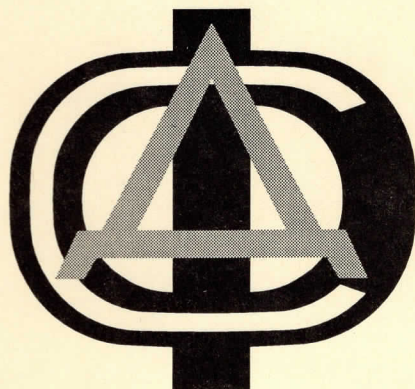


**ДРУШТВО ФИЗИЧАРА СРБИЈЕ  
ПОДРУЖНИЦА КРАГУЈЕВАЦ**

# **ЗБОРНИК**

**ПРЕДАВАЊА СА РЕПУБЛИЧКОГ СЕМИНАРА  
О НАСТАВИ ФИЗИКЕ**



**КРАГУЈЕВАЦ  
1998**

**ОРГАНИЗАТОРИ СЕМИНАРА**  
Министарство просвете Републике Србије  
Друштво физичара Србије  
Подружница Друштва физичара Србије-Крагујевац  
Природно математички факултет- Крагујевац

**Програмски одбор**

1. Вера Бојовић (Министарство просвете, Београд)
2. Душанка Обадовић (Институт за физику, Нови Сад)
3. Томислав Петровић (Физички факултет, Београд)
4. Јелена Милоградов Турин (Математички факултет, Београд)
5. Мирјана Поповић-Божич (Институт за физику, Београд)
6. Јаблан Дојчиловић (Физички факултет, Београд)
7. Милорад Давидовић (Институт за нуклеарне науке, Винча)
8. Ненад Головић (ОШ "Милош Црњански", Београд)
9. Лаза Новаковић (Физички факултет, Београд)
10. Бранко Радивојевић (Средња медицинска школа, Београд)
11. Воја Рашић (Одељење Министарства просвете, Приштина)
12. Нада Станчић (Одељење Министарства просвете, Сомбор)
13. Драган Цветковић (Математичка гимназија, Београд)
14. Љиљана Павловић (Гимназија, Обреновац)
15. Љиљана Иванчевић (ОШ "Ђорђе Крстић", Београд)
16. Славко Крстовић (Гимназија, Ниш)

**Уредник зборника**  
Драгослав Никезић

**Техничка обрада зборника**  
Мирко Радуловић  
Младеновић Светлана

**Издавач**  
Министарство просвете Републике Србије  
Друштво физичара Србије  
Друштва физичара Србије, Подружница Крагујевац

Штампа: Графички атеље- Сквер-Крагујевац  
Тираж: 500 примерака

34000 Крагујевац, Јануар 1998

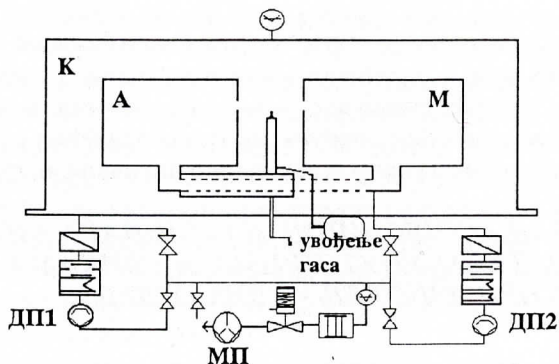
•

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ УРЕЂАЈ ЕСМА

Р.Панајотовић, Б.Маринковић, В.Пејчев и Д.Филиповић

Институт за физику, П.П.57, 11080 Београд

ЕСМА<sup>[1]</sup> је апаратура на којој се раде експерименти из области судара електрона са атомима и молекулама. Од 1980. године до сада, рађено је са десетак различитих мета: He, Ar, Kr, Xe, N<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, H<sub>2</sub>S, Na, Mg, Cd и Hg (следећи ће бити Zn).



Слика 1. Схематски приказ експерименталног уређаја ЕСМА

Схема унутрашњости апаратуре је дата на слици 1. У вакуумској комори (К) смештени су моноенергизатор (М), анализатор (А) и гасна игла. У моноенергизатору се формира колимисан, моноенергијски млаз електрона - пројектила. Анализатор има сличну конструкцију и служи за прикупљање и детекцију расејаних електрона.

Извор електрона је врло танка волфрамска нит кроз коју тече струја (типично 2.3 [А]). Електрони емитовани термо-електронском емисијом са катоде одлазе у простор електричног поља цилиндричних електронских сочива, где се обликују у узани, добро колимисани млаз и усмеравају на улаз у енергијски селектор. У случају апаратуре ЕСМА, то је полусферни кондензатор чије су димензије 131 [mm] и 68.2 [mm]. После проласка кроз поље селектора, електрони се убрзавају до жељене енергије и усмеравају на гасовиту metu. Правни млазева упадних електрона и гаса-мете су међусобно нормални. Млаз мете се формира на два начина: ако је елемент гас (Ar, N<sub>2</sub>,...), тада се он из резервоара усмерава помоћу вертикално постављене гасне игле (најчешће капиларе, дугачке 25 [mm], пречника 0.5 [mm]), а ако је елемент метал, у чврстом (Na, Mg,...) или течном (Hg) стању, за образовање млаза мете се користи пећ која на поклопцу има уску вертикалну цевчицу. Регулисањем параметара млаза мете остварују се услови за бинарне сударе (један електрон - један атом). Када дође до судара електрона и мете, електрони се расејавају у различитим правцима. Прикупљају се анализатором који се састоји од система цилиндричних електрода и полусферног

кондензатора, слично моноенергизатору. На крају анализаторског система се налази детектор, тј. једноканални електронски мултипликатор. То је спирална, стаклена цевчица чија је унутрашњост напарена полупроводним материјалом. Секундарном емисијом електрона из зидова цевчице постиже се фактор мултипликације реда величине  $10^8$ . Сигнал који се добија на излазу из детектора се појачава помоћу предпојачавача и појачавача, а затим упућује на дискриминатор. После тога, сигнал се шаље на бројач или на вишеканални анализатор, зависно од врсте анализе резултата. Са вишеканалног анализатора се резултати преносе серијском везом на компјутер, где се врши њихова даља обрада.

За остваривање услова оваквог експеримента потребно је постићи вакуум реда величине  $10^{-5}$  [Pa] у комори пречника 680 [mm] и висине 625 [mm]. У ту сврху се користе две уљне дифузионе пумпе (ДП1 испумпава комору, а ДП2 електронско оптички систем) и једна механичка двостепена ротациона пумпа (МП), за предвакуум. Такође је потребно заштитити унутрашњост коморе од магнетног поља Земље, због чега су зидови коморе изнутра обложени  $\mu$ -металном заштитом.

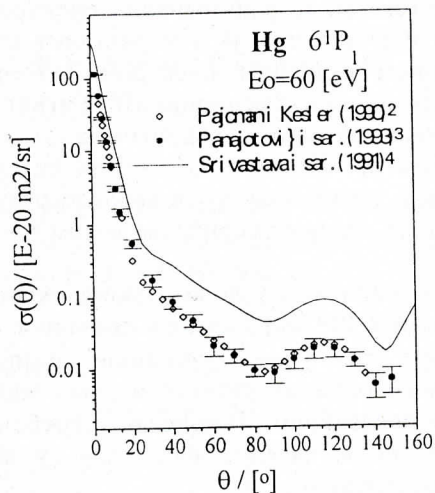
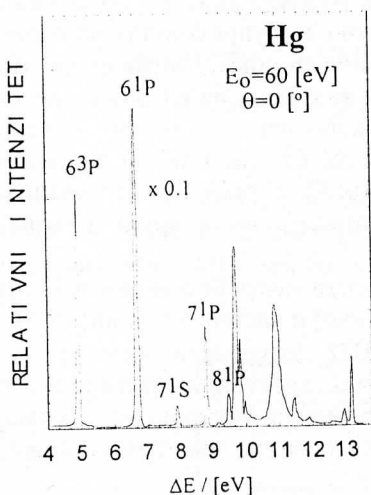
Опсег енергија упадних електрона је од 15 [eV] до 100 [eV], а опсег углова анализатора од  $-30$  [°] до 150 [°].

Могућности апаратуре ЕСМА су :

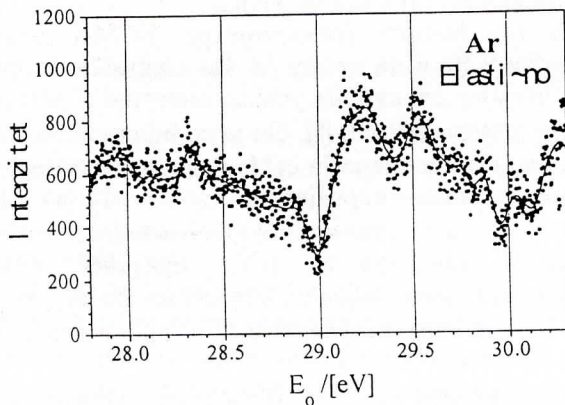
- снимање спектра губитака енергије у сударима,
- снимање угаоних расподела еластично и нееластично расејаних електрона (тј. диференцијалних пресека за расејање електрона на атомима и молекулима)
- снимање ексцитационих функција за побуђивање електронских стања атома и резонанци у еластичном каналу процеса расејања.

Као илустрација могућности спектрометра ЕСМА могу да послуже резултати мерења на атому Hg и на атому Ag. На слици 2а је приказан спектар губитака енергије за расејање електрона упадне енергије  $E_0=60$  [eV], при судару са атомом живе, на углу расејања  $\theta = 0$  [°]. Он је добијен тако што је анализатор подешен да пропушта оне електроне који су, побудивши различита стања атома, изгубили један део своје почетне енергије и то од 4 до 14 [eV]. На основу овог спектра може да се уочи која се стања побуђују са највећом вероватноћом (у овом случају, стање  $6^1P$ , енергије 6.7 [eV]), односно за које ће стање диференцијални пресек,  $\sigma(\theta)$  бити највећи. На слици 2б су упоређена мерења Пајцмана и Кеслера<sup>[2]</sup> са нашим резултатима<sup>[3]</sup> и прорачуном Сриваставе<sup>[4]</sup> и његових сарадника.

Са спектра се може видети која се стања могу енергијски раздвојити, тј. колика је енергијска резолуција спектрометра, али и да ли постоји непожељни допринос вишеструко расејаних електрона. Наиме, ако је концентрација млаза-мете превелика, што значи да је температура пећи превисока, упадни електрони ће се сударити два или више пута са атомима живе и на спектру ће се појавити "линија" на месту које одговара целобројном умношку губитка енергије из једноструког судара. Појава вишеструких судара се избегава јер не постоји начин тумачења резултата који би се притом добили. Могућност снимања резонанци, односно распада негативних атомских јона, представљена је на атому аргона<sup>[5]</sup>.



Слика 2: Мерења на атому живе; а) спектар губитака енергије електрона упадне енергије  $E_0=60$  [eV], на углу расејања  $\theta=0$  [°]; б) диференцијални пресек  $\sigma(\theta)$  за побуђење стања  $6^1P_1$ .



Слика 3: Резонанца енергије 29.0 [eV] у еластичном каналу расејања електрона упадне енергије веће од енергије јонизације атома аргона (15.65 [eV]).

Из мноштва структура које потичу од аутојонизационих прелаза може се издвојити веома изражена структура резонанце, енергије 29.0 [eV]. Она нам је послужила као референтна енергија за калибрацију наше енергијске скале.

Можућности експерименталног уређаја ЕСМА су у скорије време проширене израдом нове пећи за метале која ће пружити услове за рад са металима више тачке топљења (Zn, Ca, ...). Такође, планира се доградња апаратуре у смислу мерења Стоксових параметара зрачења из деексцитација атома побуђених у сударима са електронима.

## Литература

- [1] Filipović D., Pejčev V., Marinković B. and Vučković L. (1988) *Fizika* 20 421
- [2] Peitzmann F. J. and Kessler J. (1990) *J.Phys.B:At.Mol.Phys.* 23 2629
- [3] Panajotović R., Pejčev V., Konstantinovic M., Filipovic D., Bočvarski V. and Marinković B. (1993), *J.Phys.B:At.Mol.Phys.* 26 1005
- [4] Srivastava R., Zuo T., Mc Eachran R. and Stauffer A.D. (1992) *J.Phys.B:At.Mol.Phys.* 25
- [5] Panajotović R., Filipovic D., Marinković B., Pejčev V., Kurepa M. and Vučković L. (1997) *J.Phys.B:At.Mol.Phys.* примљено у штампу