стеван Јокић

Др Дарко Капор

Др Љубиша Зечевић

Мр Бојана Никшић

Мр Светозар Димитријевић

Ненад Головић

Данило Беодрански

Бранко Радивојевић

Уреднички зборници:

Бранко Радивојевић

Бојана Никшић

Наташа Чалуковић

Др Јелена Милоградов-Турин

Компјутерска обрада текста:

Бранко Радивојевић

Тираж 300 примерака

Издавачи: «МСТ Гајин» Београд

ISBN: 86-82167-06-9

Издателство:

Текстови нису рецензирани

СЛИКОВИТ ПРИКАЗ ПРОЦЕСА У АТОМИМА

Братислав П. Маринковић
Институт за физику,
11001 Београд, пп. 57

Сажетак

Описана је могућност сликовитог приказивања процеса у електрон – атомским сударним процесима посматрајући спектре губитака енергије и мерећи параметре усмерености и оријентације. Дат је пример на екситацији П стања атома хелијума као и спектар губитака енергије атома кадмијума.

1. Увод

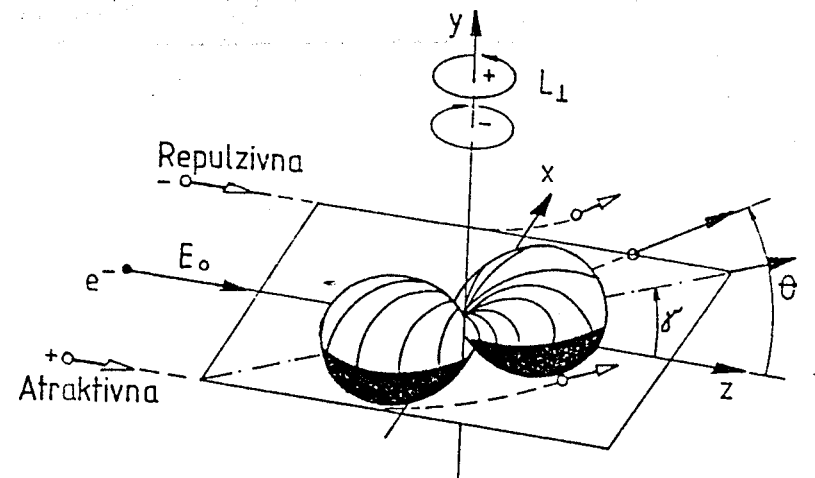
Сазнавање основних закона у природи кроз проучавање елемената материје и њихових интеракција, одувек је био циљ филозофије а затим и из ње одвојених природних наука. Руђер Бошковић у свом делу »Теорија природне филозофије, сведена на један једини закон сила постојећих у природи« објављеном 1758. године одређује закон сила између »првих елемената материје« као: »Закон пак сила јесте такав да на најмањим растојањима су оне репулзивне, и тим више расту у бесконачност што се растојања више смањују у бесконачност, ... али тад, повећањем растојања, преобраћају се у атрактивне, прво растући, а затим опадајући, ишчезавајући и прелазећи у репулзивне, ... док, стигавши до релативно већих растојања почну бити стално атрактивне, и приближно обратнo сразмерне квадратима растојања ...«.

У атомској и нуклеарној физици, значајну улогу у откривању основних интеракција имају експерименти расејања честица. У овом раду ће посебно бити разматрани судари електрона са атомима са нагласком на експериментима из којих сазнајемо више о облику и динамици електронског облака у атому. Ради што боље сликовитости разматраће се само побуђивање П стања атома хелијума а пример спектра ће бити дат за атом кадмијума који у спољашњој љусци има два електрона као и атом хелијума.

2. Параметри оријентације и усмерености

Процес расејања електрона на атомима је приказан схематски на слици 1. Електрон тачно дефинисане упадне енергије E_0 се судара са атомом, побуђује његово Р стање, при чему губи енергију једнаку разлици упадне енергије и енергије екситације и расејава се под углом θ . У судару се електронски облак честице мете усмерава у правцу одређеном углом γ а момент импулса индикован сударом, L_1 је нормалан на раван расејања и дефинише оријентацију читавог облака као разлику у вероватноћама екситовања поднивоа са $m_1 = \pm 1$. У представи са класичним трајекторијама електрона, стања са $m_1 = +1$ (-1) се могу сагледати као стања екситована упадном честицом која »осећају« у

средњем атрактивну (репулзивну) силу (потенцијал) при чему трајекторија пролази испред (иза) атомског језгра. При томе електрон који



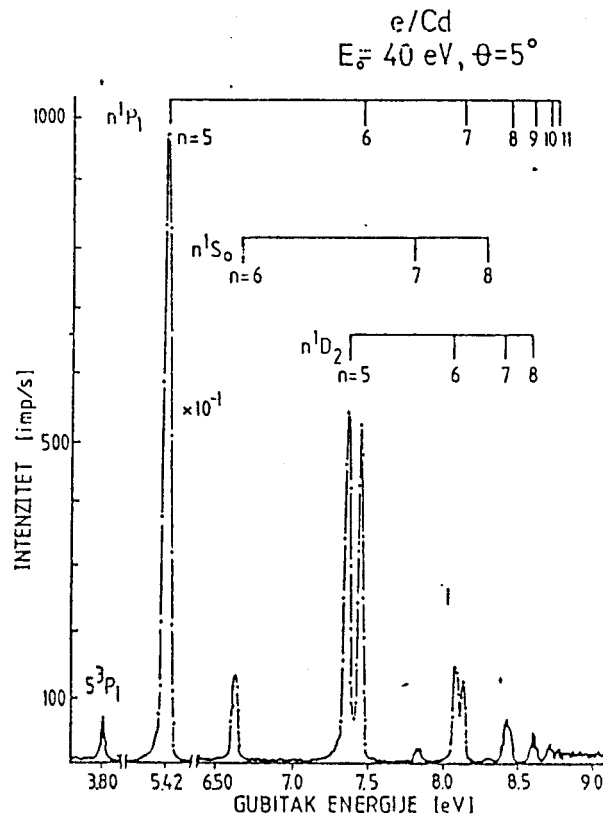
Слика 1. Побуђивање Р стања хелијума у судару са електроном

осећа атрактивни потенцијал би предао позитивну оријентацију, $L_1 > 0$, а онај под дејством репулзивног потенцијала негативну. Величине γ и L_1 потпуно дефинишу таласну функцију Р стања а експериментално се могу одредити у огледима корелације или кохеренције.

3. Експерименти губитака енергије

Електрон је након расејања изгубио енергију за вредност екситације стања атома. Ако се расејани електрони анализирају при неком углу расејања по енергији добиће се спектар губитака енергије. На слици 2 је приказан такав спектар за атом кадмијума. Прву структуру у спектру дају еластично расејани електрони (нису приказани на слици) који нису изгубили енергију ($\Delta E = 0$), затим нема никаквог доприноса све до 3,8 eV енергије када се побуђује прва стања симетрије 3P , а затим се побуђује интензивно стање симетрије 1P на 5,4 eV. Следе виша побуђена стања атома кадмијума која постају све гушћа и мање интензивна те се почевши од неког стања и не раздвајају услед коначности разлагања експерименталног уређаја.

Спектар губитака енергије даје очигледну представу дискретности енергијских нивоа у атому. Интензитети структура су пропорционални вероватноћама за побуђивање електроном одређеног стања при одређеном углу расејања. Детаљније анализе процеса расејања се могу вршити у експериментима са поларизованим електронима или мерењима њихове поларизације након расејања.



Слика 2. Спектар губитака енергије расејања електрона на атому кадмијума при упадној енергији електрона од 40 eV и углу расејања од 5°.

4. Експерименти корелације и кохеренције

Побуђено Р стање атома се деекситује емисијом фотона. Фотон носи информацију о облику и динамици ексцитованог стања. Мерењем поларизације фотона у правцу нормалном на раван расејања могу се одредити Стоксови (Stokes) параметри (P_1 , P_2 , P_3) дефинисани као

$$P_1 = [I(0^\circ) - I(90^\circ)] / [I(0^\circ) + I(90^\circ)] \quad (1)$$

$$P_2 = [I(45^\circ) - I(135^\circ)] / [I(45^\circ) + I(135^\circ)] \quad (2)$$

$$P_3 = [I_{DKP} - I_{LKP}] / [I_{DKP} + I_{LKP}] \quad (3)$$

где је $I(\theta)$ интензитет компоненте линеарно поларизоване светлости емитоване у правцу нормалном на раван расејања а I_{DKP} и I_{LKP} интензитети десно и лево кружно поларизоване светлости. Ови параметри нису међусобно независни за случај побуде Р стања хелијума већ важи релација

$$P_1^2 + P_2^2 + P_3^2 = 1. \quad (4)$$

Дефинише се и величина $P_1 = (P_1^2 + P_2^2)^{1/2}$ као линеарна поларизација емитоване светлости.

У експериментима кохеренције мери се поларизација емитованих фотона у коинциденци са електроном расејаним при углу θ . Мерећи величину P_3 директно се одређује разлика вероватноћа за ексцитацију стања са $m_l = +1$ (LKP) и $m_l = -1$ (DKP) а тиме је одређена величина L_1 из релације

$$P_3 = -L_1. \quad (5)$$

Мерећи величине P_1 и P_2 , односно P_1 , може се одредити угао γ јер је интензитет емитоване светлости у правцу нормалном на раван расејања пропорционалан

$$I(\theta) = 1 + P_1 \cos 2(\theta - \gamma) \quad (6)$$

са $\cos 2\gamma = P_1/P_1$ и $\sin 2\gamma = P_2/P_1$.

У експериментима корелације мери се угаона расподела емитоване светлости у равни расејања у коинциденци са електроном расејаним при углу θ . Угаона расподела емитованих фотона одговара угаоној расподели густине електронског облака у атому са тим што је ротирана за угао од 90° и сразмерна је

$$I(\theta) = 1 - P_1 \cos 2(\theta - \gamma) \quad (7)$$

Угао усмерености γ тако одређује правац минимума интензитета зрачења. У експерименту се γ и P_1 директно могу мерити, а преко везе (4) и (5) добија се

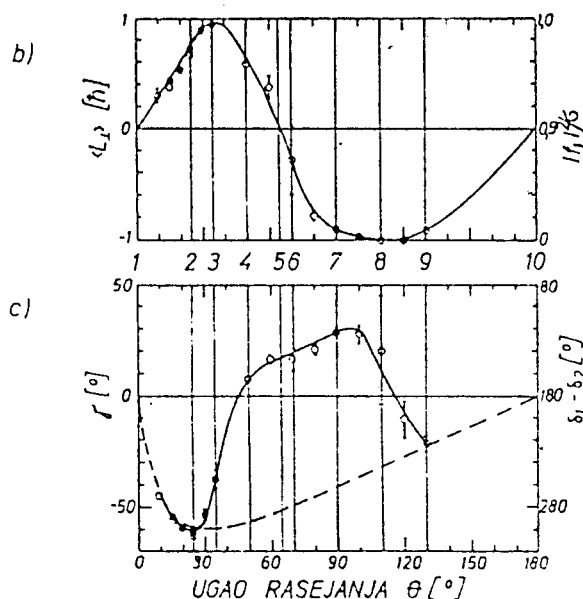
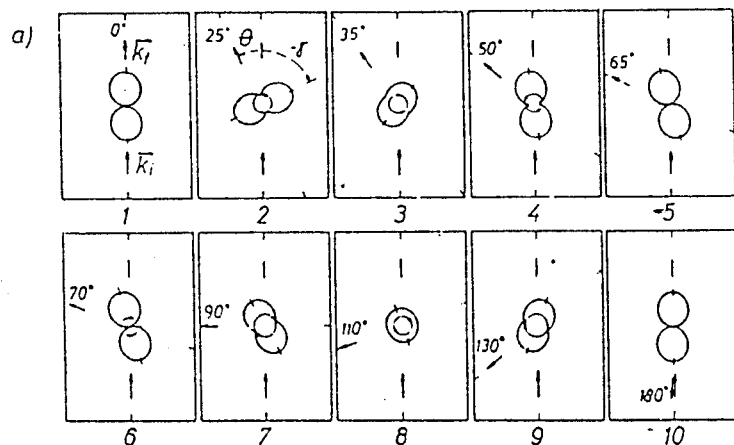
$$|L_1| = (1 - P_1^2)^{1/2} \quad (8)$$

Знак величине L_1 се у овим експериментима не може одредити.

5. Облик и динамика електронског облака Р стања атома хелијума

На слици 3 су представљени момент импулса који је пренет у судару са електроном и угао усмерености густине електронског облака ексцитованог Р стања у функцији од угла расејања. Тачке представљају вредности добијене из експеримената и оне су спојене линијом ради бољег праћења облика. Цртаном линијом је дато предвиђање теорије у Борновој апроксимацији. За величину L_1 теорија предвиђа свуда вредност једнаку нули. Ознаке (1) – (10) одговарају различитим угловима расејања и као карактеристични су дати облици и динамика густине расподеле електронског облака Р стања.

На малим угловима расејања доминирају атрактивне, дугодометне поларизационе силе које доводе до $L_1 > 0$. За углове преко $\theta = 65^\circ$ запажа се промена знака L_1 . Ово се може схватити као дубље продирање упадног електрона чиме се долази у област репулсивног потенцијала. Због разлога симетрије $L_1 = 0$ при $\theta = 0^\circ$ и 180° док је $\gamma = 0$ због очувања момента импулса ($\Delta m_l = 0$). На кривој се истичу максималне



Слика 3. Облик и динамика ексцитованог стања He (2^1P) на различитим угловима расејања електрона

вредности L_1 при угловима од око 35° и 110° када скоро имамо ексцитацију чистих стања $m_l = \pm 1$.

6. Закључак

Проучавање структуре и динамике атома у сударима са електронима може нам дати кључне одговоре у изучавању структуре материје и откривању основних закона. У електронској спектроскопији, иако далеко млађој од оптичке спектроскопије, развијене су експерименталне технике које омогућавају добијање квалитативно нових знања о интеракцијама у свету атома. У Београду на Институту за физику ради Лабораторија за атомске сударе у којој се врше истраживања електрон – атомских (молекулских) судара. Мерењима пресека одређују се вероватноће дешавања појединих процеса у сударима са електронима као што су еластично расејање, ексцитација појединих нивоа, јонизација или пак запажају појаве као што су резонанце или фрагментација. Одређујући параметре усмерености, тј. облик густине наелектрисања електрона ексцитованог стања и његову усмереност у простору, као и оријентације, тј. пренос момента импулса у судару, добија се детаљни увид у интеракције и динамику сударног процеса. Даље продубљење анализе и финију структуру интеракција могу дати експерименти са тачно припремљеним спинским стањима електрона или атома, тј. експерименти са поларизованим млазевима.

ЛИТЕРАТУРА

1. Р. Бошковић, Теорија природне филозофије (Култура, Београд, 1958) стр. 61.
2. В. Маринковић, В. Пејчевић, Д. Филиповић и Л. Вуковић, J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys. 24 (1991) 1817
3. N. Andersen, J. Gallagher and V. Hertel, Phys. Rep. 165 (1988) 1
4. N. Andersen, I. V. Hertel and H. Kleinpoppen J. Phys. B: At. Mol. Phys. 17 (1984) L901

РЕПУБЛИЧКИ СЕМИНАР О НАСТАВИ ФИЗИКЕ

15. и 16. јануар 1993.

Физички факултет, Цара Душана 13, Београд

Организатор семинара
Друштво физичара Србије

ПРОГРАМ СЕМИНАРА

Петак, 15. јануар

П р е п о д н е

08⁰⁰ Пријава учесника семинара

09⁰⁰ Отварање семинара

Др Илија Савић

Академик Звонко Марић

Заједничка секција

Председава Др Мирјана Поповић-Божић

09¹⁵ Др Ђура Крмпотић

Проблематика детекције честиче у физици високих енергија
Нобелова награда за физику за 1992.

10⁰⁰ Др Јелена Милоградов-Турин

Планете око других звезда

П а у з а (10⁰⁰ до 11⁰⁰)

Председава Др Стеван Јокић

11⁰⁰ Др Вукот Бабовић

Доплеров ефекат: један нетипичан случај

11¹⁵ Наташа Чалуковић и Мр Соња Јовићевић

Холографија (са демонстрацијом)

П о с л е п о д н е

Секција средње школе

Председава Томислав Петровић

16⁰⁰ Др Дарко Капор и Др Марио Шкрињар

Хајзенбергове релације неодређености – смисао и примена

16⁴⁵ Др Душан Филиповић

Демонстрација тунелског ефекта

Секција основне школе

Председава мр Светомир Димитријевић

16⁰⁰ Др Братислав Маринковић

Сликовит приказ процеса у атомима

16⁴⁵ Бранко Поповић

Модел трофазног генератора наизменичне струје

П а у з а (17³⁰ до 18⁰⁰)

18⁰⁰ СКУПШТИНА ДРУШТВА ФИЗИЧАРА СРБИЈЕ

Субота, 16. јануар

П р е п о д н е

Секција средње школе

Председава Др Душан Филиповић

09⁰⁰ Др Марио Шкрињар и Др Дарко Капор

Коришћење парадокса у настави теорије релативности

09⁴⁵ Др Марко Поповић

Примењена физика

Секција основне школе

Председава Ненад Головић

09⁰⁰ Мирјана Никодијевић

Методолошки приступ изради задатака у кинематици

09³⁰ Марија Кујачић

Концепција примене микрорачунара у настави физике

10⁰⁰ Митар Бороја

Генератор високих напона за школску лабораторију

П а у з а (10³⁰ до 10⁴⁵)

Секција средње школе

Председава Др Душан Филиповић

11⁰⁰ Др Томислав Петровић и Мр Милоје Ђетковић
Групно учење физике у методи »Рад са уџбеником«

Секција основне школе

Председава Данило Беодрански

11⁰⁰ Ненад Головић

Методски прилози за реализацију наставне теме »Структур
супстанце« у VI разреду основне школе

11³⁰ Слободан Кнежевић

Карактеристичне аналогije у физичким теоријама о структу
ри материје

Заједничка секција

12⁰⁰ ОКРУГЛИ СТО О НАСТАВИ ФИЗИКЕ

Уводна реч: Др Јулијана Георгијевић

Осврт на пријемни испит из физике на техничким факул
тетима и ПМФ

П о с л е п о д н е

Заједничка секција

16⁰⁰ Др Јелена Милоградов-Турин

Ваншколска астрономска учила

Предавање ће се одржати у Планетаријуму Астрономског
друштва »Руђер Бошковић«, Доњи град, Калемегдан