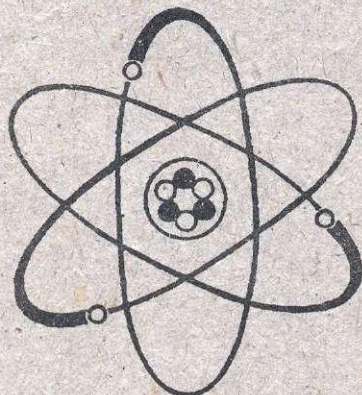


ДРУШТВО ФИЗИЧАРА СРБИЈЕ
ПОДРУЖНИЦА НОВИ САД

ЗБОРНИК

ПРЕДАВАЊА СА РЕПУБЛИЧКОГ СЕМИНАРА
О НАСТАВИ ФИЗИКЕ ОДРЖАНОГ
17. И 18. ЈАНУАРА 1996. ГОДИНЕ У НОВОМ САДУ



Нови Сад
1996.

ОРГАНИЗАТОРИ СЕМИНАРА

Министарство просвете Републике Србије
Друштво физичара Србије
Друштво физичара Србије Подружница Нови Сад
Друштво астронома Србије

Колективни чланови Друштва физичара Србије који су учествовали у
организацији семинара:

ПМФ Институт за физику, Универзитета у Новом Саду
Институт за физику, Београд
Физички факултет, Београд
Институт за нуклеарне науке "Борис Кидрич" Винча

Организациони одбор:

Иштван Бикит (ПМФ, Нови Сад)
Вера Бојовић (Министарство просвете, Београд)
Ненад Головић (О. Ш. "Милош Црњански", Београд)
Светомир Димитријевић (Одељење Министарства просвете, Нови Сад)
Душанка Ђокић-Ристановић (Физички факултет, Београд)
Јеврем Јањић (ПМФ, Нови Сад)
Дарко Капор (ПМФ, Нови Сад)
Славко Кривовић (Гимназија, Ниш)
Јарослав Лабат (Физички факултет, Београд)
Јелена Милоградов-Турин (Институт за математику и астрономију, Београд)
Крсте Наумовски (Одељење Министарства просвете, Зрењанин)
Душанка Обадовић (ПМФ, Нови Сад), председник
Мирјана Поповић-Божић (Институт за физику, Београд)
Бранко Радивојевић (Средња медицинска школа, Београд)
Воја Рашић (Одељење Министарства просвете, Приштина)
Нада Станчић (Одељење Министарства просвете, Сомбор)
Драган Цветковић (Математичка гимназија, Београд)

Технички уредници зборника
Зоран Мијатовић
Игор Савић

Уредник зборника
Душанка Обадовић

Издавач
Министарство просвете Републике Србије
Друштво физичара Србије
Друштво физичара Србије Подружница Нови Сад

Штампа: Штампарија Министарства просвете Републике Србије
Тираж: 500 примерака

РЕПУБЛИЧКИ СЕМИНАР О НАСТАВИ ФИЗИКЕ 96
Нови Сад 17. и 18. јануар 1996.

ПРОГРАМ

Среда, 17.1.1996.

Пре подне

09:00 Отварање семинара

Музички програм

Др Јарослав Лабат, председник Друштва физичара Србије

Др Јеврем Јањић, председник Подружнице Нови Сад

Представник министарства за просвету

Заједничка предавања

Председава Др Душанка Обадовић

09:30 - 10:00 Др Иван Аничин *Нобелова награда за физику 1995.*

10:00 - 10:30 Др Никола Митровић (Др Горан Бачић) *Нуклеарна магнетна резонанца и њена примена у медицини*

10:30 - 11:00 Др Владимир Дивјаковић *Примена дифракције x-зрака за одређивање структуре на молекуларном и надмолекуларном нивоу*

11:00 - 11:30 Пауза

Председава Др Дарко Капор

11:30 - 12:00 Др Милан Димитријевић *Хоризонти 2000-те и иза*

12:00 - 12:30 Мр Војислав Митић *Наставна средства и експериментална физика*

12:30 - 13:30 Демонстрациони експерименти и разгледање изложбе наставних средстава

После подне

Заједничка предавања

Председава Др Агнеш Капор

15:00 - 15:30 Др Илија Савић и Зоран Радовић *Квантни Холов ефекти*

15:30 - 15:45 Др Мирјана Поповић-Божић *Међународна олимпијада из физике*

15:45 - 16:00 Пауза

Секција основне школе

Председава Нада Станчић

16:00 - 16:30 Мр Светомир Димитријевић *Кибернетички приступи настави физике у основној школи (за основне школе)*

16:30 - 17:00 Др Томислав Петровић, Небојша Милошевић и Светозар Станојевић *Демонстрациони огледи помоћу катодног осцилоскопа (примери, методика)*

17:00 - 17:30 Др Томислав Петровић и Светозар Станојевић *Примери и методика примене "МУЛТИПРИМ-II"*

Средње школе

Председава Мр Крсте Наумовски

16:00 - 16:30 Др Лука Поповић *Помрачење сунца и месеца*

16:30 - 17:00 Др Радомир Ђорђевић *Филозофске основе физичке теорије*

17:00 - 19:00 Посета Гимназији "Исидора Секулић" где ће се одржати предавања:

17:30 - 18:00 Мр Гордана Новак *Теорија и методи мерења теорије* (за средње школе)

18:00 - 19:00 - Округли сто о настави физике у средњим школама (председава Мр Крсте Наумовски)

- Округли сто о настави физике у средњим медицинским школама (председава Бранко Радивојевић)

19:00 Скупштина Одељења за средње и основно образовање Друштва Физичара Србије (председава Др Душанка Ђокић Ристановић)

21:00 Другарско вече у организацији подружнице Нови Сад

Четвртак, 18.1.1996.

Заједничка предавања

Председава Др Дарко Капор

09:00 - 09:30 Др Иштван Бикшт Двојруки *в распад и природа неутрина*

09:30 - 10:00 Др Петар Адић *Велике машине у физици*

10:00 - 10:30 Др Татјана Вукашинац *Увод у теорију гравитације*

10:30 - 11:00 Пауза

Председава Др Агнеш Капор

11:30 - 12:00 Др Видосав Марковић *Меморијски ефекти у азији од открића до објашњења*

12:00 - 12:30 Мр Крсте Наумовски *Осавремењавање наставе физике у условима садашње опремености школа*

12:30 - 15:00 Пауза

Средња школа

Председава Др Жељко Шкрбић

15:00 - 15:30 Др Душан Филиповић *Поларизација светлости и поларизација електрона*

15:30 - 15:50 Др Томислав Петровић, Светозар Станојевић *Примери и методика примене "МУЛТИПРИМ П" у средњој школи*

15:50 - 16:20 Др Томислав Петровић, Небојша Милошевић и Светозар Станојевић *Демонстрациони огледи помоћу катодне осцилоскопе (примери, методика) у средњој школи*

16:20 - 16:30 Милан Кецојевић *Демонстрациони експерименти из физике*

16:30 - 16:45 Пауза

Председава Др Душанка Обადовић

16:45 - 17:00 Срђан Вербић *Физика у Израживачкој станици Пејница*

17:00 - 17:45 Приказ нових уџбеника и постојећих часописа

Др Дарко Капор

Драган Цветковић

Др Лука Поповић

Основна школа

Председава Мр Светомир Дмитријевић

15:00 - 15:30 Мр Милоја Ђетковић *Решавање графичких задатака до квалитетнијих знања на примеру равномерног и равномерно убрзаног праволинијског кретања*

15:30 - 16:30 Округли сто о настави физике

Изложба наставних средстава

Учесници:

Завод за наставна средства, Београд; Физички факултет, Београд; Институт за физику, Земун; Установа Фузија, Крагујевац; Гимназија "Светозар Марковић", Ниш; Електротехничка школа, Зајечар; XV Београдска гимназија; Техничко-машинска школа "Петар Драпшић", Београд; Електротехничка школа "Никола Тесла", Београд; Виша техничка школа, Суботица;

ПОЛАРИЗАЦИЈА СВЕТЛОСТИ И ПОЛАРИЗАЦИЈА ЕЛЕКТРОНА

Д.М.Филиповић

Физички факултет Универзитета у Београду
П.П. 368, 11001 Београд

Сажетак

У раду се указује на аналогију између поларизације светлости и поларизације електрона. Демонстрира се поларизација светлости једноставним прибором, подесним за самосталан рад ученика као и разредну наставу. Објашњава се процес поларизације електрона у судару неполаризованих електрона са атомима Аг, Кг и Хе у основном стању.

1. Увод

Светлост и електроне повезују бројне и јаке аналогије засноване на њиховој таласној природи. За дату енергију E , таласна дужина светлости је

$$\lambda_f [nm] = hc/E \approx 1234(E[eV])^{-1}, \quad (1)$$

а де Бројева (de Broglie) таласна дужина електрона, масе m_e ,

$$\lambda_e [nm] = h(2m_e E)^{-1/2} \approx 1,23(E[eV])^{-1/2}. \quad (2)$$

У настави је таласни модел светлости прихватљив након ефектног огледа дифракције ласерске светлости на оптичкој решетки. Модел електрона је најчешће раван талас и он се тумачи као добра апроксимација просторно локализованог таласног пакета, у којем је преобладајући један талас таласне дужине задате енергијом E , а према јед. 2. У реалном огледу овај модел одговара моноенергијском млазу електрона енергије E , као квантно-механичком ансамблу датог електрона. Сви резултати низа огледа са појединачним електронима су еквивалентни у квантној механици са резултатима једног огледа са ансамблом електрона тј. са млазом моноенергијских електрона.

Таласне особине електрона имају аналогне у таласним особинама светлости, као што су: рефлексија (одбијање), рефракција (преламање), дисперзија (зависност рефракције од таласне дужине), интерференција (слагање), дифракција (залажење у геометријску сенку), тотална унутрашња рефлексија и фрустрирана унутрашња тотална рефлексија (пролаз кроз баријеру)¹ и поларизација. Аналогије су толико јаке да се за опис аналогних појава користе исте математичке форме. Док је (релативни) индекс преламања светлости количник брзина упадног и рефрактованог таласа, за кретање електрона у нехомогеном електростатичком пољу се дефинише индекс преламања као $[(E - V)/E]^{1/2}$, где је V - потенцијал који делује на електрон. На овој аналогiji базира електронска оптика. Мада треба бити обазрив при коришћењу концепта де Броја у опису интеракције електрона са атомским честицама, јер је промена индекса преламања у домену интеракције значајна на растојању поредивом са таласном дужином упадног електрона, Мот (*Mott*)² је показао да је у опису електрон-атомских судара применљив Хајгенс-Френелов (Huygens-Fresnel-ов) принцип, баш као у опису дифракције светлости. Слично, математичка форма зависности трансмисије електрона у микрочестичном тунелском ефекту од ширине потенцијалне баријере је квазиэкспоненцијална, иста као зависност трансмисије светлости у појави фрустриране унутрашње тоталне рефлексије од ширине оптичке баријере.

Значајна јачина горе поменутих аналогija омогућава потпуније и јасније разумевање и тумачење особина светлости и особина електрона. Основни циљ овога рада је да се поларизација светлости упореди са поларизацијом електрона, јер: поларизација светлости је изазов за наставу физике са становишта методике, а садржаје о поларизацији електрона тек треба, на одговарајући начин, укључити у наставне програме.

2. Поларизација светлости

Са становишта наставе, поларизација светлости је од значаја као доказ трансверзалне природе светлосних таласа у односу на правац простирања. Трансверзална природа таласа се врло лако демонстрира добро познатим огледом поларизације кружних таласа дуж канала провученог кроз крут правоугаони оквир. Поларизација светлости се једнако лако демонстрира. Ученик³ може сам да направи поларизатор светлости од блока (осам до десет) стаклених плочица, које смести у цев, под углом у односу на осу цеви од 55° до 60° , зависно од врсте стакла. Након вишеструке рефракције, на појединачним плочицама, трансмитована светлост је поларизована, што се доказује помоћу ротирајућег диска од полароида који се, у оквиру нашег предавања, користи као анализатор. Но, довољан је чак и само горе описан блок стакала као прибор за демонстрирање поларизације, уколико се користи као анализатор. Наиме, поларизационом анализом светлости бројних посредних извора у непосредној околини, лако је наћи и такве са интензитетом детектоване светлости зависним од угла закретања анализатора око сопствене осе. Ако нам случај није наклоњен па таквих светлосних извора нема, довољно је подесно отворити стаклени прозор да би се видео

ефекат поларизације светлости при рефлексији. Управо у таквом огледу је Малис (Malus) запазио и објаснио поларизацију светлости, 1808. године, гледајући кроз кристал калцита један прозор Луксенбуршке палате у Паризу. Овај оглед је погодан за самосталан рад код куће, док је анализа запажања погодна за разредну наставу. У анализи се лако долази до појма **поларизационог угла** и Брустеровог (Brewster) закона по којем је тангенс поларизационог угла једнак индексу преламања. Проблемска ситуација настаје када се уочи да нема тоталног замрачења при поларизационој анализи светлости рефлектоване под поларизационим (Брустеровим) углом.

Величина

$$P = (I_{\parallel} - I_{\perp}) / (I_{\parallel} + I_{\perp}), \quad (3)$$

зависна од интензитета паралелне (I_{\parallel}) и нормалне (I_{\perp}) компоненте таласа, у односу на раван расејања, назива се степен поларизације или краће, **поларизација**.

Због ограничења обима, не разматра се закретање равни поларизације, дихроизам (поларизација услед селективне апсорпције) и други феномени, детаљно описани у домаћој литератури.⁴

За поређење поларизације светлости и поларизације електрона су битни резултати огледа: (а) светлосни талас је трансверзалан у односу на правац простирања, (б) постоји само један поларизациони угао и то је Брустеров угао и (ц) ефикасност метода поларизације природне (неполаризоване) светлости достиже 50% , тј. максималну могућу вредност.

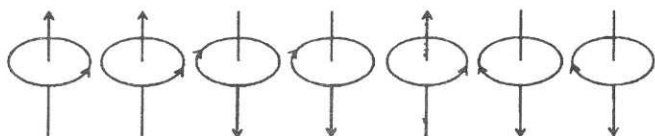
3. Поларизација електрона

Електрон поседује спин, али говоримо о неполаризованим електронима уколико су ови представљени својим ансамблом са произвољном оријентацијом спинова (в. Увод). У сударима електрона са атомским честицама обично су оне интеракције које зависе од спина, а то су пре свега спин-орбитна интеракција и изменска интеракција, маскир не предоминантним Кулоновим (Coulomb), електродинамичким, интеракцијама. Да би ефекти зависни од спина електрона постали значајни морају се, дакле, наћи услови у којима су ефекти електродинамичких интеракција поредиви са спинским ефектима или чак и слабији. Такве услове пружају, на пример, дифракциони минимуми (по углу расејања, θ), електрона на атомима, значајни у физици као први строг доказ таласне природе електрона у електрон-атомским сударима.⁵ У њиховој околини су доприноси ефеката електродинамичких интеракција најмањи, јер управо су електродинамичке интеракције одговорне за дифракцију електрона. Ово је нарочито изражено у околини критичних тачака дифракционе површи, тј. парова вредности (E, θ) у којима су дифракциони минимуми најдубљи.⁶

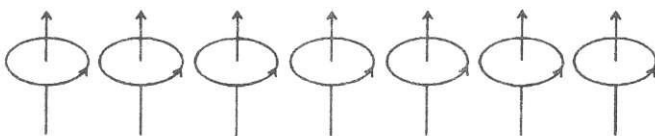
По аналогији са поларизацијом светлости, дефинише се **степен поларизације** електрона,

$$P = (I_{\uparrow} - I_{\downarrow}) / (I_{\uparrow} + I_{\downarrow}), \quad (4)$$

као компонента вектора поларизације у односу на дати правац. Илустрација делимичне и тоталне поларизације млаза електрона дата је на слици 1.



$$P = \frac{N_{\uparrow} - N_{\downarrow}}{N_{\uparrow} + N_{\downarrow}}$$

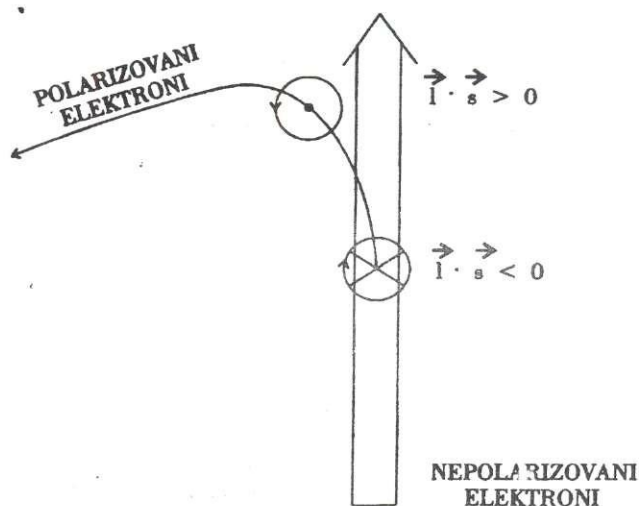


TOTALNA POLARIZACIJA, $P=1$

Сл.1. Делимична и тотална поларизација млаза електрона. Интензитет (I) је број електрона (N) детектован у јединици времена.

Поларизациона анализа електрона расејаних на атомима показује у околини критичних тачака велике вредности поларизације, уз значајне промене у малом домену угла расејања. Објашњење ове појаве је једностав-

но у случају еластичног расејања електрона на атомима без спина. Погодни за експеримент и интерпретацију резултата су атоми Ag, Kг и Хе у својим основним стањима, јер имају дубоке дифракционе минимуме, а спински ефекти су значајнији код атома већег редног броја у Периодном систему. Пошто је измена електрона уз промену спина забрањена Паулиевим (Pauli) принципом, само један механизам је одговоран за спинске ефекте у еластичном расејању електрона на атомима без спина у њиховим основним стањима. То је тзв. спин-флип процес, у којем расејани електрон мења спин услед спин-орбитне интеракције. Поларизација спин-флип процесом, услед различитих потенцијала интеракције за супротно оријентисане спинове електрона из неполаризованог упадног млаза, илустрована је сликом 2.



Сл.2. Поларизација електрона у спин-флип процесу

Методe закретања вектора поларизације електрона и бројни феномени везани за поларизацију електрона детаљно су описани у литератури,⁷ али је, на пример, први експериментални доказ електронско-оптичког дихроизма остварен тек недавно.⁸

4. Закључак

Таласна природа светлости и таласна природа електрона, допуштају налажење бројних аналогних понашања. Аналогије су толико јаке да су математичке форме за описивање таласних феномена у којима учествују електрони исте као оне за опис одговарајућих светлосних феномена. Ово важи и за поларизацију светлости и поларизацију електрона. Међутим, постојање поред електродинимичких још и изменске и спин-орбитне интеракције, указује на комплекснију природу електрона у електрон-атомском расејању, што се огледа у постојању више "Брустерових" углова, у околини критичних тачака. Сем тога, говори се и о лонгитудиналној поларизацији електрона, у односу на правац кретања. Коначно, у односу на ефикасност метода поларизације светлости, ефикасност поларизације електрона електрон-атомским сударима је неупоредиво мања. Наиме, поларизација електрона спин-флип процесом је приближно тек један на милион, јер је спин-флип процес мало вероватан. Зато се траже и налазе нове методе за добијање млазева поларизованих електрона. Поред значаја аналогije између поларизације светлости и поларизације електрона за наставу физике, бар једнако значајно и интересантно је разматрати и разлике, које недвосмислено постоје.

5. Литература:

1. Д. Филиповић Млади физичар, 44 (1992) 14.
2. N.F.Mott, Proc.Roy.Soc., 127 (1930) 658.
3. И. Радловић, ученица III разреда Математичке гимназије у Београду, у раду са аутором, 1995.
4. М. Платиша, ПОЛАРИЗАЦИЈА СВЕТЛОСТИ, непубликована предавања, 1995.
5. E.C.Bullard and H.S.W.Massey, Proc.Roy.Soc.A 130 (1931) 579.
6. J.Kessler, Advan.At.Mol.and Opt.Phys. 27 (1991) 81.
7. J.Kessler, POLARIZED ELECTRONS, (Springer-Verlag, Berlin, 1985).
8. S.Mayer and J.Kessler, Abstracts of Contributed Papers of XIX ICPEAC, Whistler, Canada, 1995, p.238.