

# **ХЕМИЈСКИ ПРЕГЛЕД**

год. 48

бр. 4 (август)

YU ISSN04406826

UDC 54.001.93

# ХЕМИЈСКИ ПРЕГЛЕД CHEMICAL REVIEW



Годиште 48.

број 4  
август

Editor-in-Chief  
**RATKO M. JANKOV**  
Deputy Editor-in-Chief  
**DRAGICA TRIVIĆ**

Volume 48  
NUMBER 4  
(August)

Publisher  
**SERBIAN CHEMICAL SOCIETY**  
Belgrade/Serbia, Karnegijeva 4

Издаје  
СРПСКО ХЕМИЈСКО ДРУШТВО

Телефон 3370-467

Карнегијева 4

излази двомесечно

ОДГОВОРНИ И ГЛАВНИ УРЕДНИК  
Ратко М. Јанков

ПОМОЋНИК ОДГОВОРНОГ И ГЛАВНОГ  
УРЕДНИКА  
Драгица Тривић

ЧЛАНОВИ РЕДАКЦИЈЕ

Владимир Вукотић, Милена Спасић, Јелена Радосав-  
љевић и Милан Драгићевић

Издавање часописа „ХЕМИЈСКИ ПРЕГЛЕД“ по-  
мажу: Технолошко-металуршки факултет, Хемијски  
факултет и Факултет за физичку хемију у Београду.

УРЕЂИВАЧКИ ОДБОР

Никола Благојевић, Иван Гутман, Снежана Зарић, Јо-  
ван Јовановић, Славко Кеврешан, Драган Марковић,  
Радо Марковић, Владимир Павловић, Слободан Риб-  
никар, Радомир Саичић, Живорад Чековић (председ-  
ник).

Годишња чланарина за СХД за 2007. годину је 1.000  
дин, а за ђаке, студенте и пензионере је 450 дин. Го-  
дишња претплата за студенте и ученике који нису чла-  
нови СХД 700 дин, за појединце који нису чланови  
СХД 1400 дин, за радне организације 2.000 дин, за  
иностранство 25 US \$. Претплату прима Српско хе-  
мијско друштво, Београд, Карнегијева 4/III.

Чланарину и претплату можете уплатити на рачун СХД  
205-13815-62, позив на број 320.

Web site: [www.shd.org.yu/hp.htm](http://www.shd.org.yu/hp.htm)  
e-mail редакције: [hempred@chem.bg.ac.yu](mailto:hempred@chem.bg.ac.yu)

Припрема за штампу: Јелена и Зоран Димић,  
Светозара Марковића 2, 11000 Београд

Штампа: Завод за графичку технику Технолошко-  
металуршког факултета Београд, Карнегијева 4

Насловна страна и Интернет верзија часописа:  
Слободан и Горан Ратковић, [RatkovicDesign](http://RatkovicDesign)  
[www.ratkovicdesign.net](http://www.ratkovicdesign.net)  
[office@ratkovicdesign.net](mailto:office@ratkovicdesign.net)

## САДРЖАЈ

### ЧЛАНЦИ

#### ТЕОДОР АСТ *TEODOR AST*

МАСЕНА СПЕКТРОМЕТРИЈА ОД МС ДО МС<sub>n</sub>: ЗАШТО  
И КАКО?

*MASS SPECTROMETRY FROM MS TO MS<sub>n</sub>: HOW  
AND WHY?* ..... 86

#### ИВАН ГУТМАН, БОРИС ФУРТУЛА, КАТАРИНА МАРКОВИЋ

*IVAN GUTMAN, BORIS FURTULA, KATARINA MARKOVIĆ*

ГРАФЕНИ - АРОМАТИЧНИ ЦИНОВИ

*GRAPHENES – AROMATIC GIANTS* ..... 100

#### СНЕЖАНА БОЈОВИЋ *SNEŽANA BOJOVIĆ*

НАУЧНО-ИСТРАЖИВАЧКИ РАД СТУДЕНАТА  
БЕОГРАДСКОГ УНИВЕРЗИТЕТА (1948-1950)

*SCIENTIFIC WORK OF BELGRADE UNIVERSITY'S  
STUDENTS (1948-1950)* ..... 103

### ВЕСТИ ИЗ ШКОЛЕ, ВЕСТИ ЗА ШКОЛЕ

#### МИРЈАНА МАРКОВИЋ, МИОМИР РАНЂЕЛОВИЋ, ВЛАДИМИР ВУКОТИЋ, ДРАГИЦА ТРИВИЋ, *MIRJANA MARKOVIĆ, MIOMIR RANĐELOVIĆ, VLADIMIR VUKOTIĆ, DRAGICA TRIVIĆ*

ПРЕДЛОГ ПЛАНА РЕАЛИЗАЦИЈЕ НАСТАВЕ  
ХЕМИЈЕ У 8. РАЗРЕДУ

*THE PLAN OF THE CHEMISTRY CLASSES REALISATION IN  
THE 8TH GRADE* ..... 105

### БЕЛЕШКЕ

ДРАГУТИН М. ДРАЖИЋ је отишао у своју другу  
пензију ..... 110

### ВЕСТИ ИЗ СХД

УСПЕШАН СПОЈ ХЕМИЈЕ И СРПСКОГ ЈЕЗИКА .. 111

IN MEMORIAM: мр ТОМА НИКОЛИЋ ..... 112



## УВОДНИК

На прагу смо нове школске године, за коју се надамо да ће проћи са мање проблема него што је то било са неколико претходних. Школске 2007/08. године почела је реализација наставе хемије у 8. разреду по измењеном наставном програму. При томе, јасно је да ће сваки наставник, према условима у школи, нивоу предзнања ученика и њиховом напредовању у учењу градива, правити своју верзију плана. Тако сте радили, током прошле школске године са наставним садржајима из седмог разреда, из кога су неки садржаји били пребачени у осми разред. То је био лакши део посла, пошто је седми разред био унеколико растерећен. Тежи део посла био је да се направи нови план реализације за осми разред, пошто се број нових садржаја ту чак и повећао. Као део жеље да помогнемо наставницима у основној школи, како би што једноставније „прегрмели“ промене у садржајима наставних програма из хемије за 7. и за 8. разред (које су донете од стране Министарства просвете пре нешто више од годину дана) редакција *Хемијског прегледа* је ангажовала колеге **Мирјану Марковић**, **Миомира Ранђеловића**, **Владимира Вукотића** и **Драгицу Тривић**, из основних школа и са Катедре за наставу Хемијског факултета. Они су нам послали, а ми на страницама *Хемијског прегледа* штампали, **једно виђење плана реализације наставе хемије у осмом разреду основне школе**. У чланку је дат и распоред садржаја, као и обима наставних јединица које су, датом уредбом, предвиђене на осми разред.

Ради лакшег сагледавања промена у програму у чланку је дат упоредни приказ тема претходног програма и измењеног програма.

\*

Октобар је датум и за почетак наставе на свим факултетима у Србији. Оно о чему се на универзитетима и на свим појединачним факултетима ових дана прича много више него о самим наукама и струкама које се на њима проучавају је болошки процес, чији је значајни аспект побољшавање ефикасности студирања. **Снежана Бојовић**, са Хемијског факултета у Београду написала је чланак **Научно-истраживачки рад студената београдског универзитета (1948-1950)** у коме је описала све напоре и замашна средства који су, пре шездесет година, улагани како би се, после Другог светског рата, Београдски универзитет обновио и почео нормално да функционише. Због великог броја студената, двоструко већег од оног који је студирао пре рата, требало је одшколовати нови наставни и научни кадар. Поред бриге о учењу студената и брзом завршавању студија, почетком 1948. почела је и брига за што бржом „производњом“ универзитетских наставника и научника. Трбало је још за време студија најбоље студенте заинтере-

совати за науку, уводити их у научно-истраживачки рад и у праћење научне литературе. Због тога су почетком 1948. године на Београдском универзитету формиране студентске научне групе. Њихов задатак био је да се побољша квалитет студирања и да се најдаровитији студенти упуте у истраживачки рад.

Да ли понекад и ви немате утисак да се, из генерације у генерацију, стално сударамо са истим проблемима за које никако да нађемо добро решење?

\*

Задовољство ми је да кажем да настављамо са праксом (коју смо мало запустили) да на страницама *Хемијског прегледа* објављујемо излагање добитника Медаље за трајан и изванредан допринос науци коју, једном годишње, додељује Српско хемијско друштво. Овог пута то је излагање које је, на Свечаној скупштини СХД одржаној 29. 11. 2005 у Српској академији наука и уметности у поводу доделе Медаље за трајан и изванредан допринос науци (у 2004.), одржао проф. др **Теодор Аст**, са Технолошко-металуршког факултета, у Београду. Тема предавања била је **Масена спектрометрија од *ms* до *ms*<sup>n</sup>: зашто и како?** У чланку ћете наћи опис развоја ове моћне инструменталне методе од почетака до данас као и неколико илустративних примера примене ове методе.

\*

У најновије време синтетисани су бензеноидни угљоводоници огромних димензија. Ова једињења, која по многим својим физичко-хемијским особинама подсећају на графит, названи су графени. Због својих нестандартних особина, графени већ сада имају бројне примене, нарочито као материјали за специјалне намене у електроници. Чланак **Графени - ароматични цинови**, који је стигао са Природно-математичког факултета (аутори: **Иван Гутман**, **Борис Фуртула** и **Катарина Марковић**) говори о овим интересантним једињењима

\*

У рубрици *Белешке* наћи ћете и једну лепу причу. Проф. **Драгутин Дражић** се први пут пензионисао као професор Технолошког факултета у Београду. То је било још пре петнаестак година. Међутим, наставио је да ради у Српском хемијском друштву. Сада се, почетком ове године, пензионисао са места главног уредника *Journal of the Serbian Chemical Society*, где је, у периоду од 1986. до 2006. био уредник 21 волумена нашег научног часописа. Заиста импресивно! Професору Дражићу желимо добро здравље и дуг живот.

**Ратко М. Јанков**



## ЧЛАНЦИ

ТЕОДОР АСТ, Технолошко-металуршки факултет, Београд (e-mail: ast@tmf.bg.ac.yu)

### МАСЕНА СПЕКТРОМЕТРИЈА ОД $MS$ ДО $MS^n$ : ЗАШТО И КАКО?\*<sup>1</sup>

#### МАСЕНИ СПЕКТАР

У својој најопштијој дефиницији, масена спектрометрија је метода за идентификацију хемијских једињења. Једињење се идентификује на бази свог масеног спектра који је за њега карактеристичан и специфичан. Шта је, заправо, масени спектар?

Једињење које испитујемо подвргава се јонизацији у јонском извору; то је неопходно јер се техником масене спектрометрије могу испитивати само наелектрисане честице - јони. Најчешћи облик јонизације је електронски удар (*Electron Impact – EI*), процес у коме се убрзани електрони сударају са молекулима узорка и избијају из његове спољње љуске један (најчешће) или више електрона. На овај начин настаје молекулски јон, чија је маса једнака молекулској маси испитиваног једињења (занемарујући масу избијених електрона). Молекулски јон је типично у побуђеном стању јер му се у судару саопштава вишак унутрашње енергије; последица овог вишка је кидање појединих хемијских веза у молекулском јону, чиме настају јони мање масе. Овај процес се зове фрагментација, јон који се фрагментира је родитељски (или матични) јон, а производе фрагментације називамо фрагментним јонима.

Сви јони образовани из узорка разврставају се у анализатору према својој маси (тачније, према односу масе и наелектрисања јона,  $m/z$ ). Тако раздвојене јонске врсте стижу једна по једна до детектора где се региструју у форми масеног спектра. Масени спектар, дакле, даје информацију о томе који јони су образовани из испитиваног једињења и у каквим релативним обилностима.

Да би се одредила структура испитиваног једињења потребно је интерпретирати информације које се садрже у његовом масеном спектру. У низу информација које нуди масени спектар, кључ за идентификацију представља шема фрагментације узорка, тј. одговор на питање шта је из чега настало, односно, који фрагментни јони се добијају фрагментацијом датог родитељског јона? На основу начина фрагментације посматраног јона, искусни интерпретатор може да предложи његову структуру. Овакав

начин одређивања структуре кључних јона широко се користи при интерпретацији масених спектра. Да би се он применио, неопходно је дефинисати главне реакције фрагментације јона чија структура нас интересује. Код једноставнијих једињења, главне фрагментације најчешће је могуће дефинисати са доста поузданости; проблем настаје при интерпретацији масених спектра сложенијих једињења код којих масени спектри садрже десетине или чак стотине пикова, што је последица великог броја паралелних и консекутивних фрагментација, тако да је веома тешко, или чак немогуће, утврдити шта је од чега настало.

#### МЕТАСТАБИЛНИ ЈОНИ

Један од начина да се овај проблем превазиђе представља проучавање метастабилних реакција. Подсетимо о чему се ту ради. Један број јона који се нису фрагментирали у јонском извору, зато што нису имали довољни вишак унутрашње енергије да би стигли да се фрагментирају за веома кратко време које јон проведе у јонском извору (типично  $10^{-7}$  секунди), фрагментира се на путу од јонског извора ка анализатору. Те јоне називамо «метастабилним јонима», а саму реакцију фрагментације «метастабилном фрагментацијом». Ако реакцију фрагментације напишемо на уобичајени начин:



производ те фрагментације, када се одигра у јонском извору, јавиће се у масеном спектру на маси  $m_2$ , а ако се одигра као метастабилна фрагментација, значи ван јонског извора, јавиће се на маси датом изразом:

$$m^* = m_2^2/m_1 \quad (2)$$

Као што се види, положај метастабилног пика  $m^*$  одређен је масама и родитељског јона  $m_1$  и фрагментног јона  $m_2$ , отуда, на питање из ког јона  $m_1^+$  је настао фрагментни јон  $m_2^+$ , одговор се добија из положаја метастабилног пика  $m^*$  у масеном спектру.

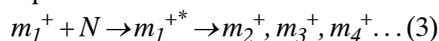
<sup>1</sup>\* Адаптирано излагање на Свечаној скупштини СХД одржаној 29. 11. 2005 у Српској академији наука и уметности у поводу доделе Медаље за трајан и изванредан допринос науци

Међутим, метастабилни пикови су по правилу слабог интензитета, развучени и често тешко уочљиви; те је ослањање на њих и приметно и непоуздано.

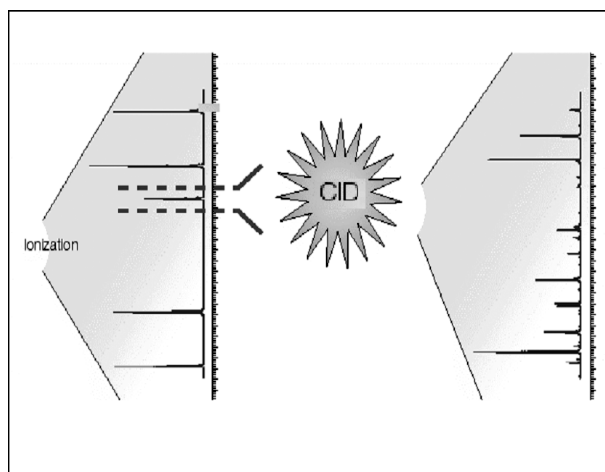
## MS/MS КОНЦЕПТ

Првобитни масени спектрометри имали су само један анализатор. Додавање још једног анализатора значајно је повећало врсту и квалитет информација ове технике. Масени спектрометри са два анализатора развијени су првенствено да би омогућили већу масену резолуцију, односно, прецизно одређивање масе јона на 4 или 5 децимала, што омогућава одређивање бруто формуле испитиваног једињења. Међутим, ови инструменти донели су још једну револуционарну новину: створени су услови за масену анализу у два степена, што је довело до развоја читавог низа нових техника испитивања и до значајног ширења подручја примене масене спектрометрије. Шта је суштина тог новог MS/MS концепта?

Први од два анализатора (MS1) користи се да из мноштва јона формираних у јонском извору издвоји само једну јонску врсту, рецимо јоне  $m_1^+$ , које желимо да испитамо. Ако одабране јоне, по напуштању првог анализатора, изложимо судару са молекулама неког неутралног гаса, они ће се побудити и фрагментирати:



где је са  $N$  означен молекул сударног гаса, а симболом  $*$  је означено побуђено стање јона. Продукти горње фрагментације улазе у други анализатор (MS2), у њему се разврставају према својој маси и коначно региструју на детектору у форми MS/MS спектра (слика. 1)



Слика 1. MS/MS концепт: жељени јон се селектира (MS1), затим фрагментира, а потом се региструју производи његове фрагментације (MS2)

Описани процес назван је «сударима индукована дисоцијација» (Collision Induced Dissociation - CID). Добијени MS/MS спектар резултат је фрагментације искључиво јона  $m_1^+$ , без сметњи од стране других јона, те се може користити за одређивање или верификацију његове структуре. Сударима ин-

дукована дисоцијација даје нам кључне информације за одређивање структуре испитиваног јона јер одговора на раније постављено битно питање «како се дати јон фрагментира?»

Да би побуђивање јона у судару са молекулама гаса било што ефикасније, као и да би се ограничила зона повишеног притиска у унутрашњости масеног спектрометра, сударни гас се уводи у посебну комору, лоцирану у простору између два анализатора, названу «хелијом за сударе». Као сударни гасови најчешће се користе хелијум, аргон или азот, а изузетно и ваздух, мада се то избегава јер уношење кисеоника у инструмент није препоручљиво.

Као анализатори, најширу примену у масеној спектрометрији су нашли магнетни анализатор (B), електростатички анализатор (E) и квадруполни анализатор (Q). MS/MS концепт се може реализовати различитим комбинацијама анализатора - две које су нашле широку примену су BE (слика 2) и QQQ (слика. 3). У овој потоњој комбинацији, која се назива «троструки квадрупол», само први и трећи квадрупол функционишу као анализатори, док се у средњи квадрупол уводи сударни гас, тако да он врши функцију хелије за сударе.

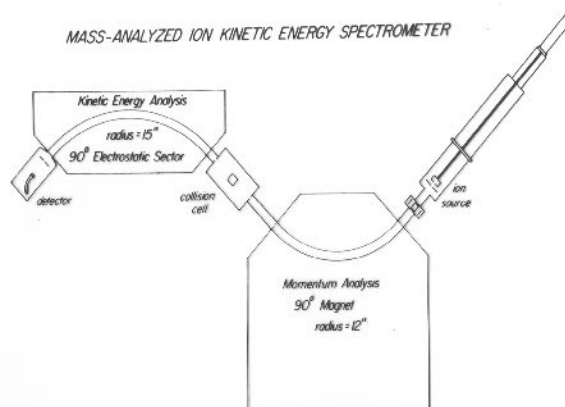


Figure 2.3

Слика 2. Шематски приказ BE масеног спектрометра: први анализатор је магнетни (B), а други електростатички (E)

MS/MS концепт је први применио Веупон 1971 и нову технику је назвао *Mass Analyzed Ion Kinetic Energy Spectroscopy*, скраћено *MIKES*. Исте године Брунсе је почео да примењује MS/MS концепт у експериментима које је назвао *Direct Analysis of Daughter Ions*, скраћено *DADI*. Оба ова назива су касније потиснута у корист назива *Tandem Mass Spectrometry* (Cooks 1976), који одражава чињеницу да два анализатора делују у тандему. Коначно, *McLafferty* је 1978 предложио да се за ову технику прихвати акроним MS/MS, као паралела са акронимом комбинације GC/MS, са којом има низ сличности.

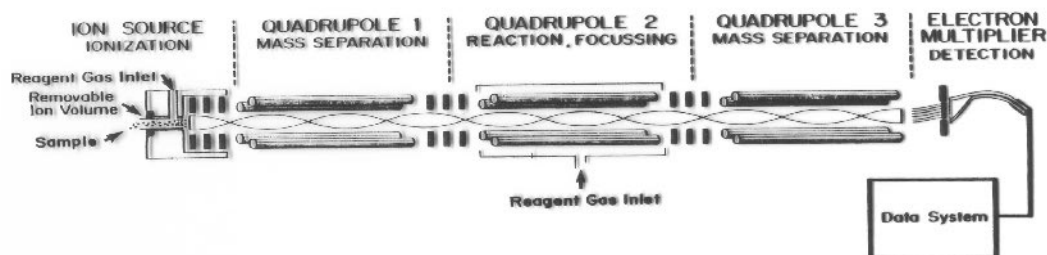


Figure 2.1.  
Drawing of the Finnigan triple-stage quadrupole (TSQ) mass spectrometer.

Слика 3. Шематски приказ масеног спектрометра са три квадрупола (QQQ).

### ВРСТЕ MS/MS СПЕКТАРА

Фиксирањем или скенирањем једног или оба анализатора, могућно је добити различите врсте MS/MS спектра. Најчешће коришћен начин је да се фиксира положај првог анализатора (MS1) тако да пропушта само једну јонску врсту, а да се други анализатор (MS2) скенира, чиме се региструју производи његове фрагментације. На овај начин добија се спектар фрагментних јона одабраног матичног јона. Спектар фрагментних јона као што је већ поменуто, даје шему фрагментације одабраног матичног јона и тиме омогућује идентификацију његове структуре. На слици. 4. дат је механизам фрагментације молекулског јона псороспермина који је разјашњен на основу спектра фрагментних јона.

Посебну и веома важну примену ова врста MS/MS спектра је нашла у анализи сложених смеша. Анализирана смеша се у јонском извору јонизује не-

ком од такозваних “меких” метода јонизације, какве су, на пример, хемијска јонизација (*Chemical Ionization – CI*) или електроспреј јонизација (*Electrospray Ionization – ESI*). Карактеристика меких метода јонизације је да се молекулима узорка предаје минимални вишак енергије тако да се формирају одговарајући молекулски јони који се не фрагментирају (или је фрагментација минимална). На овај начин, за сваку компоненту сложене смеше образује се њен молекулски јон. Подешавањем напона на анализатору MS1 одабира се жељена компонента и након активације сударима и фрагментације, скенирањем анализатора MS2 снима се њен MS/MS спектар.

Идентификација анализиране компоненте најчешће се врши поређењем снимљеног спектра са стандардним спектрима из библиотеке спектра. Оваква примена MS/MS технике у потпуности подражава GC/MS принцип: једина је разлика што се

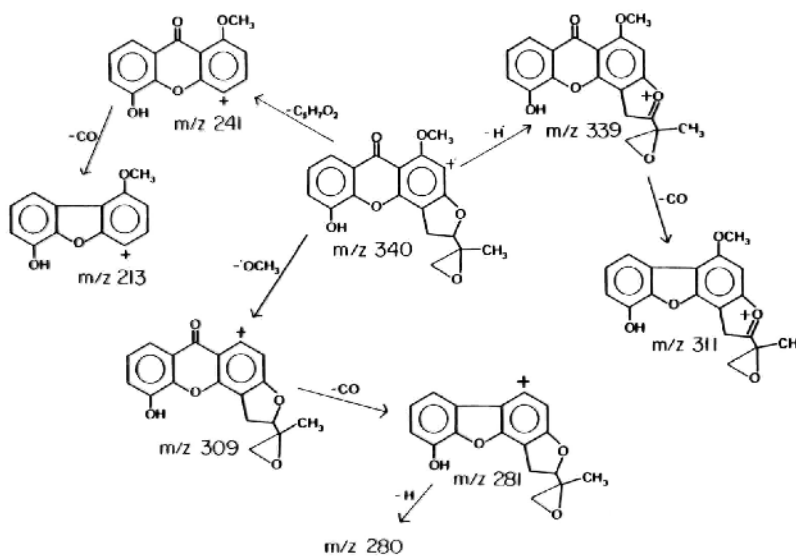
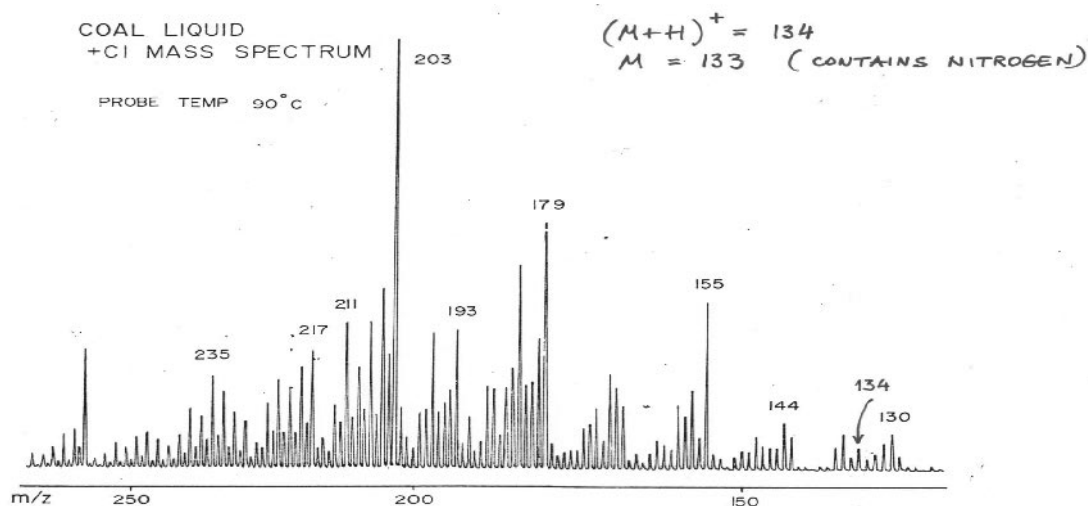
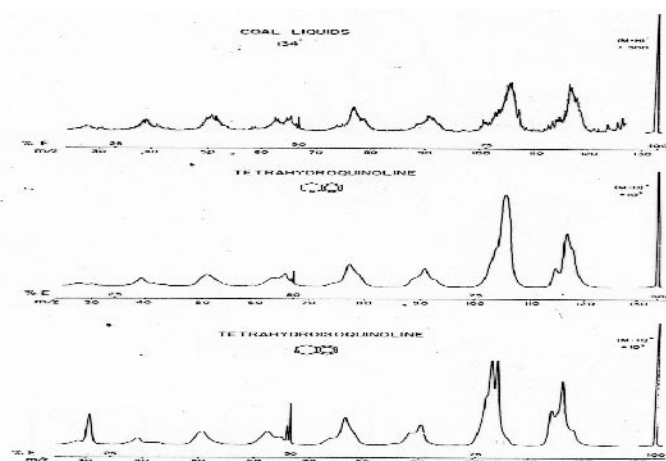


Figure 3.15

Слика 4. Шема фрагментације молекулског јона псороспермина (m/z 340)



Слика 5. Парцијални масени спектар катрана каменог угља



Слика 6.  $MS/MS$  спектар јона  $m/z$  134 из катрана каменог угља и стандардни спектри тетрахи- дрохинолина и тетрахидроизохинолина

код  $GC/MS$  методе раздвајање смеше на компоненте врши у колони гасног хроматографа, а код  $MS/MS$  методе, ту функцију врши први масени анализатор. На слици. 5 приказан је парцијални масени спектар катрана каменог угља добијен хемијском јонизаци- јом; сваки пик у спектру представља неку компонен- ту ове веома сложене смеше.

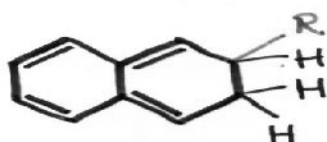
У датом примеру одабран је за анализу пик на маси 134; с обзиром да хемијска јонизација даје про- тоновани молекулски јон  $(M+H)^+$ , молекулска маса непознатог једињења је 133 (непаран број, значи да једињење садржи непаран број азотових атома!). На слици. 6. приказан је  $MS/MS$  спектар јона 134, а испод њега, стандардни масени спектри тетрахи- дрохинолина и тетрахидроизохинолина, одабрани из би- блиотеке спектра као најсличнији спектру испитива- не компоненте. Упоредивањем спектра компонен- та је идентификована као тетрахидрохинолин.

Ако се фиксира маса јона  $m^+$  коју пропушта  $MS2$ , а скенира анализатор  $MS1$ , добијени спектар ће приказати све матичне јоне  $m_x^+$ ,  $m_y^+$ ,  $m_z^+$ , ..., који својом фрагментацијом дају фрагментни јон  $m^+$ .



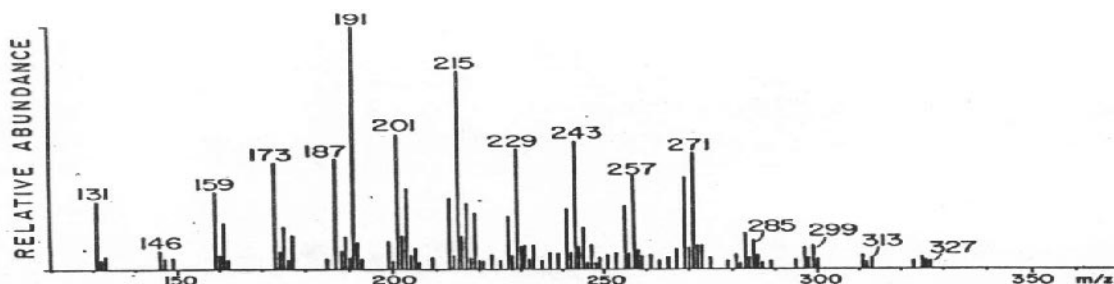
Ову врсту спектра називамо спектром мати- чних јона и он указује на чланове хомологе серије је- дињења у анализираној смеси. Као пример, посма- трајмо детекцију супституисаних дихидронафталина у катрану каменог угља подвргнутом хемијској јони- зацији. Сви супституисани дихидронафталени при- ликом фрагментације дају јон масе 131 (протоно- вани дихидронафталин,  $C_{10}H_{10}^+$ ); подешавањем  $MS2$  да пропушта масу 131 и скенирањем  $MS1$ , добија се спектар матичних јона за фрагментни јон 131, при- казан на слици. 7. У спектру је регистровано прису- ство читавог низа супституисаних дихидронафта- лина на масама 146, 159, 173, 187, 201, ...

## DETECTION OF SUBSTITUTED DIHYDRONAPHTHALENES IN COAL LIQUID



<u>R</u>	<u>m/z</u>
H	131
CH <sub>3</sub>	145
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub>	159
C <sub>3</sub> H <sub>7</sub>	173
C <sub>4</sub> H <sub>9</sub>	187
C <sub>5</sub> H <sub>11</sub>	201
C <sub>6</sub> H <sub>13</sub>	215
C <sub>7</sub> H <sub>15</sub>	229
C <sub>8</sub> H <sub>17</sub>	243
-----	
C <sub>14</sub> H <sub>29</sub>	327

### PARENT SPECTRUM OF M/Z 131 COAL SAMPLE



Слика 7. Спектар матичних јона дихидронафталина ( $m/z$  131) у узорку катрана каменог угља

Трећа врста  $MS/MS$  спектра се добија у експерименту у коме се скенирају оба анализатора, али тако да док први пропушта масу  $m_x^+$ , други пропушта масу  $m_y^+$ , при чему разлика у маси између  $m_x$  и  $m_y$  цело време остаје константна. На овај начин добија се спектар јона који се фрагментирају уз губитак истог неутралног фрагмента.

Као неутрални фрагмент најчешће се јављају  $H_2O$ ,  $NH_3$ ,  $HCN$  и слична стабилна једињења мале масе. Карактеристично је за многа кисеонична једињења да при фрагментацији губе  $H_2O$ , док се многа азотова једињења фрагментирају уз губитак  $NH_3$  или  $HCN$ . На основу тих карактеристика,  $MS/MS$  анализа неке смеше која региструје све јоне који губе  $H_2O$ , указује на оне компоненте у смеси које садрже кисеоник, другим речима, ова метода представља својеврсни "screening" на кисеоник. Као пример приказана је детекција 6 фенола у ацилованој смеси (слика 8). Горњи спектар приказује све компоненте присутне у смеси; док доњи спектар приказује само оне јоне који при фрагментацију губе неутрални фрагмент масе 42 ( $CH_2CO$ ), карактеристичан за феноле. На исти начин се може извршити "screening" на присуство азотових или сумпорових једињења у непознатој смеси. Један такав пример приказан је на слици. 9. где су детектована органосумпорна једи-

њења у нафти на бази чињенице да она губе неутрални фрагмент  $HS$  (масу 33) при фрагментацији.

### **$MS/MS/MS$ КОМБИНАЦИЈА**

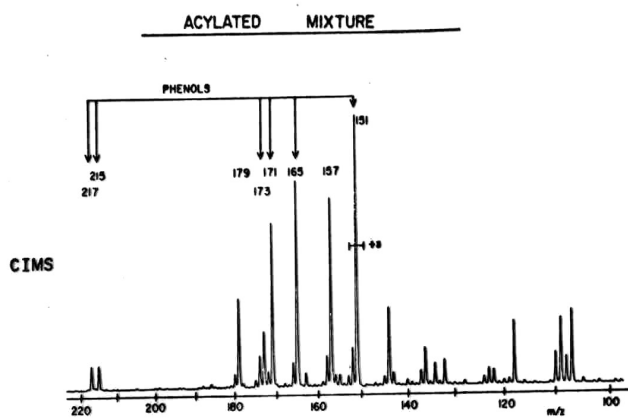
Додавањем и трећег анализатора, добија се комбинација  $MS/MS/MS$ , која је одмах популарно названа  $MS^3$ . Ова конфигурација омогућава проучавање консекутивних реакција, при чему се прва реакција фрагментација одабраног јона догађа између анализатора  $MS1$  и  $MS2$ ; анализатор  $MS2$  одабира фрагмент који желимо даље да испитујемо. Овај фрагмент се затим у простору између  $MS2$  и  $MS3$  подвргава активацији сударом са молекулима гаса, што доводи до његове фрагментације, а производи те фрагментације региструју се након проласка кроз анализатор  $MS3$ .

На слици 10 приказан је  $BEQQ$  масени спектрометар; у овој конфигурацији, прва реакција се одиграва између анализатора  $B$  и  $E$ , а друга реакција унутар првог од два квадрупола. Други квадрупол служи за масену анализу, тј. он функционише као  $MS3$ .

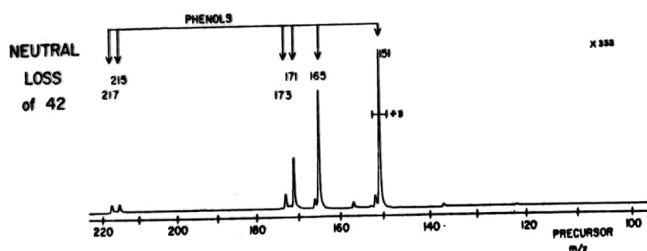
Занимљиво решење за имплементацију  $MS^3$  концепта представља пентаквадруполни масени спектрометар приказан на слици 11. У овом случају, први, трећи и пети квадрупол представљају анализа-



ACILOVANA SMEŠA  
KOJA UKLJUČUJE  
6 FENOLA



GUBITAK MASE  
42 ( $\text{CH}_2\text{CO}$ )



Слика 8. Детекција фенола у ацилованој смеши једињења на основу карактеристичног губитка неутралног фрагмента  $\text{CH}_2\text{CO}$

SCREENING FOR ORGANOSULFUR COMPOUNDS IN A  
CRUDE OIL SAMPLE

LOSS OF HS (33amu)

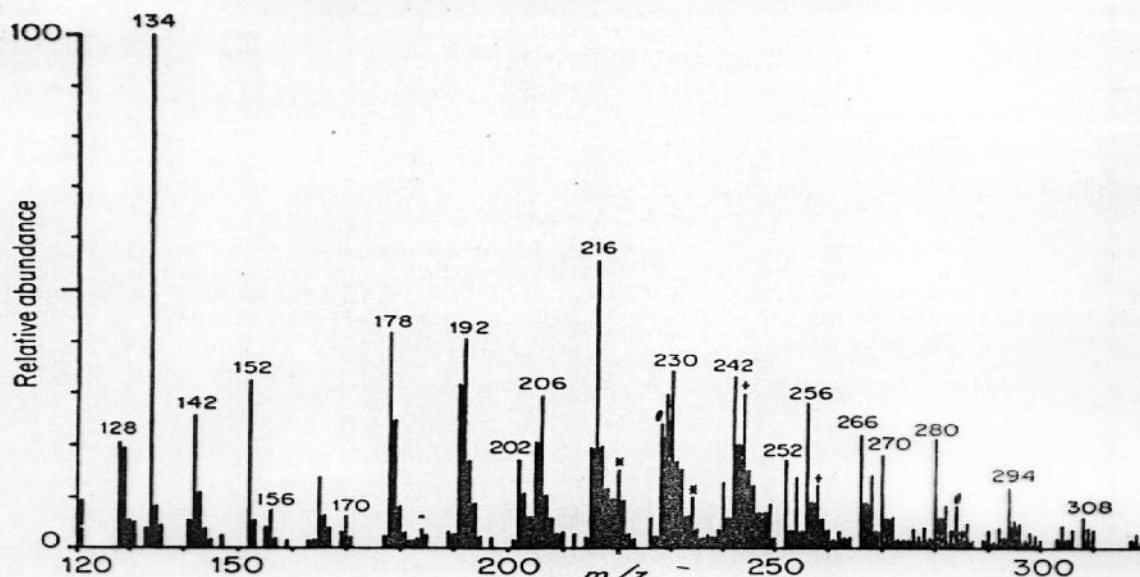


Fig. 6.12 Constant neutral loss (33u) spectrum produced by loss of SH from  $(\text{MH})^+$  ions of organosulphur components of South Swan Hills crude oil. (Reproduced with permission from Anal. Chem. (ref. 70). Copyright (1982), American Chemical Society)

Слика 9. Детекција органосумпорних једињења у узорку нафте на основу карактеристичног губитка неутралног фрагмента HS

# BEQQ MASS SPECTROMETER

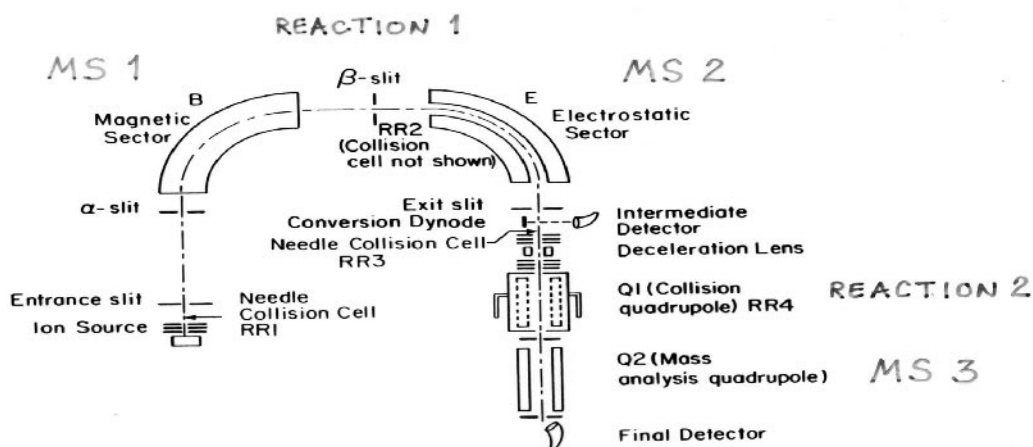


Figure 2.2

Слика 10: Шематски приказ BEQQ масеног спектрометра

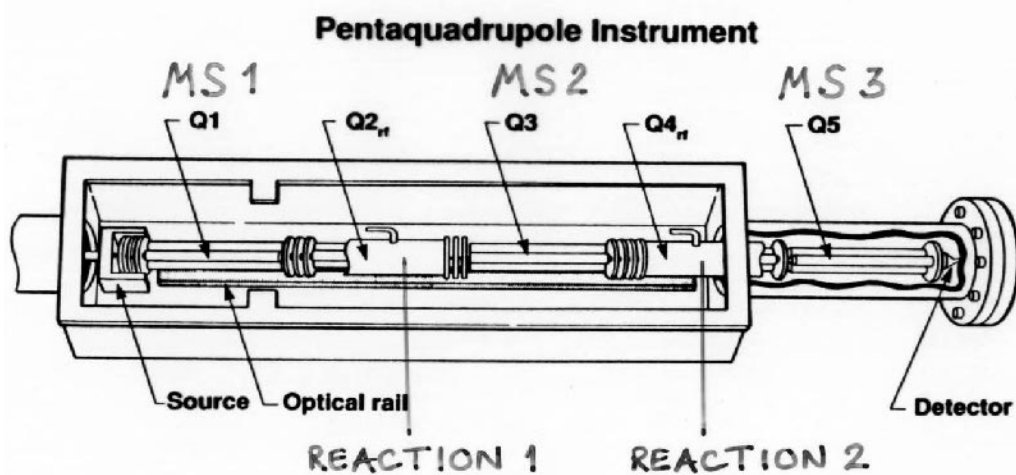


Figure 5.1

The pentaquadrupole instrument showing three mass analyzing quadrupoles Q1, Q3, and Q5, and two rf-only collision quadrupoles q2 and q4. All components are mounted on an optical rail in the vacuum manifold.

Слика 11: Шематски приказ пентаквадруполног масеног спектрометра

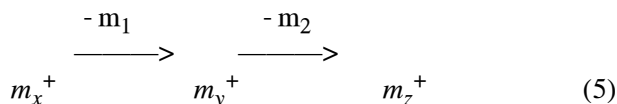
торе MS1, MS2 и MS3, док други и четврти квадрупол функционишу као ћелије за сударе.

## ВРСТЕ MS/MS/MS СПЕКТАРА

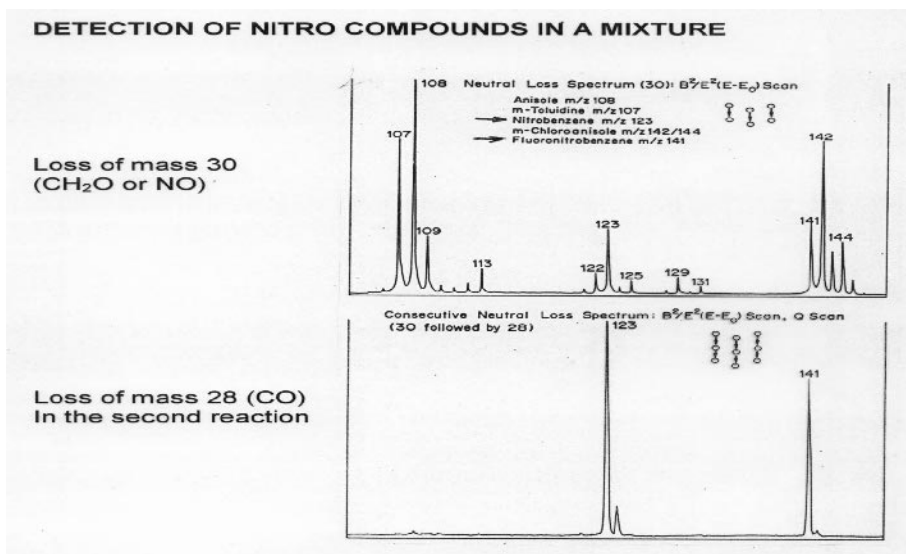
Одговарајућим скенирањем или фиксирањем трију анализатора могућно је реализовати различите врсте експеримената. Од бројних комбинација, поменућемо две које илуструју специфичност информација које нам пружају MS/MS/MS спектри.

Консекутивни губитак неутралних фрагмената представља експеримент у коме се региструју сви јо-

ни  $m_x^+$  који кроз две узастопне фрагментације губе даје неутралне фрагменте  $m_1$  и  $m_2$ :



Ова врста MS/MS/MS спектра користи се на сличан начин као претходно описани MS/MS спектри јона који губе исти неутрални фрагмент, с тим што консекутивна реакција још прецизније и поузданије детектује класу испитиваног једињења. Као пример, дата је детекција нитро једињења у смеши

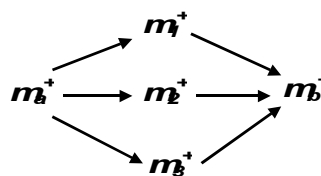


Слика 12: Детекција нитро једињења у сме

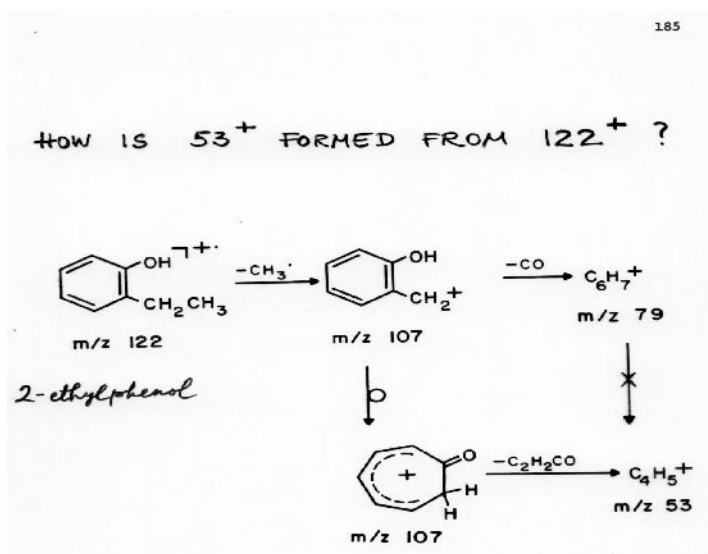
различитих органских једињења (слика 12). За нитро једињења је карактеристичан губитак неутралног фрагмента масе 30 ( $\text{NO}$ ), те је  $\text{MS2}$  тако подешен да пропушта само оне јоне који су у првој фрагментацији изгубили масу 30. Међутим, маса 30 може да представља и фрагмент  $\text{CH}_2\text{O}$ , карактеристичан за фрагментацију низа кисеоничних једињења.

Међутим, нитро једињења, након прве фрагментације, у којој се откида  $\text{NO}$ , у следећој фрагментацији губе фрагмент  $\text{CO}$  (маса 28), тако да се проблем решава тиме што се  $\text{MS3}$  подеси да пропушта само јоне који при фрагментацији губе масу 28.

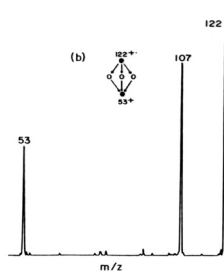
Одговарајућим подешавањем трију анализатора могућно је снимити спектар реакционих интермеђара. Овај спектар региструје све интермеђарне јоне кроз које пролази систем у току фрагментације јона  $m_a^+$  у јон  $m_b^+$ :



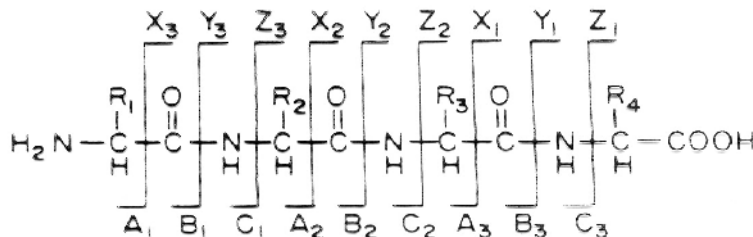
Као илустрацију примене спектра реакционих интермеђара наведеном пример 2-етилфенола. У његовом масеном спектру, поред молекулског јона на маси 122, проминентан је и јон масе 53. Поставило се питање на који начин се јон масе 53 формира? Могући механизми фрагментације молекулског јона приказани су на слици 13. Прва варијанта је фрагментација у јон  $107^+$ , који се, након преуређења, фрагментира у  $53^+$ . Друга могућност укључује један додатни корак, односно формирање јона  $79^+$ , који фрагментацијом даје крајњи производ  $53^+$ .



Слика 13: Два могућа механизма формирање јона  $53^+$  из молекулског јона 2-етилфенола



Слика 14: Спектар интермедијара за процес  $122^+ \rightarrow 53^+$  код 2-етилфенола



Слика 15: Означавање фрагмената фрагментације пептида

Одговор се може добити из спектра реакционих интермедијара, приказаног на слици 14.

Када се као почетни јон зада  $122^+$ , а као коначни производ фрагментације  $53^+$ , добије се спектар из кога следи закључак да је једини интермедијарни јон у горњој фрагментацији јон масе 107, тј. да се догађа реакција  $122^+ \rightarrow 107^+ \rightarrow 53^+$ , а не догађа се друга претпостављена реакција  $122^+ \rightarrow 107^+ \rightarrow 79^+ \rightarrow 53^+$ .

*MS/MS/MS* конфигурација нашла је важну примену у одређивању редоследа аминокиселина у пептидима. Скенирањем спектра интермедијара региструју се сви јони који потичу од молекулског јона пептида, и фрагментацијом дају специфицирани терминални фрагмент. Уобичајено означавање јона који се добијају фрагментацијом пептида приказано је на слици 15.

Ако специфицирамо терминални фрагмент који садржи  $NH_2$  групу, у спектру се неће појавити јони који садрже  $COOH$  групу, односно, регистроваће се само *A*, *B*, и *C* јони, а неће се регистровати *X*,

*Y* и *Z* јони. На слици 16 приказан је спектар интермедијара једног пентапептида. Као почетни јон задат је молекулски јон  $580^+$ , а као терминални, јон масе  $173^+$  (фрагмент *Pro-Gly*). У спектру ће се јавити интермедијарни јони на маси 320 ( $Y_3$ ) и на маси 417 ( $Y_4$ ), чиме је у потпуности дефинисан редослед аминокиселина у овом пептиду.

На слици 17 приказан је *MS/MS* спектар протонизованог молекулског јона пептида *Tyr-Ala-Gly-Phe-Met-NH<sub>4</sub>* ( $m/z$  587). Спектар садржи знатан број фрагмената који садрже и  $NH_2$  и  $COOH$  терминалне групе.

Значајно упрошћавање постиже се спектром интермедијарних јона при чему је за почетни јон одабран протонизовани молекулски јон  $587^+$ , а као терминални тирозин имонијум јон масе 136. Изглед овог спектра приказан је на слици 18; у њему се не појављује ниједан јон који садржи терминалну  $COOH$  групу (*X*, *Y* и *Z*) и његова интерпретација је знатно олакшана.

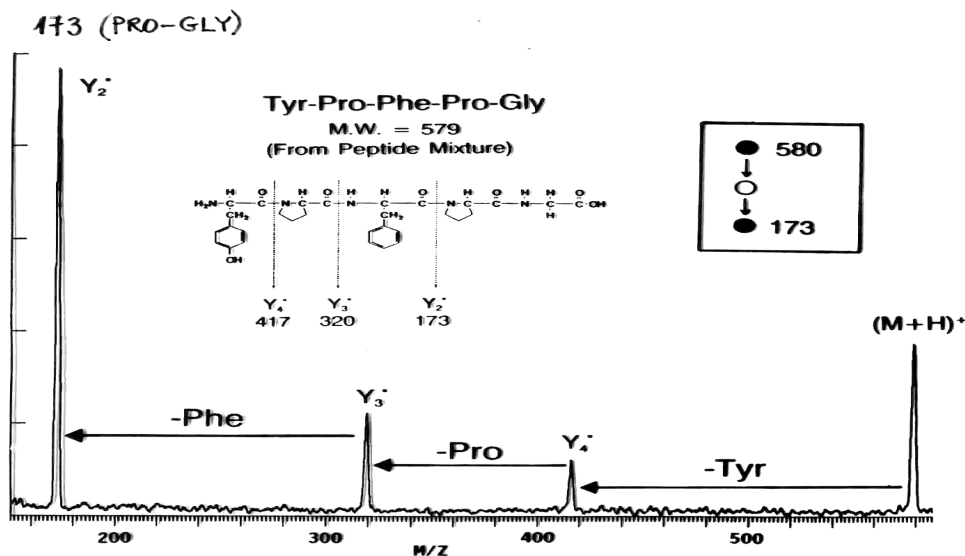
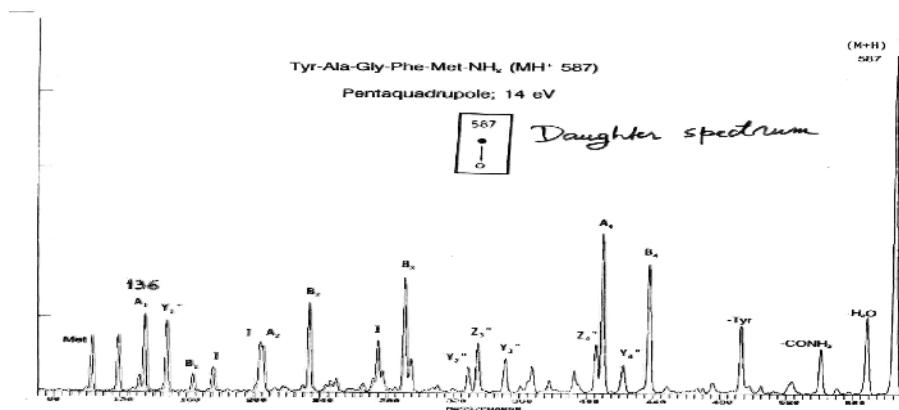
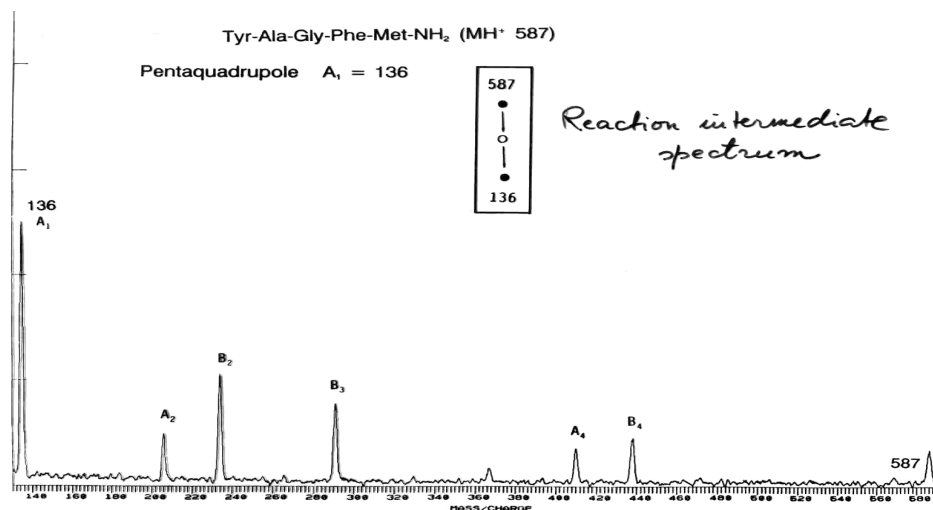


Figure 5.9

Слика 16: Пример спектра интермедијара за један пентапептид



Слика 17: MS/MS спектар протонованог молекулског јона  $587^+$  пентапептида *Tyr-Ala-Gly-Phe-Met-NH<sub>4</sub>*



Слика 18: Спектар реакционих интермеђијара за фрагментацију  $587^+ \rightarrow 136^+$  за пентапептид *Tyr-Ala-Gly-Phe-Met-NH<sub>4</sub>*

## ЈОНСКИ ТРАП

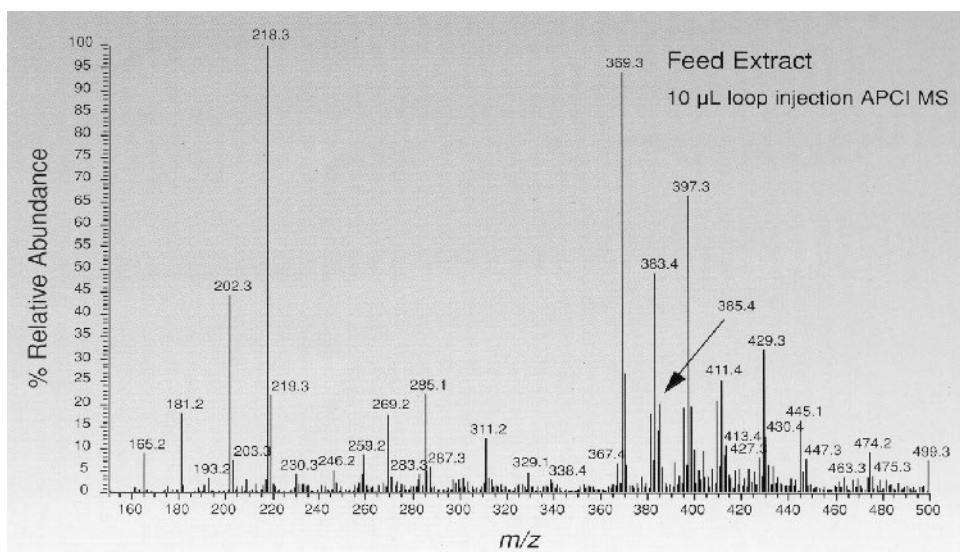
Јонски трап је најмањи и најјефтинији масени спектрометар. Чине га три хиперболичне електроде на које се примењује комбинација радиофреквентног напона и напона наизменичне струје. Након јонизације, сви јони су ускладиштени у трапу; применом одређеног напона, једна по једна јонска врста се може избацити из трапа и регистровати на детектору, што представља масени спектар узорка.

Одређени јон се може изоловати и задржати у трапу избацивањем свих осталих јона. Увођењем хелијума у трап долази до јонско-молекулских судара, активације и фрагментације селектованог јона. Регистровањем продуката фрагментације добија се MS/MS спектар, или  $MS^2$  спектар селектованог јона.

На исти начин може се изоловати неки од јона из  $MS^2$  спектра и индуковати његова фрагментација, чиме се добија MS/MS/MS или  $MS^3$  спектар. Овим поступком могуће је извести  $n$  узасопних фрагментација, чиме се добија  $MS^n$  спектар почетног јона.

Битна разлика између раније помињаних анализатора ( $B$ ,  $E$ ,  $Q$ ) и јонског трапа је у томе што су код ових првих поједини ступњеви фрагментације раздвојени у простору, док су код јонског трапа, они раздвојени у времену. Предност јонског трапа је у том погледу очигледна: за 5, 6 или више узасопних фрагментација неког јона, ако се користе класични анализатори, био би потребан инструментални систем са исто толиким бројем анализатора, што би захтевало велики простор и велике трошкове, те је такав приступ, наравно, нереалан. С друге стране, све те фрагментације се могу одиграти у јонском трапу, једна за другом, у истом простору, без икаквих додатних трошкова, једноставном манипулацијом електронике.

Као прву илустрацију примене  $MS^n$  спектра поменимо испитивање сточне хране на садржај витамина  $D$ . Овај витамин има кључну улогу у контроли метаболизма калцијума и фосфата и због тога се користи као додаток сточној храни. Међутим, вишак витамина  $D$  изазива пораст концентрације  $Ca^{2+}$  јона



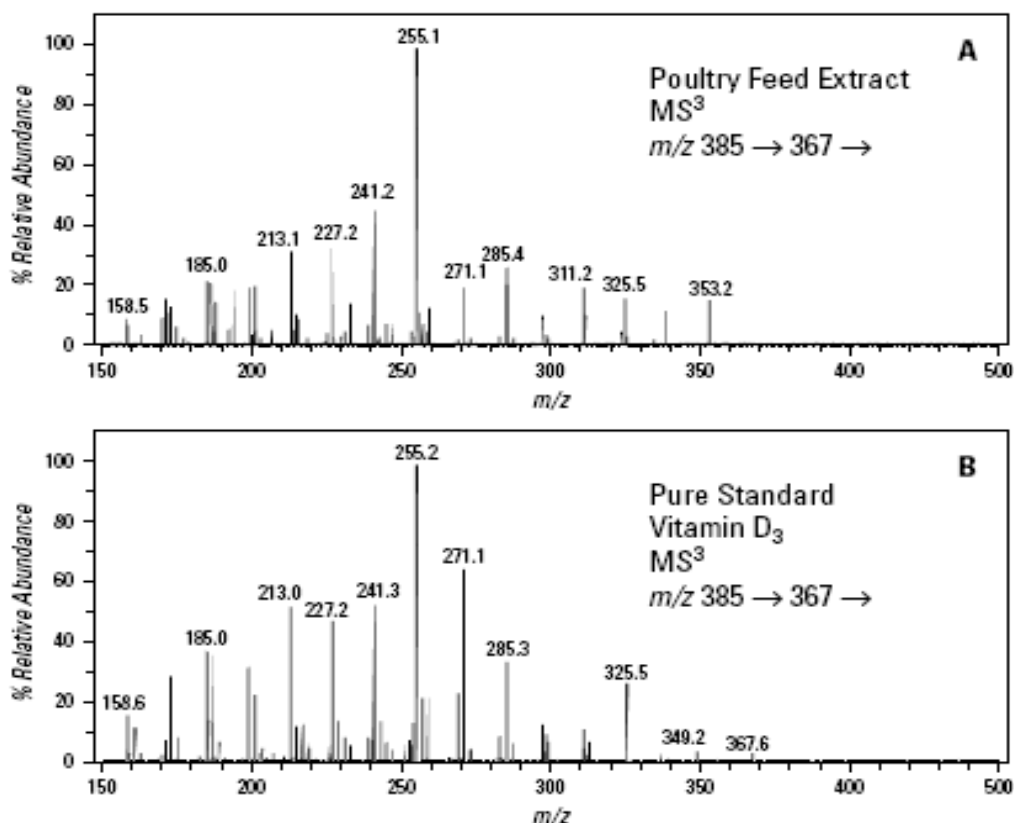
Слика 19: Масени спектар екстракта сточне хране

у крви, што доводи до оштећења бубрега и калцификације меких ткива. На слици 19 приказан је масени спектар екстракта сточне хране; протоновани молекулски јон витамина *D* има масу 385, и дефакто се у спектру уочава један невелики пик на тој маси.

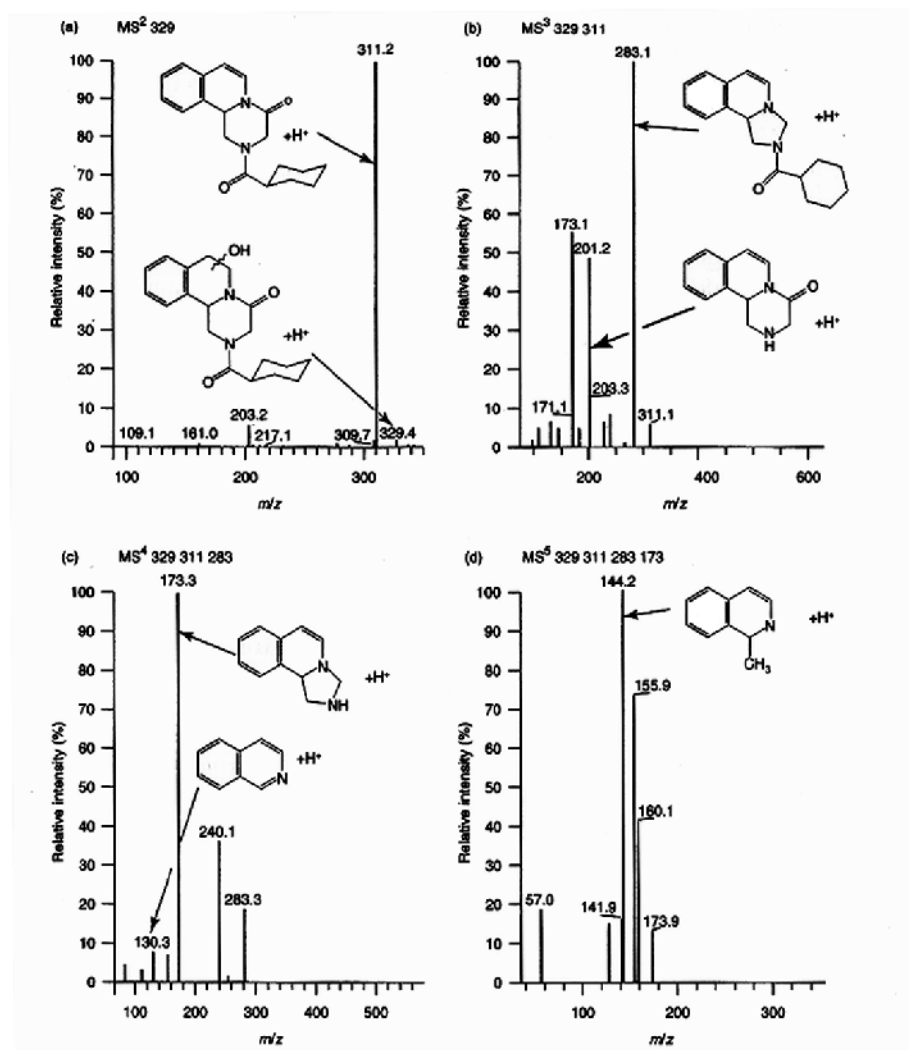
Када је јон масе 385 изолован од осталих у јонском трапу, и када је подвргнут фрагментацији, добио се, као главни производ, јон масе 367 ( $MS^2$ ). Овај јон је потом изолован и фрагментиран и то је резултирало  $MS^3$  спектром приказаним у горњој полови-

ни слике 20. У паралелном експерименту, снимљен је  $MS^3$  спектар протонованог молекулског јона чистог витамина *D* и он је приказан у доњем делу слике 20. Поређење двају спектра потврђује да је пик на маси 385 у екстракту сточне хране заиста представљао витамин *D*.

Видели смо да се  $MS^2$  и  $MS^3$  спектри користе да би се проучиле фрагментације датог јона у циљу разјашњавања његове структуре. У том погледу,  $MS^H$  спектри пружају још више могућности и од ве-



Слика 20:  $MS^3$  спектар јона  $385^+$  из екстракта сточне хране (A) и чистог стандарда витамина D (B)



Слика 21:  $MS^2$  -  $MS^5$  спектри протонваног молекулског јона хидроксилног метаболита празикантела

лике су користи при проучавању структуре сложених једињења где две или три фрагментације нису довољне да би се рационализовала цела структура. На слици 21 приказана је фрагментација једног хидроксилног метаболита празикантела чији протонвани молекулски јон има масу 329. Главна фрагментација овог јона одвија се на следећи начин:  $329^+ \rightarrow 311^+ \rightarrow 283^+ \rightarrow 173^+ \rightarrow 144^+$ , што је представљено одговарајућим спектрима  $MS^2$ ,  $MS^3$ ,  $MS^4$  и  $MS^5$ . На основу ових информација предложене су и одговарајуће структуре које су приказане на слици.

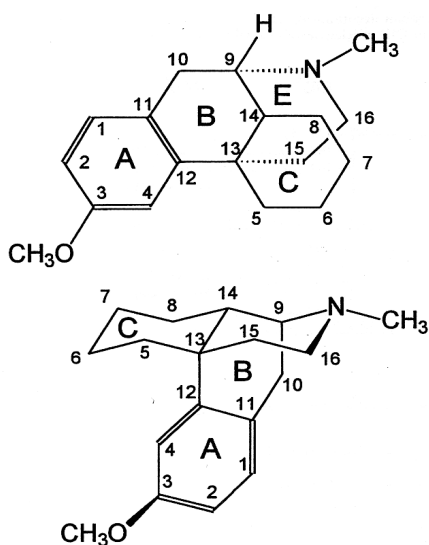
За систематско проучавање понашање неког једињења при фрагментацији неопходно је дефинисати све главне фрагментације, што нам  $MS^n$  спектри снимљени у јонском трапу омогућавају. Конкретно, почиње се од молекулског јона и региструју главни производи његове фрагментације ( $MS^2$ ). Потом се анализира даља фрагментација свих значајнијих јона из спектра  $MS^2$ ; добија се низ  $MS^3$  спектра, за сваки одабрани јон по један. Из ових  $MS^3$  спектра одабирају се најинтензивнији пикови и врши

даља фрагментација ( $MS^4$  спектри). Овај поступак се може настављати све док интензитет сигнала не постане исувише слаб; у литератури су описани експерименти у којима су успешно регистроване фрагментације до  $MS^{10}$ .

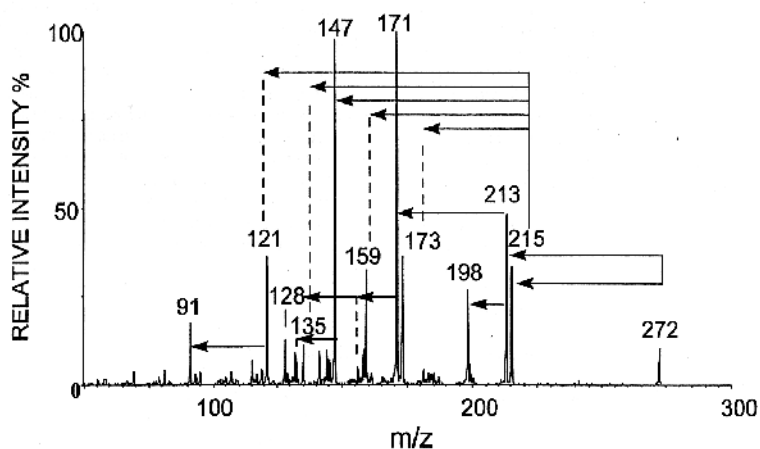
Када се подаци добијени овим поступком систематизују, добија се такзвано генеалогско стабло за испитивано једињење. Као илустрација, дат је пример формирања генеалогског стабла за декстрометорфан чија је структура приказана на слици 22.

Протонвани молекулски јон декстрометорфана има масу 272 и главне фрагментације протонваног молекулског јона и његових фрагмената приказане су на слици 23.

Најпотпунија информација, међутим, добија се снимањем  $MS^2$ ,  $MS^3$ ... до  $MS^6$  спектра. Из тих информација формира се генеалогско стабло, приказано у табелама 1 и 2. Почетни јон масе 272 даје два главна фрагмента, 215 и 213. Даља фрагментација јона 215 приказана је у табели 1, док је даља фрагментација јона 213 приказана у табели 2.

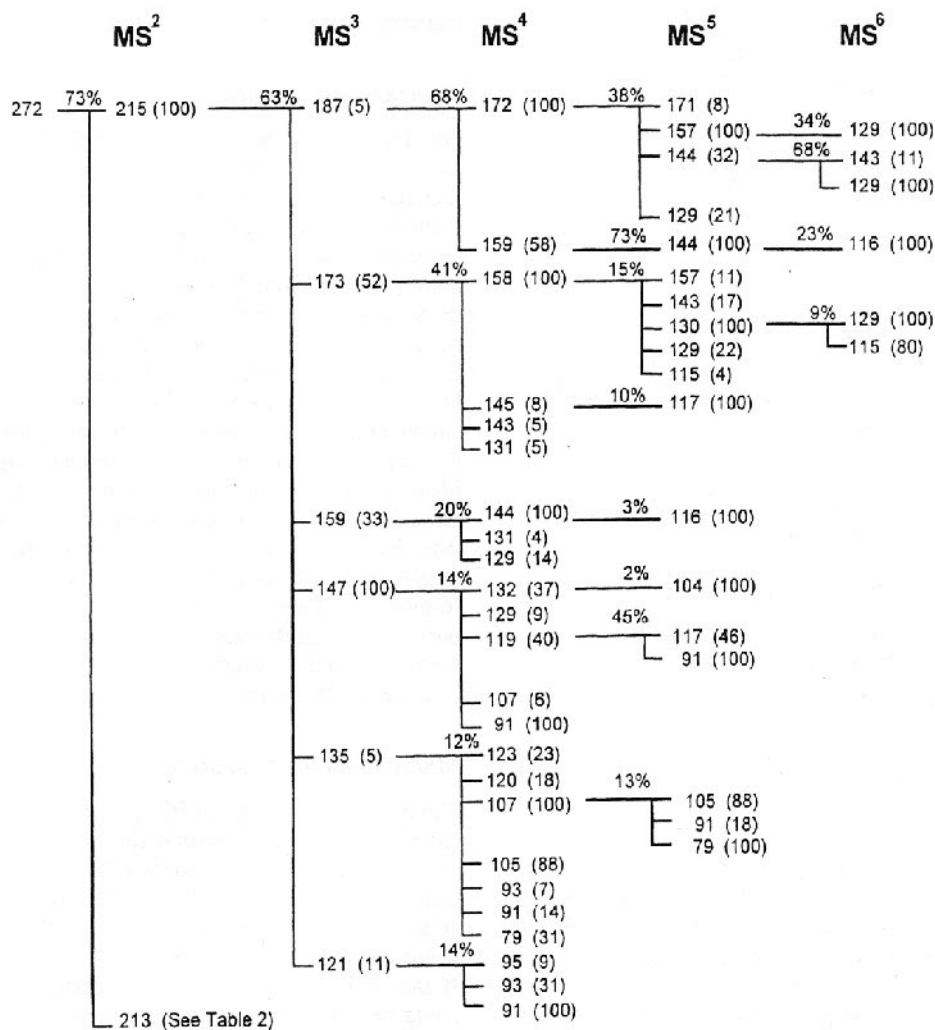


Слика 22: Конвенционална (горња шема) и тродимензионална (доња шема) структура декстрометорфана



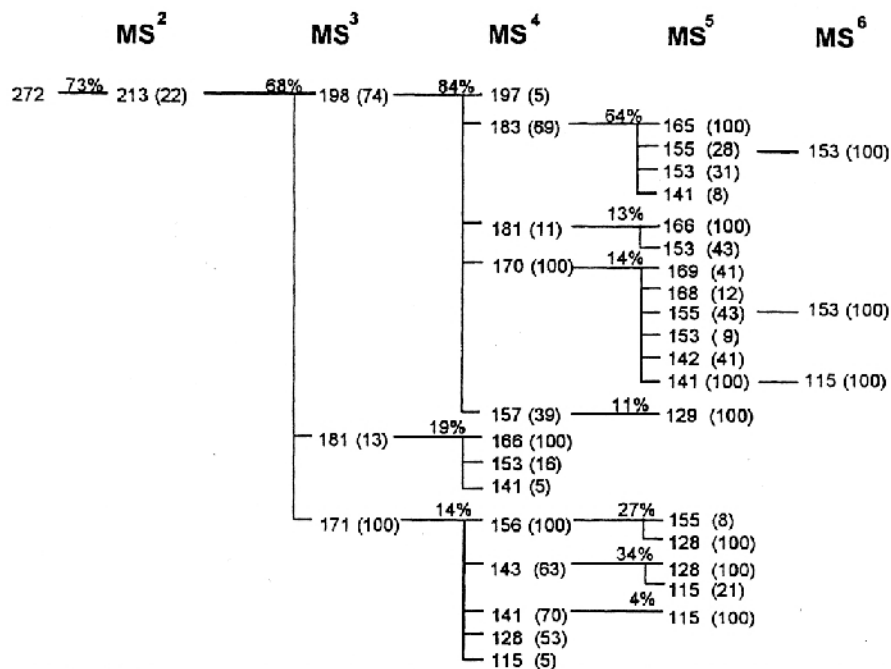
Слика 23: Главне фрагментације протонованог молекулског јона декстрометорфана ( $m/z$  272) и појединих фрагментних јона

Табела 1. Приказ фрагментације протонованог молекулског јона декстрометорфана која иде преко фрагмента масе 215.





Табела 2. Приказ фрагментације протонованог молекулског јона декстрометорфана која иде преко фрагмента масе 213.



## ЗАКЉУЧАК

Развојем метода вишестепена масене спектрометрије знатно је проширена примена ове аналитичке технике. Некада се сматрало да свако једињења даје само један масени спектар; како смо видели, *MS/MS* концепт је омогућио да једно једињење можемо карактерисати са великим бројем масених спектара - изоловањем и фрагментацијом било ког појединачног јона добија се његов "масени спектар", означен као *MS/MS* спектар, што даје обиље додатних информација о испитиваном једињењу. Комбиновање *MS/MS* технике са погодном методом "меке јонизације" посебно је револуционисало примену масене спектрометрије. На овај начин омогућена је анализа комплексних смеша без претходног раздвајања компоненти. *MS/MS* је у значајној мери заменио *GC/MS* и *LC/MS*.

Примена више "класичних" анализатора (B, E, Q) у комбинацији показала се веома делотворном, међутим, додавање нових анализатора физички је ограничено и инструменти постају кабасти, комплексни и скупи, те се у пракси није ишло на више од 4 до 5 анализатора у низу. Даљи продор омогућен је појавом јонског трапа, другачијег типа масеног спектрометра који је омогућио вишестепену анализу при чему поједини ступњевци нису раздвојени физички (просторно), него временски. Сукцесивне фазе анализе врше се у истом простору унутар јонског трапа и следе временски једна иза друге. На овај начин инаугурисана је *MS<sup>n</sup>* техника, при чему *n*, број узастопних ступњева анализе иде до 10 и више; једино ограничење је интензитет сигнала који постепено слаби за сваки наредни ступањ анализе.

Неке од главних примена *MS<sup>n</sup>* спектара укључују следеће:

- одређивање структуре молекулског јона и фрагментних јонова
- утврђивање генеалогске мапе фрагментације јона
- проучавање механизма фрагментације јона
- директна анализа смеша
- «сцреенинг» комплексних смеша на специфичне састојке
- одређивање редоследа аминокиселина у пептидима

## Abstract

### MASS SPECTROMETRY FROM MS TO MS<sup>n</sup>: HOW AND WHY?

Teodor Ast, Faculty of Technology and Metallurgy, University of Belgrade

Reasons are rationalized for mass spectrometry instrumentation development from single analyzer instrument to multiple analyzer instruments. Starting with *MS/MS*, on to *MS/MS/MS*, and finally to *(MS)<sup>n</sup>*, examples of application of multi-stage mass spectrometry are shown. Covered applications include analysis of complex mixtures, amino acid sequence determination in peptides and the use of genealogical mapping for structure elucidation of complex compounds.

## ЛИТЕРАТУРА

- F. W. McLafferty (Ed.), *Tandem Mass Spectrometry*, Wiley 1983.
- K. L. Busch, G. L. Glish and S. A. McLuckey, *Mass Spectrometry/Mass Spectrometry: Techniques and Applications of Tandem Mass Spectrometry*, VCH Publishers, 1988.
- E. De Hoffmann and V. Stroobant, *Mass Spectrometry: Principles and Applications*, 3rd Edition, Wiley, 2007

## ГРАФЕНИ - АРОМАТИЧНИ ЦИНОВИ

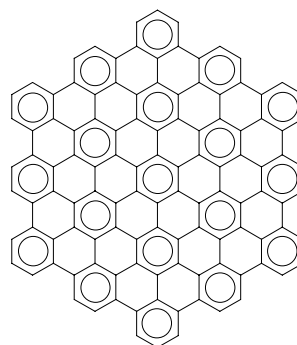
У најновије време синтетисани су бензеноидни угљоводоници огромних димензија. Ова једињења, која по многим својим физичко-хемијским особинама подсећају на графит, названи су графени. Због својих нестандардних особина, графени већ сада имају бројне примене, нарочито као материјали за специјалне намене у електроници. У овом чланку излажемо основне чињенице о графенима.

### ПОЛИЦИКЛИЧНИ АРОМАТИЧНИ УГЉОВОДОНИЦИ

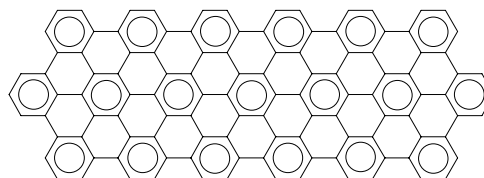
Полициклични ароматични угљоводоници (енглески: polycyclic aromatic hydrocarbons, уобичајена скраћеница, која се и код нас употребљава: ПАХ) су важна класа органских једињења и о њима се учи у оквиру сваког курса органске хемије. Њихови најпознатији представници су бензен (који, у ствари и није полицикличан), нафтален, антрацен, фенантрен, пирен, . . . Данас је познато око 1000 ових једињења, а број њихових могућих изомера је много већи.<sup>1</sup> Полициклични ароматични угљоводоници спадају међу најстабилнија органска једињења.<sup>2</sup> Њихово главно налазиште су катран и смола,<sup>3</sup> пре свега катран каменог угља који се, као нуспроизвод при добивању кокса, производи у количинама које се мере милионима тона.

По хемијском саставу полициклични ароматични угљоводоници се састоје од кондензованих шесточланих (бензенских) прстенова. До недавно се сматрало<sup>4</sup> да је њихово хемијско истраживање ограничено на једињења која имају до око 15 прстенова. Разлог за то су налазили у чињеници да су велики полициклични ароматични угљоводоници практично нерастворни у органским растварачима, што онемогућава њихово пречишћавање и хемијску карактеризацију, а посебно раздвајање изомера (којих има веома много).<sup>1</sup>

Недавно су ови проблеми превазиђени заслугом немачког хемичара Клауса Милена (Klaus Müllen, 1947-). Он је открио хемијску реакцију (о којој говоримо касније) помоћу које се могу добити полициклични ароматични угљоводоници неслућено великих димензија, и то увек један, тачно одређени изомер. Поред тога, Милен је открио трик (о којем такође говоримо касније) помоћу којег се ова једињења преводе у лако растворљиви облик. За почетак, на сликама 1, 2 и 3 приказујемо формуле неколико највећих (до сада добивених) полицикличних ароматичних угљоводоника.

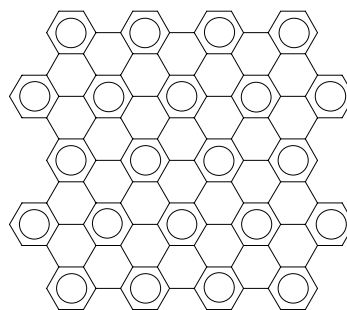


1

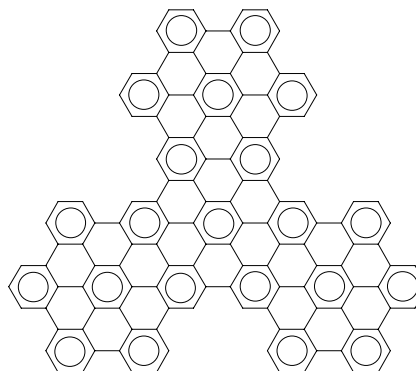


2

Слика 1. Два велика графена, оба са по 114 угљеникових атома: 1 =  $C_{112}H_{30}$ , 2 =  $C_{112}H_{34}$ .

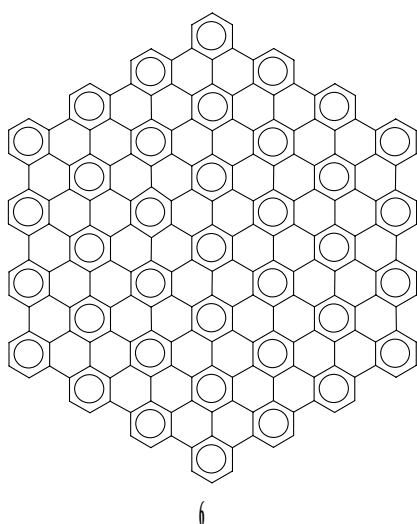
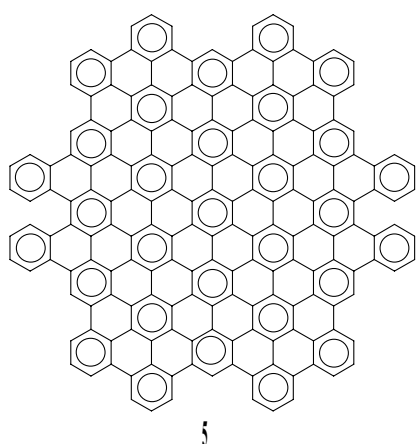


3



4

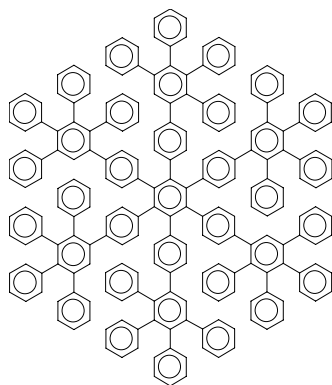
Слика 2. Два још већа графена, оба са по 132 угљеникових атома: 3 =  $C_{132}H_{34}$ , 4 =  $C_{112}H_{42}$ .



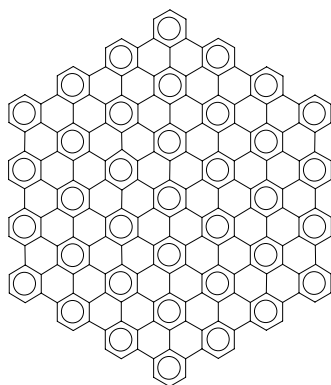
Слика 3. Два највећа до данас синтетизована графена: 5 =  $C_{186}H_{46}$ , 6 =  $C_{222}H_{40}$ . Ваља приметити да једињење 6 садржи само 1, 48% водоника, док је остало угљеник.

### СИНТЕЗА ГРАФЕНА

Синтеза графена, коју је разрадио Милен са сарадницима,<sup>5,6</sup> састоји се од две етапе. У првој се, стандардним методама органске синтезе, у неколико корака добивају полифенили, једињења која имају

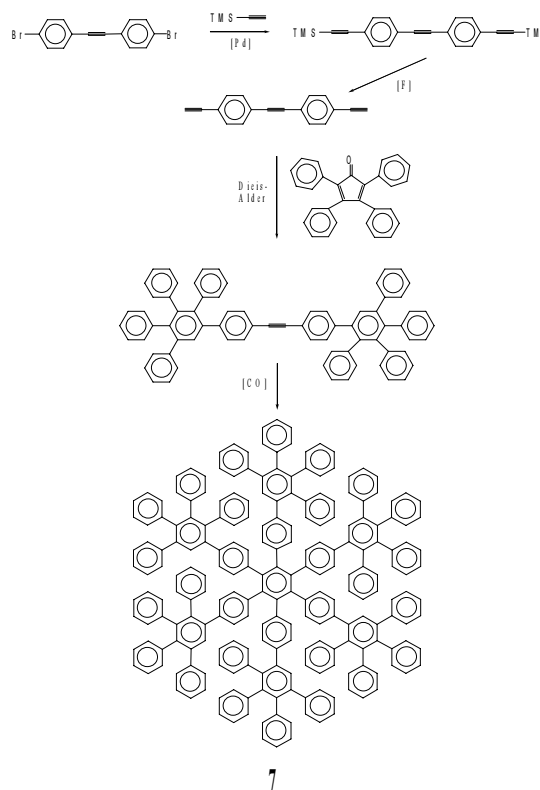


7



6

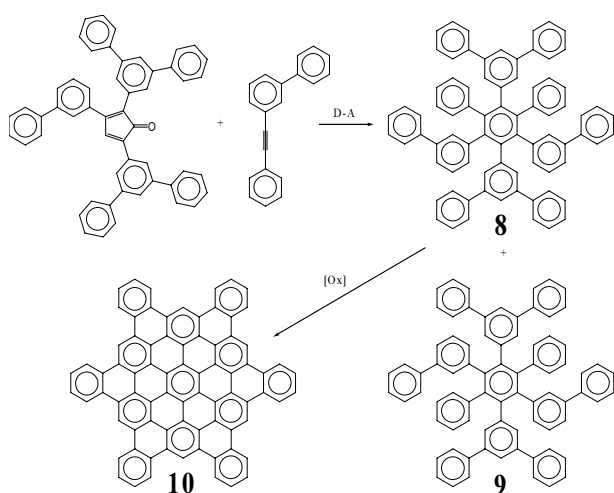
велики број бензенских прстенова међусобно повезаних једноструким угљеник-угљеник везама. Једна карактеристична реакција овог типа приказана је на слици 4а. Шесточлани прстенови у полифенилима (на пример, у полифенилу 7 приказаном на слици 4а) имају сложени просторни распоред и не леже у једној равни. У другој фази синтезе, полифенил се подвргава веома благој оксидацији. Милен је открио да када се као оксидационо средство употреби гвожђе(III)-хлорид,  $FeCl_3$ , онда се одговарајући полифенил у једној јединој реакцији преводи у графен. Добивање графена 6 из полифенила 7 приказано је на слици 4б. Ваља обратити пажњу на то да се из непланарних полифенила добивају графени чији молекули су готово савршено планарни, то јест сви њихови атоми леже у истој равни.



Слика 4а. Пример добивања графена. Прва фаза: стандардним поступцима синтетизује се полифенил 7.

←

Слика 4б. Пример добивања графена. Друга фаза: оксидацијом полифенила 7 у једном кораку и у високом приносу добива се графен 6. Као оксидационо средство користи се  $FeCl_3$ .



Слика 5. Пример добивања графена. У првој фази настаје смеша двају изомерних полифенила 8 и 9. У другој фази се оксидацијом смеше изомера добива јединствени продукт – графен 10.

Једну другачију, али у суштини веома сличну синтезу графена<sup>5,6</sup> видимо на слици 5. За њу је карактеристично то да се из смеше неколико изомерних полифенила добива јединствени крајњи продукт. Читаоцима *Хемијског прегледа* препуштамо да сами просуде колика је то погодност за једну успешну и ефикасну синтезу.

## РАСТВОРЉИВИ ГРАФИТ

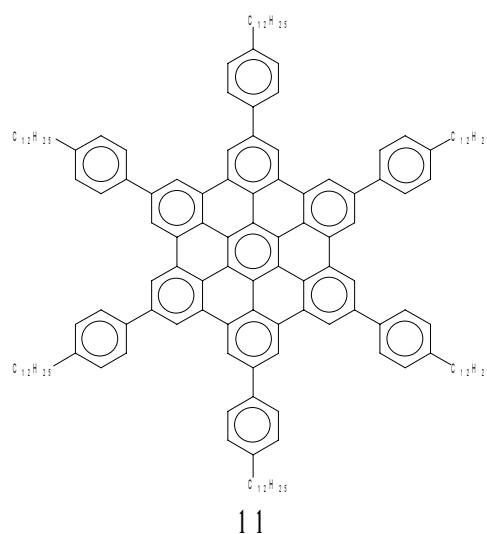
Милен је проблем слабе растворљивости графена решио на један инџениозни начин. Читаоцима ће се можда учинити да је то „очигледно” и „просто к’о пасуљ”, али чињеница је да се пре Милена тога нико није сетио. Идеја је следећа:<sup>5,6</sup>

Уз незнатне измене у синтези графена, узимајући за полазне реактанте једињења са одговарајућим бочним групама, постиже се да и добивени графен има бочне групе. То могу бити дугачки угљоводонични ланци (као у једињењу 11 на слици 6) или метокси групе (као у једињењу 12) или било који други супституент.

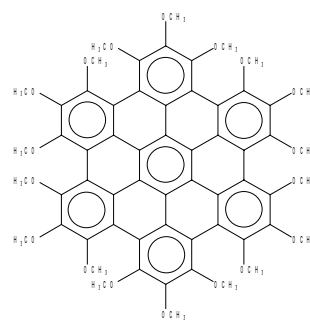
Захваљујући својим бочним групама, супституисани графени постају лако растворљиви у органским растварачима. Тада је с њима много лакше радити. Илуструјмо то на једном једноставном примеру.

Ако се разблажени раствор неког графена (на пример, у етру) нанесе на неки предмет, па се растварач испари, можемо добити екстремно танке фолије чије електричне особине подсећају на графит.

Графени, као и графит, имају лако покретљиве електроне (такозване пи-електроне) који узрокују њихове карактеристичне електричне особине. Међутим, уместо да су прави проводници, графени су полупроводници. Управо ово њихово својство је драгоцено у електротехници (на пример, за добивање транзистора). Наиме полупроводничке особине



11



12

Графени са бочним групама. Захваљујући овим супституентима графени постају лако растворљиви у органским растварачима (на пример, 11 се раствара у етру, а 12 у алкохолу). Постоје графени који се растварају и у води. Овакви раствори имају многе, пре свега електричне, особине сличне графиту па су названи „*течни графити*” или „*растворљиви графити*”.

графена зависе од величине и облика ароматичног језгра, као и од природе његових бочних група. Све ове структурне детаље хемичар може подешавати по жељи.

Супституисани графени, познати под именом „растворљиви *графити*” или „течни *графити*” постали су високо цењени материјали у електротехници. Писци овог чланка сматрају да се они данас увелико користе у разним уређајима „високе технологије”, пре свега тамо где светлост и електрицитет међусобно интерагују (фотоћелије, соларне ћелије, светлосни сензори, светлеће диоде, фотокопирање у боји, . . .). Конкретније о овим применама није лако сазнати јер оне по правилу представљају индустријску тајну. У опширним, недавно објављеним прегледним чланцима<sup>5,6</sup> о техничким применама графена постоји само нејасни наговештаји.

## Abstract

### GRAPHENES – AROMATIC GIANTS

Ivan Gutman, Boris Furtula, Katarina Marković

Faculty of Science Kragujevac, Serbia

Graphenes are very large polycyclic aromatic molecules. Such compounds have been recently synthesized and found to possess interesting physico-chemical, especially optoelectronic, properties. The main chemical facts on graphenes are outlined.

## ЛИТЕРАТУРА

- E. Gutman, M. Fege, A. Jensen, I. Gutman, Broj benzenoidnih ugljovodonika, Hem. Pregled 43 (2002) 105.
- I. Gutman, S. J. Cyvin, Introduction to the Theory of Benzenoid Hydrocarbons, Springer-Verlag, Berlin, 1989.
- J. R. Kershaw, The chemical composition of coal-tar pitch, Polyc. Arom. Comp. 3 (1993) 185.
- J. C. Fetzer, W. R. Biggs, A review of the large polycyclic aromatic hydrocarbons, Polyc. Arom. Comp. 4 (1994) 3.
- M. D. Watson, A. Fechtenkötter, K. Müllen, Big is beautiful – “Aromaticity” revisited from the viewpoint of macromolecular and supramolecular benzene chemistry, Chem. Rev. 101 (2001) 1267.
- J. Wu, A. Pisula, K. Müllen, Graphenes as potential material for electronics, Chem. Rev. 107 (2007) 718.



СНЕЖАНА БОЈОВИЋ, Хемијски факултет, Београдски универзитет (sbojovic@chem. bg. ac. yu)

## НАУЧНО-ИСТРАЖИВАЧКИ РАД СТУДЕНАТА БЕОГРАДСКОГ УНИВЕРЗИТЕТА (1948-1950)

После Другог светског рата улагани су велики напор и замашна средства да се Београдски универзитет обнови и почне нормално да функционише. Због великог броја студената, двоструко већег од оног који је студирао пре рата, требало је одшколовати нови наставни и научни кадар. Додатни разлог било је неповерење нових власти према старим „буржоаским“ наставницима који нису били спремни да васпитавају „нову социјалистичку интелигенцију“. Нарочито после доношења првог Петогодишњег плана развоја привреде (1947-1952)[1], потреба за висококвалификованим стручњацима, без којих се није могла реализовати „индустријализација и електрификација земље“, довела је до многих промена на Београдском универзитету, до нових задатака и до нових метода рада.

Поред бриге о учењу студената и брзом завршавању студија, почетком 1948. почела је и брига за што бржом „производњом“ универзитетских наставника и научника. Требало је још за време студија најбоље студенте заинтересовати за науку, уводити их у научно-истраживачки рад и у праћење научне литературе. Због тога су почетком 1948. године на Београдском универзитету формиране студентске научне групе. Њихов задатак био је да се побољша квалитет студирања и да се најдаровитији студенти упуте у истраживачки рад.

Научне групе оформљене су на већини катедара и факултетских института – укупно 54 научне групе са 429 чланова [2]. Групе су чинили најбољи студенти завршних година, углавном већ запослени као „демонстратори“ који су сарађивали са малобројним асистентима у раду са студентима. Групама су руководили професори или асистенти, помагали су студентима при избору тема, избору литературе и са-

мом раду. На зидним новинама или у „Народном студенту“ радови најбољих студената су похваљивани [3], а повремено су на Универзитету вршене смотре научних група на којима су изношени резултати рада и ранжирани према оригиналности и самосталности. Већ крајем марта и почетком априла 1948. на појединим факултетима одржане су „научне конференције“ на којима је поднето 20 извештаја о раду научних група и то шест са Техничког факултета, пет са Медицинског, три са Пољопривредно-шумарског и по два са Фармацеутског и Природно-математичког факултета.

У јуну месецу 1948. осам најбољих радова објављено је Зборнику студенских стручних радова [4] на 80 страница. Редакцију Зборника чинило је пет универзитетских професора [5] и пет студената [6]. У тој првој студентској научно-стручној публикацији објављени су следећи радови:

Никола Хајдин [7], Торзија и проуласије цеви; Зоран Максимовић [8], Упоредна геохемија урана и торијума са ошћом карактеристичком њихових лежишта на земљиној кори; Владислав Варагић, Антихистамински лекови; Илија Нагулић [9], Odnos donje epigasterične arterije s fascia transversalis i ligamentum interfoveolare – Hesselbach; Ђурђе Јеленић, Азотни режим у земљишту тина чернозема; Војимир Коруновић, Југословенски ошћум као најважнија лековита сировина на свету; Ђурђе Врцел, Цена кошћања производње и значај њеног снижења; Радован Самарџић [10], Подмладак дубровачких занатлија и трговаца у XV и XVI веку.

Следеће године број научних група се повећао, крајем 1949. било их је 123 са 1269 чланова [11]. Њихов рад је усмераван конкурсима које су расписивала поједина министарства и привредне установе. Тиме

се „избегло решавање безживотних проблема чисте науке“, а побудио интерес за решавање проблема везаних за наше животне потребе“ [12].

У току 1949. године изашла су два зборника студената Техничке велике школе са укупно 12 радова. Уредништво су чинили студенти различитих одсека Техничке велике школе [13].

### ЗБОРНИЦИ СТУДЕНАТА ПМФ

Први Зборник студента Природно-математичког факултета изашао је у априлу 1949. године на 90 страна од којих су на 60 страна објављени најбољи самостални и стручни радови студената, а на 20 страна новости из науке. Самостални радови су представљали резултате научних група, док су стручни радови обухватили семинарске радове. Од укупно четири „самостална рада“ два су објавили студенти хемије:

Др. С. Љ. Јовановић [14], проф. универз. и М. С. Јовановић [15], студ. хемије, *Одвајање бакра од цинка брзом електролизом;*

Бојана Ј. Грујић [16], *Проверавање метода за одређивање мангана.*

Друга два рада припадају студентима географије.

У следећој рубрици „стручни радови“ објављени су радови петоро студената, од којих су два рада студената хемије, и по један рад студената физичке хемије, физике и геологије:

1. Никола Пангић [17], студ. геологије, *Соларна крива и крива заглечеравања;* Момир Савић, студ. хемије, *Хемија иллујонијума;* Бојана Ј. Грујић, студ. хемије, *Грибеов парадокс и закон о дејствију маса;* Милан Антонијевић, студ. хемије, *Циновски апаратни нуклеарне физике;* Мирјана Рушић и Велимир Роглић [18], студ. физике, *Један приказ Blackett-ових експеримената из области космичког зрачења.*

Следеће, 1950. године изашао је још један Зборник студената ПМФ, али у њему нема радова студената хемије. То су једина два зборника изашла на ПМФ-у.

### НАЈБОЉИ РАД ПАУЛЕ ПУТАНОВ И АЛЕКСАНДРА ДЕСПИЋА



Александар Деспић  
(1927-2005)

На годишњој смотри резултата студентских радова, децембра 1949. године, за најбољи рад проглашено је истраживање Пауле Пуганов и Александра Деспића, студената Технолошког факултета.

У пролеће 1949. године научна група Технолошког факултета четврте године, коју су чинила само два студента, Паула Пуганов и Александар Деспић [19], добила је задатак да испита

могућност добијања синтетског камфора из алфа-пинена добивеног од домаћег терпентинског уља.

У послератним годинама није било довољно простора ни средстава за истраживачки рад. Али, залагањем тадашњих доцента Ђорђа Димитријевића и Слободана Радосављевића омогућен им је рад у лабораторији Факултета. Почели су да уче експерименталну технику и истовремено да раде. Прва етапа у току лета састојала се, углавном, у испитивању наших смола. Радили су одвојено, Деспић у Београду, П. Пуганов у Новом Саду, на пракси. Припреме за почетак рада и проучавање литературе обавили су у јулу и августу. У септембру, по доласку на факултет, почели су с озбиљним анализама. После четворомесечног рада, крајем октобра 1949. завршили су рад. Доказали су могућност израде синтетичког камфора од домаћих сировина. Поред експерименталног рада, разрадили су поступак за добијање камфора, тзв. класичан поступак, али су описали и модерније поступке [20].

У то време 80% од укупне производње камфора у свету употребљавано је као основна сировина у индустрији целулоида, важног у ратној индустрији, па се сматрало да је овај рад користан за нашу индустрију. Зато је у часопису „Народни студент“ њихов рад, под називом „О могућности добијања синтетичког камфора из домаћих сировина“, посебно истакнут међу још неколико радова других група, а Иванка Бунушевац је у истом часопису [21] написала чланак под називом „Од смоле до камфора“, где је детаљно описала њихов рад и завршила усхићено:

„Испричати читав тај процес значило би говорити о многим неуспелим покушајима, о раду без предаха, о упрљаним рукама и инструментима који се лепе од смоле и отежавају, о напетим часовима пуним нервозе и стрепње, о радости која је често долазила из привидних успеха да би им одмах показала да све морају из почетка, а то би била дуга прича. Зато је можда најбоље дозволити статистици да она кратко каже: извршили су 140 испитивања. Паула Пуганов и Александар Деспић нису само млади научници. Њихов живот и рад на факултету нераздвојиво је везан за живот и рад саме организације Народне омладине. Они су пример оних за које ми кажемо најбољи – одлични ђаци, учесници многих радних акција, руководиоци Народне омладине“.

На истој смотри један од најбољих радова на ПМФ-у био је истраживање Радослава Анђуса, студента ПМФ-а, „О хипоксичној анестезији“, рад којим је руководио професор Иван Ђаја и у коме је показано да се снижавањем притиска код животиња снижава њихова телесна температура [22].

Ово рано укључивање студената у научни рад показало се плодноним, трасирајући младим и даровитим људима пут у науку. Један број студената који се помиње у научним групама и чији су радови објављени у зборницима, постали су касније професори универзитета, академици и угледни научници.

После педесетих година 20. века прилике у земљи су се измениле. Политички догађаји усмерили су задатке универзитета у другом правцу. Брига о уче-

њу и научно-истраживачком раду померена је на бригу о идеолошком раду, на увођење самоуправљања на универзитет и организовање других форми рада. Више се не помињу научне групе, не излазе зборници студентских радова, професори су заузети другим пословима, а Народна студентска омладина, која се највише залагала за рад студената, организовала научне групе и контролисала њихов рад, добила је друге задатке.

Abstract

#### SCIENTIFIC WORK OF BELGRADE UNIVERSITY'S STUDENTS (1948-1950)

**Snežana Bojović**, Faculty of Chemistry, Belgrade University, Serbia

After the second World War the education of the scientific cadre was as important as teaching and achieving results in students work. At the beginning of 1948 the scientific groups made of the best senior students have been established. They were supervised by professors, involving students into the scientific work and literature. The best papers are published in special Compendium. A number of praised students later became university professors, scientists and academics.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Љубодраг Димић, *Историја српске државности*, Књ. 3, Србија у Југославији, Нови Сад, 2001, 350.
2. Р. Кантарџијев, *О неким тројусицима научних група*, Народни студент, новембар, 1948, стр. 6; Д. Бонџић, *Београдски универзитет 1944-1952*, Београд, 2004, 224-225.
3. Ђорђе Станковић, *Народна студентска омладина*, Универзитет у Београду 1838-1938, Зборник радова, Београд 1988, 939.
4. *Зборник студентских стручних радова*, Народна студентска омладина Београдског универзитета, Београд, 1948.
5. Професори Љубиша Глишић и Радивоје Увалић и доценти Милан Ђорђевић, Чедомир Плавшић и Радосав Бошковић.
6. По један студент права, филозофије, медицине, технике и агрономије.
7. Професор универзитета, академик
8. Професор универзитета, академик
9. Професор универзитета
10. Професор универзитета, академик
11. *Научно-истраживачки рад студената*, Народни студент, 35, 9. јануар 1950.
12. Уредништво, *Нашим читаоцима*, у: Зборник стручних радова студената Техничке велике школе, број 2, децембар 1949.
13. Технички факултет, у периоду 1948-1954. године, као Техничка велика школа, био је издвојен из састава Београдског универзитета.
14. Објавио први докторат из хемије 1925. године на Београдском универзитету, код Миливоја Лозанића. После рата био професор аналитичке хемије на Фармацеутском факултету.
15. Професор ТМФ.
16. Професор биохемије на ПМФ.
17. Професор универзитета и академик.
18. Професор универзитета
19. Паула Путанов, професор универзитета, академик, А. Деспић је био универзитетски професор и председник САНУ (1994-1998).
20. Зборник из 1950. године у коме је објављен овај рад нисмо нашли ни у једној библиотеци, али је о њиховом раду неколико пута писано у студентским и универзитетским новинама.
21. Иванка Бунушевац, *Од смоле до камфора*, Народни студент, бр. 30, 5. децембар 1949.
22. Исто, Р. Анђус, професор универзитета, академик.



## ВЕСТИ из ШКОЛЕ ВЕСТИ за ШКОЛЕ

МИРЈАНА МАРКОВИЋ, ОШ „Гаврило Принцип“, Београд, mirjana.markovic@sbb.co.yu  
МИОМИР РАНЂЕЛОВИЋ, ОШ „Јосиф Панчић“, Београд, dimar@eunet.yu  
ВЛАДИМИР ВУКОТИЋ, ОШ „Старина Новак“, Београд, vukotav@sbb.co.yu  
ДРАГИЦА ТРИВИЋ, Хемијски факултет, Београд, dsisovic@chem.bg.ac.yu

### ПРЕДЛОГ ПЛАНА РЕАЛИЗАЦИЈЕ НАСТАВЕ ХЕМИЈЕ У 8. РАЗРЕДУ

Школске 2007/08. године почиње реализација наставе хемије у 8. разреду по измењеном наставном програму. Циљ овог рада јесте да понуди једно виђење плана реализације наставе хемије у осмом разреду, распореда садржаја и обима наставних јединица. При томе, јасно је да ће сваки наставник према усло-

вима у школи, нивоу предзнања ученика, њиховом напредовању у учењу градива, правити своју верзију плана.

Ради лакшег сагледавања промена у програму у табели 1 дат је упоредни приказ тема претходног програма и измењеног програма.

**Табела 1. Преглед наставних тема у осмом разреду**

Наставне теме у осмом разреду	
у претходном програму	у измењеном програму
1. Преглед важних метала (7+7+2)	1. Хемијски елементи и њихова једињења А) Неметали и њихова једињења (8+2+2) Б) Метали и њихова једињења (4+2+2)
2. Преглед важних неметала (8+4+2)	2. Класе неорганских једињења (4+4+2)
3. Увод у органску хемију (2+0+0)	3. Увод у органску хемију (2+0+0)
4. Угљоводоници (8+4+1)	4. Угљоводоници (8+4+1)
5. Ациклична органска једињења са кисеоником (6+3+1)	5. Органска једињења са кисеоником (6+3+1)
6. Биолошки важна органска једињења (7+4+2)	6. Биолошки важна органска једињења (7+4+2)

Разлику која се може уочити упоређивањем тема у табели 1 представља увођење теме *Класе неорганских једињења* у осмом разреду. Ова тема се раније обрађивала у седмом разреду. Направљена измена вођена је идејом да ученици најпре стекну знање о својствима елемената и њихових једињења, а затим да се та знања о различитим једињењима систематизују у оквиру теме *Класе неорганских једињења*. Другим речима, после учења основних хемијских појмова у седмом разреду, у осмом разреду планирано је учење својстава појединачних, конкретних супстанци: елемената (неметала и метала), неорган-

ских једињења и органских једињења. Основа формирана у седмом разреду, коју чини знање о врстама супстанци, структури, својствима и променама супстанци, у осмом разреду проширује се конкретним примерима структуре, својстава и промена елемената и једињења (неорганских и органских).

У овом чланку дат је предлог плана за реализацију тема у осмом разреду у оквиру 68 часова. У табелама 2-8 предложен је распоред наставних јединица у оквиру тема, као и садржај који се у оквиру тих јединица може обрадити.

**Табела 2. План реализације наставне теме *Хемијски елементи и њихова једињења: А) Неметали и њихова једињења*.**

Број часа	Тип часа	Наставне јединице
1.	обрада	<b>Заступљеност неметала у природи и њихова основна физичка својства</b> - видови налажења неметала у природи и њихова заступљеност у неживој и живој природи; разматрање физичких својстава неметала на основу структуре њихових атома и међусобног повезивања атома.
2.	обрада	<b>Водоник и својства водоника</b> - добијање, физичка својства (густина, агрегатно стање, боја, мирис) запаљивост, добијање праскавог гаса, веза између својстава водоника и практичне примене.
3.	обрада	<b>Кисеоник и својства кисеоника</b> - добијање, физичка својства (густина, агрегатно стање, боја, мирис), алотропске модификације кисеоника, оксидација, оксиди, веза између својстава кисеоника и практичне примене.
4.	утврђивање	Заступљеност неметала у природи, њихова основна физичка својства, водоник, кисеоник и њихова својства
5.	обрада	<b>Хлор и својства хлора. Хлороводоник</b> - заступљеност хлора у природи, добијање хлороводоника, повезивање физичких својстава хлора и хлороводоника са типом хемијске везе у молекулама, испитивање својстава воденог раствора хлороводоника (хлороводоничне киселине) помоћу лакмус хартије, магнезијумове траке и натријум-хидрогенкарбоната (помоћу лакмус хартије, магнезијумове траке и натријум-хидрогенкарбоната); увођење појма киселина и индикатор, повезивање својстава хлора, хлороводоника и хлороводоничне киселине са њиховом практичном применом.
6.	обрада	<b>Сумпор, својства сумпора, оксиди и киселине</b> - заступљеност сумпора у живој и неживој природи, физичка својства сумпора (боја, мирис, агрегатно стање, густина, растворљивост у води), добијање сумпор(IV)-оксида, испитивање физичких својстава оксида (агрегатно стање, мирис), испитивање реакције са водом, испитивање својстава раствора сумпорасте киселине (помоћу лакмус хартије, магнезијумове траке и натријум-хидрогенкарбоната), хемијске једначине добијања сумпор(VI)-оксида и сумпорне киселине; повезаност својстава сумпора, оксида сумпора и сумпорне киселине са њиховом практичном применом.
7.	утврђивање	Неметали и њихова једињења
8.	обрада	<b>Азот, његова својства, оксиди и киселине. Амонијак</b> - заступљеност азота у живој и неживој природи (повезивање са структуром молекула), физичка својства азота (боја, мирис, агрегатно стање, густина у односу на ваздух, растворљивост у води), испитивање својстава раствора азотне киселине (помоћу лакмус хартије, магнезијумове траке и натријум-хидрогенкарбоната); добијање амонијака, испитивање својстава амонијака (боја, мирис, агрегатно стање), испитивање својстава воденог раствора амонијака лакмус хартијом; повезаност својстава азота, његове заступљености и практичне примене; повезаност својстава амонијака и азотне киселине и њихове практичне примене.
9.	обрада	<b>Фосфор и својства фосфора. Фосфор(V)-оксид и фосфорна киселина</b> - заступљеност фосфора у живој и неживој природи, алотропске модификације фосфора, физичка својства белог и црвеног фосфора, сагоревање фосфора, својства фосфор(V)-оксида, испитивање својстава раствора фосфорне киселине, повезаност својстава фосфора (белог и црвеног), фосфор(V)-оксида, фосфорне киселине и њихове практичне примене.



10.	вежба	Физичка и хемијска својства неметала
11.	обрада	Угљеник, његова својства, оксиди и угљена киселина - заступљеност угљеника у живој и неживој природи, алотропске модификације угљеника, физичка својства графита, дијаманта, аморфног угљеника, оксиди угљеника (угљеник(II)-оксид и угљеник(IV)-оксид), добијање угљеник(IV)-оксида, физичка својства угљеник(IV)-оксида (агрегатно стање, боја мирис, густина), испитивање својстава раствора угљене киселине, повезаност својстава алотропских модификација угљеника, угљеник(IV)-оксида и угљене киселине и њихове примене
12.	вежба	Својства оксида неметала

**Табела 3. План реализације наставних садржаја у оквиру наставне теме *Хемијски елементи једињења***

Број часа	Тип часа	Наставне јединице
1.	обрада	Заступљеност метала у природи и њихова општа физичка и хемијска својства - видови налажења метала у природи и њихова заступљеност у неживој и живој природи; разматрање физичких својстава метала на основу структуре њихових атома, као и реакције са кисеоником и водом (само констатовање да код неких метала долази до реакције, а код неких не).
2.	вежба	Физичка својства метала
3.	обрада	Натријум и калијум, њихова својства, осиди и хидроксида - заступљеност натријума и калијума у природи; повезивање својстава метала са структуром атома и положајем у ПСЕ, реакција са кисеоником и водом, значење појма база/хидроксид (настајање, писање формула, давање назива, састављање једначина хемијских реакција), испитивање понашања раствора база помоћу лакмус хартије и фенолфталеина; практична примена натријум-хидроксида.
4.	обрада	Магнезијум и калцијум, њихова својства, осиди и хидроксида - заступљеност магнезијума и калцијума у природи; повезивање својстава ових метала са структуром атома и положајем у ПСЕ; реакција метала са кисеоником и водом, испитивање реакције магнезијум-оксида и калцијум-оксида са водом, испитивање понашања раствора база помоћу лакмус хартије и фенолфталеина; повезаност својстава магнезијума и калцијума, њихових оксида и хидроксида са практичном применом.
5.	утврђивање	Натријум, калијум, магнезијум и калцијум и њихова једињења
6.	обрада	Гвожђе, алуминијум, олово, бакар и цинк - заступљеност наведених метала у природи; својства метала, оксида метала и њихова практична примена; реакција метала са кисеоником, испитивање растворљивости оксида метала у води; добијање хидроксида.
7.	обрада	Корозија и заштита од корозије. Легуре - значење појма корозија и заштита од корозије; појам легура и својства легура (челик, месинг и бронза).
8.	вежба	Хемијска својства метала и њихових једињења

У наставној теми *Класе неорганских једињења* систематизују се знања о појединачним једињењима, стечена у оквиру претходне теме *Хемијски елементи и њихова једињења*. Тако се знање о разматраним оксидима може систематизовати на основу њихове реакције са водом и својстава производа тих реакција. Појмове киселина и хидроксид треба дефинисати

према Аренијусовој теорији, а својстава ових једињења повезати са њиховом структуром.

Нови појам у теми јесте појам соли, који, такође, треба дефинисати према Аренијусовој теорији. Овај појам се може увести кроз разматрање реакције између киселина и база, реакције неутрализације. Тема обухвата начине добијања соли и видове њихове практичне примене.

**Табела 4. План реализације наставних садржаја у оквиру наставне теме *Класе неорганских једињења***

Број часа	Тип часа	Наставне јединице
1.	обрада	Оксиди - добијање оксида, бурна и тиха оксидација, врсте оксида према реакцији са водом: кисели (анхидриди киселина) и базни (анхидриди хидроксида); заступљеност оксида у природи; састављање формула оксида (понављање); састављање једначина реакција оксидације (понављање); повезаност својстава оксида са њиховом практичном применом (сумирање).
2.	утврђивање	Оксиди
3.	обрада	Киселине и базе - подела киселина на кисеоничне и бескисеоничне, добијање бескисеоничних и кисеоничних киселина (веза између киселина и одговарајућих анхидрида); својства киселина (понављање); добијање база из анхидрида и добијање база чији се оксиди не растварају у води; именовање киселина и база на основу формуле, састављање формула киселина и база на основу назива; састављање једначина добијања киселина и база; безбедно руковање киселинама и базама (на пример, одлагање, одмеравање, сипање, разблаживање); примери киселина и база у свакодневном животу и повезивање својстава киселина и база и њихове практичне примене.
4.	вежба	Добијање хидроксида који не могу настати у реакцији оксида метала и воде
5.	утврђивање	Киселине и базе
6.	обрада	Електролитичка дисоцијација киселина и хидроксида - демонстрациони оглед - електропроводљивост дестиловане воде, хлороводоничне киселине и раствора натријум-хидроксида; електролити и неелектролити; електролитичка дисоцијација; дефиниција киселина и база/хидроксида (Аренијусова теорија), повезаност кисело-базних својстава супстанци и постојања одређених јона у раствору ( $H^+$ или $OH^-$ ).
7.	утврђивање	Електролитичка дисоцијација

8.	обрада	<b>Соли. Електролитичка дисоцијација соли</b> - добијање соли неутрализацијом, изменом, директном синтезом, у реакцији између киселих оксида и хидроксида и базних оксида и киселина; дисоцијација соли растворних у води; дефиниција неутралних соли; веза између оксида, киселина, хидроксида и соли; именовање соли на основу формуле и састављање формула соли на основу назива, примери соли у свакодневном животу и практична примена соли
9.	вежба	Добијање соли и испитивање растворљивости соли
10.	систематизација	Класе неорганских једињења

**Табела 5. План реализације наставних садржаја у оквиру наставне теме Увод у орџанску хемију**

Број часа	Тип часа	Наставне јединице
1.	обрада	<b>Општа својства органских једињења</b> - разлика између својстава органских и неорганских једињења; разликовање органских и неорганских једињења угљеника; заступљеност других елемената (неметала) у органским једињењима; тип хемијске везе у органским једињењима
2.	обрада	<b>Својства угљениковог атома. Многобројност и подела органских једињења</b> - четворовалентност угљеникових атома у органским једињењима; међусобно повезивања атома угљеника једноструким, двоструким и троструким везама у отворене низове и затворене прстенове.

**Табела 6. План реализације наставних садржаја у оквиру наставне теме Угљоводоници**

Број часа	Тип часа	Наставне јединице
1.	обрада	<b>Подела и опште карактеристике угљоводоника</b> - елементи који улазе у састав угљоводоника; подела угљоводоника на основу изгледа низа угљеникових атома и на основу типа хемијске везе између угљеникових атома; примери смеша из свакодневног живота које у свом саставу садрже угљоводонике; својства угљоводоника (агрегатно стање, густина, растворљивост у води, запаљивост).
2.	обрада	<b>Засићени угљоводоници – алкани. Именовање и формуле</b> - формуле (молекулске и структурне) и називи најважнијих представника алкана; изомерија.
3.	обрада	<b>Засићени угљоводоници – алкани. Општа својства. Метан</b> - основна физичка и хемијска својства алкана; састављање једначина хемијских реакција сагоревања алкана; веза између својстава алкана и њихове практичне примене. Налажење метана у природи, основна својства и примена; реакције супституције и њихов значај за добијање органских супстанци које поред угљеника и водоника садрже и неке друге елементе; безбедно руковање метаном (и бутаном).
4.	вежба	Испитивање својстава n-хексана
5.	утврђивање	Засићени угљоводоници
6.	обрада	<b>Незасићени угљоводоници – алкени. Етен</b> - разлика у односу на засићене угљоводонике; функционална група, формуле и називи најважнијих алкена; изомерија; лабораторијско добијање етена, основна својства и примена; састављање једначина реакција сагоревања.
7.	обрада	<b>Незасићени угљоводоници – алкени. Етин</b> - разлика у односу на засићене угљоводонике; функционална група, формуле и називи најважнијих алкина; изомерија; лабораторијско добијање етина, основна својства и примена; састављање једначина реакција сагоревања.
8.	обрада	<b>Адиција. Полимери</b> - реакције адиције и полимеризације; састављање једначина реакције хидрогенације алкена и алкина; делимична и потпуна адиција; принцип добијања полимерних (пластичних) материјала; повезивање својстава алкена и алкина и производа насталих адицијом и полимеризацијом са њиховом практичном применом.
9.	утврђивање	<b>Незасићени угљоводоници</b>
10.	обрада	<b>Ароматични угљоводоници. Бензен</b> - својства ароматичних угљоводоника, разлика у односу на незасићене угљоводонике; бензенов прстен; примена ароматичних угљоводоника; мере опреза при раду са бенzenом.
11.	обрада	<b>Нафта, земни гас и угаљ</b> - нафта, земни гас и угаљ као извори једињења угљеника, порекло, састав и примена; принцип прераде нафте (одвајање састојака сличних физичких и хемијских својстава), деривати нафте и њихова примена; штетне последице примене фосилних горива и мере заштите.
12.	утврђивање	Једињења угљеника као извори енергије
13.	утврђивање	Угљоводоници

**Табела 7. План реализације наставних садржаја у оквиру наставне теме Орџанска једињења са кисеоником**

Број часа	Тип часа	Наставне јединице
1.	обрада	<b>Алкохоли</b> - функционална група алкохола; подела алкохола према броју -ОН група; подела алкохола на примарне, секундарне и терцијарне; веза између физичких својстава алкохола и њихове функционалне групе; именовање алкохола и писање формула представника моно- и полихидрокилних алкохола; примери и практична примена алкохола у свакодневном животу и у индустрији.

2.	обрада	<b>Етанол. Глицерол</b> – добијање етанола, основна физичка и хемијска својства етанола и глицерола; састављање једначина реакција сагоревања и дехидратације етанола; практична примена етанола и глицерола; злоупотреба алкохола - алкохолизам.
3.	утврђивање	Алкохоли
4.	обрада	<b>Алдеhide и кетони</b> - функционална група карбонилних једињења; разлика између алдеhideа и кетона; називи и формуле представника алдеhideа и кетона; добијање алдеhideа и кетона оксидацијом примарних и секундарних алкохола; примери и практична примена алдеhideа и кетона у свакодневном животу.
5.	обрада	<b>Карбоксилне киселине</b> - функционална група; називи и формуле представника карбоксилних киселина; веза између функционалне групе и својстава карбоксилних киселина; поређење са својствима неорганских киселина (дисоцијација, реакција са металима, реакције неутрализације); примери и практична примена карбоксилних киселина у свакодневном животу и у индустрији.
6.	обрада	<b>Етанска киселина. Више масне киселине</b> - добијање и својства етанске киселине; састављање једначине реакције етанске киселине са металима и реакције неутрализације; генетска веза између алкохола и карбоксилних киселина; сирће, есенција; засићене и незасићене више масне киселине (палмитинска, стеаринска и олеинска киселина) и њихова својства.
7.	утврђивање	Карбонилна једињења и карбоксилне киселине
8.	обрада	<b>Естри. Етилetanoат</b> - добијање естара – реакције естерификације; физичка својства естара, именовање и примена.
9.	вежба	<b>Испитивање својстава органских једињења са кисеоником</b>
10.	утврђивање	Органска једињења са кисеоником

**Табела 8. План реализације наставних садржаја у оквиру наставне теме *Биолошки важна орғанска једињења***

Број часа	тип часа	Наставне јединице
1.	обрада	<b>Масти и уља, сапуни и детерџенти</b> - биолошки важна органска једињења; масти и уља као смеше супстанци сличних физичких својстава, структура триацилглицерола као најважнијих састојака масти и уља, основна хемијска својства (хидрогенизација и сапонификација) масти и уља (триацилглицерола); сапуни, састав и својства сапуна и детерџената; улога масти и уља у живим системима, заступљеност масти и уља у намирницама; витамини растворни у мастима као пратиоци масти и уља
2.	вежба	Испитивање физичких и хемијских својстава масти и уља
3.	утврђивање	Масти и уља
4.	обрада	<b>Угљени хидрати – подела и опште карактеристике</b> - подела угљених хидрата и основна физичка својства угљених хидрата; реакција хидролизе угљених хидрата; улога угљених хидрата у живим системима.
5.	обрада	<b>Моносахариди – глюкоза и фруктоза</b> - добијање угљених хидрата – реакција фотосинтезе; функционалне групе моносахарида; подела моносахарида према врсти карбонилне групе и према броју угљеникових атома; основна својства глюкозе и фруктозе; сличности и разлике у структури глюкозе и фруктозе; практична примена глюкозе и фруктозе; значај моносахарида у исхрани; заступљеност моносахарида у намирницама, инвертни шећер.
6.	утврђивање	Моносахариди
7.	обрада	<b>Дисахариди – сахароза и лактоза</b> - структура и производи хидролизе сахарозе и лактозе; основна својства и примена сахарозе и лактозе; значај сахарозе и лактозе у исхрани, заступљеност сахарозе и лактозе у намирницама; разлика између сахарозе и инвертног шећера.
8.	обрада	<b>Полисахариди – скроб и целулоза</b> – сличности и разлике у структури скроба и целулозе; хидролиза скроба и целулозе; основна физичка својства скроба и целулозе; заступљеност скроба и целулозе у природи; практична примена скроба и целулозе, памук, хартија; улога скроба и целулозе у биљкама, нутритивна вредност скроба и целулозе; заступљеност скроба у намирницама, доказивање скроба у намирницама – јодни тест.
9.	вежба	Растворљивост угљених хидрата. Доказивање скроба
10.	утврђивање	Масти и уља, угљени хидрати
11.	обрада	<b>Аминокиселине, глицин. Протеини</b> - функционалне групе аминокиселина; структура глицина, структура протеина; основна физичка и хемијска својства протеина; улога протеина и аминокиселина у живим системима; заступљеност аминокиселина и протеина у намирницама.
12.	утврђивање	Аминокиселине, протеини
13.	систематизација	Биолошки важна органска једињења

## ЗАКЉУЧАК

У чланку је предложен распоред наставних јединица у оквиру тема у измењеном наставном програму за осми разред. Наравно, могуће је и другачије распоредити садржај. Наставник има ту обавезу да према могућностима ученика да науче одређено градиво, према условима које има у школи, мења распоред, укључује или изоставља поједине садржаје, предложене за конкретне часове.

Битно је да по завршетку основне школе ученици повезују структуру супстанци, њихова својства,

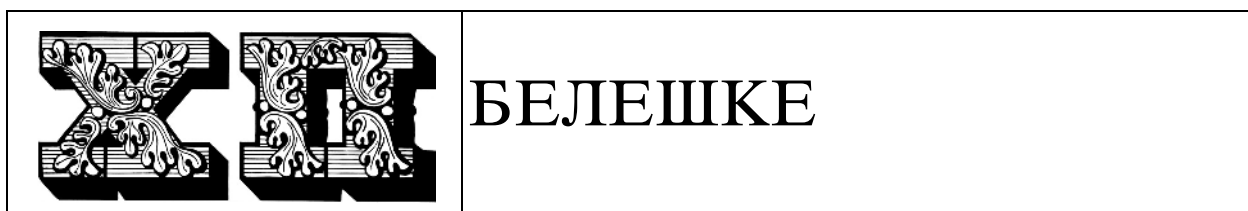
промене којима подлежу, и на томе засноване видове практичне примене.

Abstract

THE PLAN OF THE CHEMISTRY CLASSES REALISATION IN THE 8<sup>TH</sup> GRADE

Mirjana Marković, Miomir Randelović, Vladimir Vukotić, Dragica Trivić

This paper presents the plan of the realization of chemistry teaching contents in the 8<sup>th</sup> grade of primary school. The sequence of teaching units and its contents are presented.



## ДРАГУТИН М. ДРАЖИЋ је отишао у своју другу пензију. У периоду од 1986. до 2006. године био је Уредник 21 волумена *Journal of the Serbian Chemical Society (1986-2006)*

У нешто више од седам деценија дугој историји првог и јединог хемијског научног часописа у Србији, који је раније излазио под називом **Гласник хемијског друштва Београд** а сада под називом **Journal of the Serbian Chemical Society**, који је званични часопис Српског хемијског друштва, уреднике часописа Друштво је бирало међу угледним српским хемичарима. Тако је на чело Редакције часописа до сада бирано осам уредника према следећем хронолошком редоследу: по оснивању часописа 1930 године први уредник био је Н. А. Пушкин који је био на челу Редакције 17 година (1930-1947), затим је А. М. Леко уређивао часопис 6 година (1948-1954), П. С. Тутунџић 6 година (1955-1961), М. К. Младеновић 2 године (1962-1964), Ђ. Димитријевић 4 године (1965-1968), А. Р. Деспић 6 година (1969-1975), С. В. Рибникар 10 година (1975-1985), док је осми уредник био је **Драгутин М. Дражић који је уређивао је часопис 21 годину (1986-2006)**.

Академик Драгутин Дражић је, дакле, више од две деценије био уредник и предводио Редакцију *Journal of the Serbian Chemical Society*, што је временски знатно више него било који од његових претходника. Међутим, његов допринос вредностима и научном угледу часописа не огледа се само у дужини едиторског стажа већ се сагледава кроз осавремењавање и трансформацију часописа који је, захваљујући Дражићу својственој систематичности, умешности и упорности, од скромног националног часописа постао препознатљив научни часопис интернационалног значаја чији се научни утицај стално ширио а углед повећавао.

Драгутин Дражић је изабран за уредника баш у оно време када је часопис мењао име, језик и научне

критеријуме. Са преузимањем едиторског пера Драгутиун Дражић је предводио Редакцију чија је политика била да научне резултате хемичара Србије учини доступним ширим научним круговима и ван наше земље, па је часопис публиковао научне радове само на енглеском језику и то као прегледне и монографске радове, тако и оригиналне научне радове и кратка научна саопштења. Ово је омогућило регистровање научних резултата, публикованих у овом часопису, у свим најважнијим секундарним и реферативним литаратурним светским публикацијама, као што су Chemical Abstracts, Science Citation Index, Current Contents и др. Професор Дражић је са поносом истицао повећање угледа и научног утицаја часописа који уређује. Пред крај његовог уредничког мандата часопис је достигао фактор утицаја од 0.45% у светским размерама.

Драгутин Дражић, не само да је интернационализовао часопис него га је у свим елементима приближио светским стандардима и критеријумима. Конститuisао је интернационални Едиторски одбор и ангажовао је иностране рецензенте. Обрада пристиглих рукописа научних радова, прегледи и рецензије, подигнути су на највиши ниво, иако је радио у скромним условима и са мало сарадника. Динамика и уредност у излагању часописа достигла је врхунски ниво и са поносом је наглашавао да свака свеска часописа излази у месецу за који је номинована, што су тада постизали само врхунски светски часописи. Рецензије рукописа научних радова поверавао је најавторитативнијим домаћим научницима у појединим научним областима.

Тематским свескама, посвећених неким актуелним научним областима и угледним научницима,

придавао је посебан значај и за њих бирао гост-уредника и позивао већи број научника из иностранства да публикују своје радове у српском часопису, што је значајно доприносило угледу часописа. Систематски се залагао да се публикује што више научних радова иностраних аутора а нова политика и облик часописа привукли су и бројне иностране аторе. Тако је велики број научника, из разних земаља, своје научне радове публикувао у *Journal of the Serbian Chemical Society*. Са великом пажњом уређивао је и посебне свеске часописа посвећене како јубиларним годинама Српског хемијског друштва тако и самог часописа.

И поред огромних тешкоћа материјалне природе са којима се сукобљавало Српско хемијско друштво као издавач часописа, Драгутин Дражић је деценијама улагао огромне напоре да се обезбеде средства за публикавање и дистрибуцију часописа. Проналазио је разне институције и привредне организације које су својим донацијама омогућавале редовно излажење часописа. Својим ауторитетом, доследношћу и амбицијама успевао је да значај часописа постави у сам центар делатности Српског хемијског друштва што је допринело да *Journal of the Serbian Chemical Society* постане и остане један од водећих и најуспешнијих научних часописа у Србији-

О делатности Драгуйићина Дражића као професора Технолошко-металуршког факултета, као научника у Институту за електрохемију ИХТМ-а и као академика у Српској академији наука и уметности постоје бројни биографски и библиографски детаљни прикази и сепарати о његовом научном стваралаштву а овде ће бити наведене само неке његове активности у Српском хемијском друштву. У коме је стасавао и као научник и као професор. Његове активности у Друштву дуже су од пет деценија, и у том периоду прихватио се свих обавеза и обаљао је разне дужности. Као млад инжењер технологије и члан Друштва прво је биран за благајника Друштва, за-

тим за секретара, подпредседника и коначно председника Друштва. За своју тако дуготрајну оданост изабран је за Почасног председника Друштва. Све ове обавезе и дужности у Друштву обављао је волонтерски али беспрекорно коректно и професионално одговорно.

Међутим, најзначајнија и најутицајнија делатност академика Драгуйићина Дражића у Српском хемијском друштву јесте 21-годишње (1986-2006) уређивање *Journal of the Serbian Chemical Society*, који је у том периоду припремио и уредио 21 волумен (51-71), односно годиште и у том опсегу сложио је око 250 свезака часописа. У периоду од 21 године прегледао је више од 2. 279 рукописа научних радова, колико их је публикувано за време његовог уредничког стажа. А то је око 20. 000 страна штампаног научног текста. Неколико следећих статистичких података најсликовитије говори о доприносу уредника Драгуйићина Дражића унапређењу и осавремењивању часопису који је уређивао: *Journal of the Serbian Chemical Society*.

Година	Волумен	Број научних радова	Број страна
1986	51	76	642
1990	55	106	774
1995	60	145	1200
2000	65	109	990
2005	70	156	1570

То су импозантни подаци који говоре о доприносима Уредника Драгуйићина Дражића часопису који су се могли исказати бројевима али је исто толико и оних који се не могу представити бројевима а то је његова стална и домаћинска брига како за »свој« часопис тако и за Друштво у целини. Зато Драгутина Дражића сматрам утемељивачем модерног научног часописа из хемије и његовим почасним уредником, за каквог је изабран на годишњој конференцији СХД, јануара 2007. године.

**Живорад Чековић**



## ВЕСТИ ИЗ СХД

Ученици ОШ «Миодраг Чајетинац Чајка» из Трстеника постигли су изузетне резултате на Републичком такмичењу из српског језика и хемије

### УСПЕШАН СПОЈ ХЕМИЈЕ И СРПСКОГ ЈЕЗИКА

Таленат, много рада, упорности и интересовања слили су се у врхунске резултате три ученика ОШ

«Миодраг Чајетинац Чајка» на Републичким такмичењима из српског језика и хемије.

Различити предмети успешно су повезали ученике и спонтано се, и у припремама и резултатима формирао ТИМ КОЈИ ПОБЕЂУЈЕ. Тим који је пронео име Чајкине школе и града Трстеника.

А цела прича има више сегмената.

1. На 17. Републичком такмичењу из српског језика и језичке културе, одржаном 19. маја у Тршићу-

символу писмености и изворне духовности нашег народа, трстеничке ученице оствариле су врхунске резултате.

Александра Илић, ученица седмог разреда освојила је I место, а Љубица Трошић, такође ученица седмог разреда освојила је IV место. Ученице је припремала предметна наставница, професорка српског језика Душанка Пештерац.

- Конкуренција је била јака и бројна, (63 ученика седмог разреда из свих крајева наше земље), а тест захтеван и занимљив-процењују Александра и Љубица.

Иначе, у Чајкиној школи се годинама уназад остварују бројни и највиши пласмани на свим нивоима такмичења из српског језика и језичке културе.

2. Само недељу дана касније, од 25 -27. маја у селу Бошњаци, општина Лебане, на 43. Републичком такмичењу из хемије, трстенички ученици су опет заблистали својим резултатима.

У категорији *Иисус и исцрпљивачки рад, седми разред*, ученица Александра Илић, освојила је прво место, у истој категорији, али у осмом разреду, ученик Вељко Живковић, освојио је друго место. На овом такмичењу успешно је учествовала и Љубица Трошић, ученица седмог разреда, остваривши пласман међу првих десет.

Ученике је припремао предметни наставник Василије Планић, који годинама уназад осваја са својим

ученицима, највише резултате на Републичким такмичењима. Наставник Планић је иначе и добитник медаље Српског хемијског друштва за популаризацију хемије међу младима.

На такмичењу у Бошњацима учествовало је 110 ученика/ распоређених у три категорије/, а организација оба такмичења заслужује све похвале.

3. Као важан део целе ове приче ТИМА КОЈИ ПОБЕЂУЈЕ, треба истаћи да иза ових врхунских резултата, или можда испред, стоји много тимског рада, вежби, анализа, припрема, упорности, као и освајање свих претходних нивоа такмичења. Али, и много дружења, смеха, шала, позитивне енергије. . .

Уз хемијске задатке и језичке проблеме решавало се још понешто: добра организација времена, поштовање договора, узајамна толеранција. . . Уз резултате биће то чврста основа за даљи рад и лепе успомене из основне школе.

4. И на крају, Трстеник је мали град, али има велике потенцијале. То су млади људи који га на прави начин, знањем и резултатима репрезентују на највишим нивоима. Међу њима су Александра, Љубица, Вељко. . . Ученички ТИМ ЧАЈКИНЕ ШКОЛЕ који је највишим резултатима успешно повезао два различита предмета и пронео име свога града.

**Душанка Пештерац,**  
професорка српског језика



## IN MEMORIAM

Умро је мр Тома Николић, професор, члан, Хемијског друштва Војводине у Новом Саду и Српског хемијског друштва у Београду, подружнице друштва у Зрењанину, чији је мр Тома Николић био скоро 50 година члан.

Мр Томислав Николић рођен је 11. 06. 1933 године у Суботинцу, код Алексинца. Након завршене гимназије дипломирао је 1960 године на Природно-математичком факултету у Београду, да би, 1966. године одбранио и свој магистарски рад. Током свог радног века био је просветни инспектор, радио је као професор на Вишој педагошкој школи у Зрењанину, затим у Технолошко-пољопривредном институту у Зрењанину. Био је цењен и запажен као стручњак, врстан педагог и праведан инспектор. Био је предан свом послу а студенти су га поштовали и волели. Његов посебан допринос био је његов предани и дугогодишњи рад у Српском хемијском друштву.

Од члана извршног одбора Подружнице у Зрењанину 1969 године, прошао је многе функције у друштву: 1978 године изабран је за Члана Управног одбора СХД у Београду, док је 1985. године изабран је за члана Председништва Хемијског друштва Војводине у Новом Саду. У Подружници у Зрењанину, био је секретар а потом и Председник.

За свој самопрегоран, ентузијастички и успешан рад у друштву награђиван је бројним признањима:

. 1984 године проглашен је за заслужног члана Хемијског друштва Војводине

. 1987 године проглашен је за заслужног члана СХД у Београду

. 1987 године проглашен је за Почасног члана Хемијског друштва Зрењанин.

**Чланови подружнице у Зрењанину**