

# **ХЕМИЈСКИ ПРЕГЛЕД**

год. 57

бр. 2 (април)

YU ISSN04406826

UDC 54.011.93

# ХЕМИЈСКИ ПРЕГЛЕД CHEMICAL REVIEW



Годиште 57

број 2  
април

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

Volume 57  
NUMBER 2  
(April)

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, Бранко Дракулић, Јелена Радосављевић,  
Наталија Половић и Воин Петровић

УРЕЂИВАЧКИ ОДБОР

Иван Гутман, Снежана Зарић, Јован Јовановић, Славко  
Кеврешан, Драган Марковић, Владимир Павловић,  
Радомир Саичић, Живорад Чековић (председник).

Годишња чланарина, укључује часопис „Хемијски преглед”,  
за 2016. годину износи:

- за све запослене ..... 1.800,00  
- за професоре у основним и средњим школама..... 1.000,00  
- за пензионере, студенте, ђаке и незапослене..... 800,00  
- претплата за школе и остале институције..... 3.500,00  
- за чланове и институције из иностранства. .... € 50

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

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

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

Штампа: РИЦ графичког инжењерства Технолошко-  
металуршког факултета Београд, Карнегијева 4

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

## САДРЖАЈ

### ЧЛАНЦИ

Видак РАИЧЕВИЋ, Љиљана ЈОВАНОВИЋ  
*Vidak RAIČEVIĆ, Ljiljana JOVANOVIĆ*  
ЛЕ ШАТЕЉЕОВ ПРИНЦИП И ЊЕГОВА ОСПОРАВАЊА:  
ВАЛИДНОСТ И АДЕКВАТНОСТ ПРИМЕНЕ У ОБРАЗОВАЊУ  
*THE LE CHATELIER PRINCIPLE AND ITS IMPUGNMENTS:  
VALIDITY AND APPLICATION ADEQUACY IN EDUCATION*... 30

Ерне Е. КИШ, Горан Ц. БОШКОВИЋ, Ференц Е. КИШ  
*Ernő E. KISS, Goran C. BOŠKOVIĆ, Ferenc E. KISS*  
КАКО ДАЉЕ СА УГЉЕН-ДИОКСИДОМ? - ПЕРСПЕКТИВЕ У  
КАТАЛИЗИ  
*HOW FURTHER WITH CARBON DIOXIDE? - PERSPECTIVES IN  
CATALYSIS* ..... 37

### ВЕСТИ из/за ШКОЛЕ

Драгица ТРИВИЋ, Весна МИЛАНОВИЋ, Александар  
ЂОРЂЕВИЋ, Предраг БУКАРА  
*Dragica TRIVIĆ, Vesna MILANOVIĆ, Aleksandar ĐORĐEVIĆ,  
Predrag BUKARA*  
НЕКА ВИЂЕЊА ОСМАКА, НАЈБОЉИХ У ХЕМИЈИ 2014/2015.  
ГОДИНЕ, И ВИЂЕЊА ЊИХОВИХ НАСТАВНИКА  
*THE VIEWS OF THE BEST EIGHTH GRADERS IN CHEMISTRY  
DOMAIN IN 2014/2015. AND THE VIEWS  
OF THEIR TEACHERS* ..... 45

ВЕСТИ ИЗ СХД  
ИЗВЕШТАЈ О РАДУ СРПСКОГ ХЕМИЈСКОГ ДРУШТВА  
У 2015. ГОДИНИ ..... 49

IN MEMORIAM  
ЏОН Х. БАЈНОН (JOHN H. BEYNON, F.R.S.) ..... 55



## УВОДНИК

Овај Уводник почињем темом која је актуелна неколико последњих месеци, а о којој сам писао и у последња два уводника: у редакцију *Хемијској иреџеда не пристиже довољно ваших радова*. У времену у ком живимо, у коме је постало правило да нико ништа ни за кога не уради а да не очекује за узврат неку директну корист, разлог је, највероватније, мала заинтересованост аутора да пишу чланке који им се "неће бодовати значајним бодовима" од стране Министарства просвете и науке. Нека ово буде мој још један апел ауторима да нам шаљу радове, пошто само тако можемо да придобијемо младе. *Хемијски иреџед* је јако добра дугорочна инвестиција за будућност хемије, да се кроз популаризацију наше науке створи основ за будућност хемије кроз привлачење и придобијање младих.

\* \* \*

Један од таквих (придобијених) младих је и **Видак Раичевић**, студент хемије који је, са својим ментором **Љиљаном Јовановић** (обоје са Природно-математичког факултета, Нови Сад), написао за нас сјајан чланак под насловом "*Ле Шателјеов принцип и његова осјоравња: валидноси и адекватности примене у образовању*". Анри Луј Ле Шателје био је значајан француски хемичар и инжењер, школовао се на париској Политехничкој школи, а касније и на Сорбони. На Колеж д Франсу изабран је за професора неорганске хемије, да би потом на Сорбони добио је место професора опште хемије. 1907. је изабран за члана Француске академије наука. Значајни су његови доприноси термодинамици и општој хемији.

Оно по чему је свакако највише остао упамћен је Ле Шателјеов принцип, данас универзално присутан у хемијском образовању – вероватно се сваки читалац овог рада у више наврата сусрео са њим током својег школовања. Идеју за писање овог чланка добио је **Видак Раичевић** решавајући задатак из треће етапе Сврбуске хемијске олимпијаде 2011. године под називом „Да ли је нарушен Ле Шателјеов принцип?“ у којем се, применом основних закона хемијске равнотеже на реакцију синтезе амонијака, долази до (не)очекиваног резултата. Имајући ово у виду пажњу аутора овог рада привукло неколико радова новијег датума у којима се разматра феномен који се описује као изузетак од Ле Шателјеовог принципа. У вези са оваквим радовима је и неколицина других који се врло критички односе према примени Ле Шателјеовог принципа у настави. Дакле, логично је поставити питање да ли је Ле Шателјеов принцип општеважећи научни принцип и да ли је неопходно преиспитивање његове примене у настави хемије? Најбоље разумевање ове теме, а тиме и стицање могућности да се адекватно одговори на претходна питања, може се постићи историјском ретроспективом релевантних објављених радова.

\* \* \*

У другом чланку у овом броју **Ерне Е. Киш**, **Горан Ц. Бошковић**, **Ференц Е. Киш** (са Технолошког факултета Универзитета у Новом Саду) разматрали су немали проблем човечанства "*Како даље са угљен-диоксидам? - иерсијективне у катализи*", пошто се пораст количине угљен-диоксида антропогеног порекла у атмосфери процењује на 3,9% годишње, што данас у маси чини око 36,7 гигатона, (36,7·10<sup>9</sup> тона) на годишњем нивоу.

Промена климатских услова представља највећи изазов данашњице. Од гасова који изазивају ефекат стаклене баште свакако су најважнији угљен-диоксид, азот-субоксид, метан, хлоро-флуоро-угљеници и перфлуоро-угљеници. У овом раду аутори су посветили пажњу једино угљен-диок-

сиду и то из више разлога. Први је да је његов потенцијал у односу на глобално загревање мањи од осталих гасова. Друго, с обзиром да се највећи део угљен-диоксида произведе у три привредна сектора: производњи електричне енергије и топлоте, саобраћају и индустрији (85% од укупно емитованог CO<sub>2</sub>), а ови су традиционално оријетисани на фосилна горива, замена фосилних горива обновљивим изворима енергије и биогоривима најбржи је пут ка успоравању климатских промена. И коначно, а можда прво по важности, угљен-диоксид је могуће посматрати као користан отпадни гас, јер, у принципу, он може представљати сировину за потребе хемијске индустрије. Из овог разлога, у тексту је безбедном депоновању угљен-диоксида посвећено само мало простора, а нагласак је стављен на његову прераду у хемијске производе и горива. Аутори се позивју и на нобеловца Г.А. Олаха да ће се угљендиоксид у будућности од штетног гаса који изазива ефекат стаклене баште (и тако доприноси глобалном загревању), хемијским путем трансформисати у вредан, обновљив и неисцрпни извор угљеника, што ће омогућити примену горива и производа у неутралном кружном циклусу угљеника.

\* \* \*

У рубрици *Хемија из/за школе* аутори **Драгица Тривић**, **Весна Милановић**, **Александар Борђевић** и **Предраг Букара** (Хемијски факултет - Универзитет у Београду) испитивали су нека мишљења и виђења најбољих ђака основних школа из хемије у Србији. Наиме, током претходне две школске године након општинског, окружног и републичког такмичења из хемије за ученике основних школа, најбољи осмаци имали су додатну прилику да испитају своје знање решавањем проблема у оквиру Српске хемијске олимпијаде (СХО). Био је то двогодишњи пробни додатни ниво такмичења, чије се даље организовање за ученике основних школа не планира. У чланку под насловом "*Нека виђења осмака, најбољих у хемији 2014/2015. године, и виђења њихових наставника*" аутори су желели да поделе са читаоцима шта су им рекли најбољи ученици осмог разреда и њихови наставници током друге по реду Српске хемијске олимпијаде, одржане 31. маја 2015. године, у организацији Српског хемијског друштва, Нафтне индустрије Србије, Министарства просвете, науке и технолошког развоја и Хемијског факултета Универзитета у Београду. Има интересантних углава гледања.

\* \* \*

На Годишњој скупштини СХД која је одржана 24. марта 2016. поднет је Годишњи извештај о раду друштва у 2015. години. Извештај је поднела **Рада Баошић**, секретар СХД. Како би овај извештај био доступан сваком члану СХД, преносимо га у целини у рубрици *Вести из СХД*.

У рубрици *In memoriam Хемијски иреџед* доноси текст о **Џону Х. Бајнону**, почасном члану СХД из иностранства, који је преминуо током 2015. године.

\* \* \*

На унутрашњој задњој корици овог броја *Хемијској иреџеда* објављујемо програм овогодишњих Априлских дана, који ће бити одржани 26. и 27. априла 2016. Надамо се да ће ово бити лепа прилика да учесници скупа унапреде своја знања из хемије, размене искуства са колегама, али и нађу времена за дружења која су веома важан део свих стручних скупова. Позивамо све заинтересоване да узму учешће у овој веома важној годишњој активности Српског хемијског друштва.

Ратко М. Јанков



## ЧЛАНЦИ



Видак РАИЧЕВИЋ, студент хемије Природно-математичког факултета, Нови Сад, [dh.vidak.raicevic@student.pmf.uns.ac.rs](mailto:dh.vidak.raicevic@student.pmf.uns.ac.rs)

Љиљана ЈОВАНОВИЋ, Природно-математички факултет, Нови Сад, [ljiljana.jovanovic@dh.uns.ac.rs](mailto:ljiljana.jovanovic@dh.uns.ac.rs)

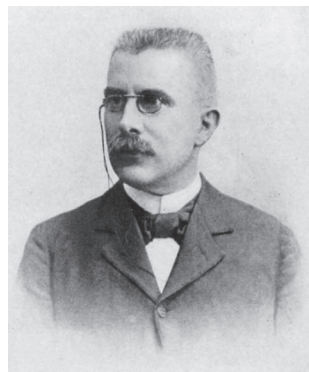
### ЛЕ ШАТЕЉЕОВ ПРИНЦИП И ЊЕГОВА ОСПОРАВАЊА: ВАЛИДНОСТ И АДЕКВАТНОСТ ПРИМЕНЕ У ОБРАЗОВАЊУ

*Идеју за овај чланак добио је В. Р. решавајући задатак ипреће ешаје Сверуске хемијске олимпијаде 2011. године под називом „Да ли је нарушен Ле Шатељеов принцип?” [1] у којем се, применом основних закона хемијске равнотеже на реакцију синтeze амонијака, долази до (не)очекиване резултата.*

#### 1. ЛЕ ШАТЕЉЕ И ЊЕГОВО ДЕЛО

Анри Луј Ле Шатеље (Henry Louis Le Châtelier) био је значајан француски хемичар и инжењер. Рођен је 1850. у Паризу, школовао се на париској Политехничкој школи, а касније и на Сорбони. Врло значајну помоћ током младости имао је од свог оца Луја, инжењера и генералног инспектора француских рудника. Титулу доктора физичких и хемијских наука добио је 1887, када је већ постао професор на институцијама у којима се и школовао. На Колеж д Франсу изабран је за професора неорганске хемије, а 1907. на Сорбони добио је место професора опште хемије. Исте године изабран је и за члана Француске академије наука. Значајни су његови доприноси термодинамици и општој хемији, у које спадају тзв. Ле Шатељеов принцип, феномени везани за алотропију, дисоцијацију, сагоревање гасовитих смеша, а умало му је пошло за руком да претекне Фрица Хабера (Fritz Haber) у синтези амонијака из елемената. Међутим, његов научни рад обухватао је и поља металургије и керамике, па је једно краће време чак радио као инжењер консултант у компанији Лафарж која се и данас бави производњом цемента. Пензионисан је 1925, а највиши орден Легије части додељен му је 1927. године. Био је носилац многобројних француских и иностраних признања. Умро је 1936. године [2].

Оно по чему је свакако највише остао упамћен је Ле Шатељеов принцип, данас универзално присутан у хемијском образовању – вероватно се сваки читалац овог рада у више наврата сусрео са њим током својег школовања. Имајући ово у виду, није чудно да је пажњу аутора овог рада привукло неколико радова



Слика 1: Анри Луј Ле Шатеље (1850–1936)

новијег датума објављених у америчком Журналу хемијског образовања (Journal of Chemical Education) [3–5], а у којима се разматра феномен који се описује као изузетак од Ле Шатељеовог принципа. У вези са оваквим радовима је и неколицина других који се врло критички односе према примени Ле Шатељеовог принципа у настави [6–8]. Дакле, сасвим је логично поставити питање да ли је Ле Шатељеов принцип општеважећи научни принцип и да ли је неопходно преиспитивање његове примене у настави хемије. Најбоље разумевање ове теме, а тиме и стицање могућности да се адекватно одговори на претходна питања, може се постићи историјском ретроспективом релевантних објављених радова и систематичном анализом изнетих аргумената. Овај чланак садржи преглед критичких радова објављених на тему примене Ле Шатељеовог принципа у науци и образовању, са аргументима *pro et contra*, уз сугестије за његову интерпретацију у хемијском образовању.

#### 2. РАЗВОЈ ФОРМУЛИСАЊА ЛЕ ШАТЕЉЕОВОГ ПРИНЦИПА

Ле Шатеље формулисао је прву верзију онога што је постало познато као Ле Шатељеов принцип 1884. године [9] (потпун текст је дат у табели 1) као даљу гене-

рализацију експерименталних закона које је махом претходно утврдио холандски хемичар Јакобус Хенрикус вант Хоф (Jacobus Henricus van 't Hoff) [10]. Нарочито важна законитост за Ле Шателеа коју је установио Вант Хоф био је „принцип мобилне равнотеже” (фр. principe de l'équilibre mobile) којим је објашњена зависност константе равнотеже од температуре [10]. Тај концепт данас је углавном познат у облику две једначине: Вант Хофова реакциона изобара и изохора. За разлику од Вант Хофа, Ле Шателе није изнео никакав математички поступак којим би до принципа дошао, већ је навео читав низ већ познатих феномена, како хемијских тако и физичких, за које је тврдио да су у савршеном складу са изнетим принципом [9].

Три године касније, немачки физичар и будући нобеловац Фердинанд Браун (Ferdinand Braun) објавио је рад у коме је описивао зависност растворљивости неких соли од притиска [11]. У жељи за генерализацијом добијених резултата сачинио је правило врло слично Ле Шателеовом, за које је годину дана касније понудио доказ [12], такође признајући да није био свестан претходног рада Ле Шателеа. Управо из ових разлога у старијој литератури могуће је срести поменути принцип под називом Ле Шателе-Браунов или чак Вант Хоф-Ле Шателе-Браунов.

У веома исцрпном раду објављеном 1888. године, Ле Шателе објашњава претходно изнети принцип, овог пута у скраћенијој и општијој форми у поглављу које је насловио „Закон одупирања реакције акцији” (фр. Loi d'opposition de la réaction à l'action) [13] (потпуно текст је дат у табели 1). Он такође наводи да је ова законитост врло једноставна, те да је заснована на експерименталним подацима и може се сматрати врло ригорозном с обзиром на то да важи у свим разматраним случајевима.

**Табела 1: Изворне формулације Ле Шателеовог принципа**

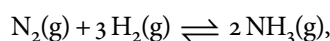
1884	Сваки систем који се налази у хемијској равнотежи, а који је подвргнут дејству спољашње силе која тежи да промени или његову температуру или његову кондензацију (притисак, концентрација, број молекула у јединици запремине) у потпуности или у неким његовим деловима, може подлећи само оним унутрашњим променама које би, када би се јавиле саме, произвеле промену температуре или кондензације са знаком који је супротан оном од спољашње силе [9].
1888	Сваки систем који се налази у хемијској равнотежи ће, услед мењања само једног фактора равнотеже, искусити промену у таквом смеру да, када би се та промена десила сама, изазвала би промену тог фактора супротног знака [13].

Један од првих радова који је истакао потешкоће у вези са применом Ле Шателеовог принципа објавио је Паул Еренфест (Paul Ehrenfest) 1909. на руском [14], а затим 1911. на немачком језику [15]. Он је термодинамичким третманом неколико примера (који нису хемијске природе) показао како се некад дешава апсолутна супротност од онога што предвиђа претходно изнет Ле Шателеов принцип. Наиме, показало се да

није свеједно да ли се прати интензивна или екстензивна променљива посматраног система, чиме је Еренфест указао да је тадашња верзија Ле Шателеовог принципа двозначна и недовољно егзактна. Штавише, он је изнео и неке мањкавости које је пронашао у доказу принципа који је претходно изнео Браун.

Ипак, у неке уџбенике из тог доба уврштен је Ле Шателеов принцип [16–18], а један од њих био је уџбеник опште хемије Валтера Нернста (Walther Nernst) издат 1922. године. Примера ради, начин на који је Ле Шателеов принцип формулисан у једном енглеском уџбенику оног времена је следећи: „Ако се промени фактор који одређује равнотежу неког система, тај систем тежи да се промени тако, да се одупре и делимично поништи промену самог фактора”, што много више подсећа на формулације које се налазе у данашњим уџбеницима него на изворне верзије принципа.

Године 1933. холандски хемичар Кес Постхумус (Kees Posthumus) објавио је са хемијског аспекта врло занимљив и детаљан рад у вези са Ле Шателеовим принципом [19]. Иако је показао да су код хомогених хемијских равнотежа варијације температуре и притиска у складу са предвиђањима Ле Шателеа, тврдио је да је пронашао случај када варијација количине једне компоненте равнотежног система не доводи до онаквих квалитативних предвиђања каква следе из Ле Шателеовог принципа. Помоћу термодинамичке релације коју је извео указао је на то, да ако се равнотежама попут  $A + 3 B \rightleftharpoons C + D$  или  $A + 2 B \rightleftharpoons C$  дода нова количина  $A$  (при константом притиску и температури), равнотежа ће се заправо померити у смеру настајања више молекула  $A$  под условом да је претходно молски удео компоненте  $A$  био већи од 50%. Другим речима, уместо да настане већа количина производа  $C$  и  $D$ , нешто производа се распада стварајући још више молекула  $A$ . Исто је важило и за равнотеже типа  $A + 3 B \rightleftharpoons 2 C$ , па је Постхумус као конкретан пример даље разматрао равнотежу синтезе амонијака,



где је за азот важило исто што и за реактант  $A$  у претходним општим равнотежама. Ово је урадио помоћу графичке методе коју је раније развио за представљање трокомпонентних хомогених хемијских равнотежа [20, 21], и дошао је до истог закључка. Постхумус коначно тврди да у оваквим случајевима Ле Шателеов принцип доводи до погрешног резултата, као и да је важно разумети овај феномен због економског аспекта припреме неких супстанци, јер у овом случају додаток најјефтиније компоненте (азота) смањује принос уместо да га повећа.

Иако је много времена прошло од 1908. године када је последњи пут писао о принципу [22], Ле Шателе објављује кратак рад 1933. године [23], али не наводи Постхумусов рад [19]. Наиме, Ле Шателе тврди да га је метода представљања трокомпонентних система у равнотежи објављена у истом часопису нешто раније те године од стране једног другог научника, извесног

Монтања (Montagne) [24], навела на закључак да постоји иста потешкоћа примене принципа у контексту равнотеже синтезе амонијака. Иначе, Монтањева метода је готово идентична оној коју је употребио Постхумус. Важно је истаћи и да је Монтањев рад био опште представљање поменутих методе, те да се уопште није бавио Ле Шатељеовим принципом. Било како било, Ле Шатеље разматра наведени случај и показује да ће се ово десити са хемијском равнотежом система када му се дода компонента А тако да је испуњен следећи услов:

$$\frac{a\Lambda}{\alpha} > 1$$

где је  $a$  молски удео компоненте А,  $\Lambda$  разлика збира коефицијената реактанта и производа, а  $\alpha$  коефицијент компоненте А у једначини равнотеже. Очигледно, за реакцију синтезе амонијака је  $\Lambda = 2$ , а за азот је  $\alpha = 1$ , те за  $a > 0,5$  долази до померања хемијске равнотеже у смеру настајања азота приликом додатка азота. Одавде следи и да се ово не може десити са сваком хемијском равнотежом, већ се дешава само код равнотежа са одређеним вредностима стехиометријских коефицијената при одређеном саставу хемијске равнотеже.

Са друге стране, Ле Шатеље ово не сматра недостатком самог принципа, већ последицом његове непрецизне формулације. Овакво понашање је савршено у складу са начином на који је изражен принцип 1884. године, али није у складу са оним из 1888. године, тврди Ле Шатеље, додајући да су ове две верзије нееквивалентне. Нарочито се осврће на следећи пропатни коментар принципа из каснијег рада [13]: „Повећање кондензације једног од елемената произвешће промену у таквом смеру да одређена количина тог елемента нестане, што може смањити његову концентрацију<sup>а)</sup>“, и додаје да се „маса супстанце нужно не смањује, али њена кондензација се смањује“ [23]. Ле Шатеље предлаже алтернативно правило: „У хомогеној смеси која се налази у хемијској равнотежи, повећање концентрације једне супстанце узроковаће померање равнотеже у таквом смеру да реакција тежи да смањи концентрацију те исте супстанце“. Иако не нуди никакав доказ за то, Ле Шатеље се ослања на валидност овог правила које је, наводно, последица исправне формулације принципа из 1884. године.

Почетком 1934. године излази други Постхумусов чланак на тему Ле Шатељеовог принципа [25]. Он га започиње примећујући да је Монтањ дошао до идентичне методе за разматрање трокомпонентних равнотежа без да је поменуо његов претходни рад. Квантитативним третманом потпомогнутим графичком методом Постхумус показује да се концентрација азота заиста смањује када се у равнотежну смешу син-

тезе амонијака која садржи више од 50% (количинских) азота дода још азота, иако то не важи за количину која се, како је претходно показао, додатно повећава. Што се тога тиче, Ле Шатеље је био у праву. Међутим, Постхумус показује да постоји и у неком смислу супротан случај. Ако се у равнотежну смешу синтезе амонијака која садржи мање од 50% (количинских) азота дода толико азота тако да његов количински удео у тренутку пређе 50%, по успостављању равнотеже доћи ће управо до додатног повећања концентрације азота, иако се његова количина смањује јер се фаворизује реакција у којој настаје нова количина амонијака. Он је закључио да је овим показано да је ново правило за које је Ле Шатеље тврдио да је у складу са својом првобитном формулацијом ништа мање нетачно од оног које се налази у његовом каснијем раду, чиме је озбиљно довео у питање валидност принципа.



Слика 2: Кес Постхумус (1902–1972)

Чак је и великан физике Макс Планк посветио Ле Шатељеовом принципу рад 1934. године [26]. Планк дискутује неке импликације Еренфестовог рада у вези са односом интензивних и екстензивних величина и самог принципа задржавајући се искључиво на физичким примерима, а завршава рад са интересантним закључком да природа не жели да сачува равнотежу по сваку цену, већ да се каткад понаша на један, а каткад на други начин.

## 2. РАСПРАВЕ О ВАЛИДНОСТИ И ФОРМУЛАЦИЈАМА ЛЕ ШАТЕЉЕОВОГ ПРИНЦИПА

Почетком друге половине двадесетог века у уџбенику „Хемијска термодинамика“ аутори, будући нобеловац Иља Пригожин (Иља Пригожин) и Ремон Дефе (Raymond Defay), наводе да „Ле Шатељеов принцип поседује много значајних изузетака“, као и да су „многи аутори покушали да поново сроче овај принцип у потпуно општем облику; али овај облик, ако уопште постоји, мора бити врло комплексан“ [27].

Нешто касније, 1957. године, у америчком Журналу хемијског образовања објављен је рад који је био врло утицајан у даљој расправи о принципу и који је цитиран готово у сваком наредном раду који се на овај или онај начин бавио валидношћу Ле Шатељеовог

<sup>а)</sup> Треба имати у виду да Ле Шатеље и Постхумус заправо под термином „концентрација“, односно како то Постхумус каже „молекуларна концентрација“ подразумевају количински удео. Ово се може видети и из Ле Шатељеове формулације принципа из 1884. године где су „концентрација“ и „број молекула у јединици запремине“ наведени као различити појмови. Било како било, и молски удео и количинска концентрација представљају интензивне величине.

принципа [28]. Аутор рада Јозеф де Хер (Joseph de Heer) је почео од тада уобичајене удбеничке верзије Ле Шатељеовог принципа коју је обележио са I (в. табелу 2). Сматрао је да је таква форма, или било каква еквивалентна њој, врло нејасна и двозначна.

Испрва је покушао да је примени на систем гасова у хемијској равнотежи који се држи при константном притиску и чија температура порасте термостатирањем на већу температуру. Како Де Хер довитљиво примећује, буквално тумачење овакве формулације је бесмислено, јер систем који се термостатира на неку већу температуру никако не може да се „супротстави” томе. Међутим, постоји проблем и са слободнијим тумачењем. Када би равнотежни систем био замењен инертним гасовима, количина топлоте коју би систем примио од термостата износила би  $q_0$ . У конкретном случају где је успостављена хемијска равнотежа, термостатирање на већу температуру фаворизоваће одигравање ендотермне реакције, приликом чега ће систем од термостата примити количину топлоте  $q$ , за коју, наравно, важи  $q > q_0$ . Дакле, из перспективе размене топлоте, равнотежа се померила тако да је „потпомогне”, а не да јој се „одупре”. Де Хер овако врло успешно примећује, како то он сам каже, Еренфестову дихотомију интензивних и екстензивних променљивих на системе у којима постоји хемијска равнотежа, с обзиром на то да се Еренфест задржао практично на инертним гасовима и еластичним чврстим телима. Наравно, у овом случају, топлота је екстензивна променљива, док је температура интензивна променљива, а исти је однос између запремине и притиска, односно количине и концентрације.

Као комплементаран пример Де Хер узима такође систем гасова у равнотежи, али овога пута у адијабатским условима, чија запремина се повећава. У овом случају, смањење притиска је мање у односу на износ који би се добио да су у систему само инертни гасови, јер се равнотежа помера у смеру производње веће количине гасова (наравно, Де Хер овде занемарује специјални случај када је број молекула гасова са обе стране реакције једнак), тако да се уистину може рећи да се овим систем индиректно „супротставља” промени запремине. Иако Де Хер не нуди општи доказ, него демонстрацију на неколико примера, он предлаже верзију принципа којом би се отклониле све могуће двозначности, а која се састоји из два међусобно зависна дела, Па и Пб (в. табелу 2).

**Табела 2: Разматране формулације Ле Шатељеовог принципа**

I	Ако се хемијски систем у равнотежи подвргне пертурбацији (оптерећењу), равнотежа ће се померити (реакција ће се одиграти) тако да се делимично поништи пертурбација (супротстави оптерећењу) [28].
Па	Промена интензивне променљиве узрокована променом екстензивне променљиве је мања ако постоји хемијска равнотежа, него у случају где се у систему никаква реакција не може одиграти [28].

Пб	Промена екстензивне променљиве узрокована променом интензивне променљиве је већа ако постоји хемијска равнотежа, него у случају где се у систему никаква реакција не може одиграти [28].
III	Ако се оптерећење примени на неки систем у равнотежи, равнотежа ће се померити тако да се смањи ефекат оптерећења [30].
IV	Систем у равнотежи одупире се покушајима да се промени његова температура, притисак или концентрација реагујуће врсте [30].

Де Хер такође не пропушта прилику да се у истом раду осврне и на претходно поменут случај са додатком азота равнотежи синтезе амонијака, а долази до истог закључка као и Ле Шатеље у вези са условима потребним за померање равнотеже у смеру стварања још азота приликом додатка смеси нове количине азота.

Из Де Херовог рада, као и из одговора на коментар о овом раду [29], јасно је да је забринут превеликим ослањањем на Ле Шатељеов принцип као на фундаментални закон природе, јер он то, како каже Де Хер, није. Штавише, нарочито је незаснована његова метафизичка интерпретација која води његовој примени у психологији, економији, социологији, итд. За ово су, углавном, заслужне формулације Ле Шатељеовог принципа попут I, док научно недвозначне и јасне формулације попут Па и Пб чине да он изгуби сву своју „метафизичку арому”, закључује Де Хер.



**Слика 3: Јозеф де Хер (1922–2009)**

Више од деценије касније, Трептоу (Treptow) се у раду објављеном у истом часопису такође бавио општим преиспитивањем Ле Шатељеовог принципа и његове примене у хемијском образовању [30]. Он примећује да није нимало лако исправно применити принцип. Разматра формулације попут III (в. табелу 2), али долази до тога да је једнако непоуздана као I, с обзиром на то да се њена валидност и даље ослања на „исправну” идентификацију „оптерећења” и „ефеката оптерећења”, тј. асигнацију одговарајуће интензивне или екстензивне променљиве концепту пертурбације или реакције система. Трептоу још истиче, указујући на формулацију принципа из 1884. године, да је и сам Ле Шатеље у почетку вероватно мислио на промене у интензивним променљивима као „спољашњу силу”. Коначно, он предлаже употребу формулације IV, сличне по смислу формулацији Па, али довољно једноставне за наставу у средњој школи. Значајно је помену-

ти и то, да се Трептоу није бавио аномалијом равнотеже синтезе амонијака.

Иако су још неки аутори изнели своје замерке на рачун валидности и статуса Ле Шателеовог принципа као научног принципа [31–33], други радови у вези са Ле Шателеовим принципом су потпуно занемарили претходно утврђене потешкоће јер се оне нису појављивале у ситуацијама које су разматрали [34–36].

Проблем аномалије равнотеже синтезе амонијака коначно је решен 1996. године од стране три хемичара из Шведске [37]. Занимљиво је да је овом раду претходило извођење стриктне математичке форме Ле Шателеовог принципа која је објединила понашање система приликом промене интензивних и екстензивних променљивих [38]. Међутим, аутори су били свесни Постхумусових резултата и признали да се исти не могу помирити ни са новоизведеном општом математичком формулацијом принципа. Наиме, због природе извођења и употребе извода, добијена формулација важи искључиво за бесконачно мале промене. Они су, затим, представили до сада најдетаљнији термодинамички преглед ситуација приликом померања равнотеже синтезе амонијака на које је указао Постхумус, чиме су потврдили „нарушавање Ле Шателеовог принципа”. Иако аутори кажу да се Ле Шателеов принцип никада не нарушава приликом бесконачно малих промена, додају да у пракси промене никад нису бесконачно мале. Овим је доказана невалидност Ле Шателеовог принципа приликом коначних промена.

Мада је уобичајено да се приликом суштинских разматрања Ле Шателеовог принципа узима најједноставнији случај, тј. хемијска равнотежа у којој учествују идеални гасови, у радовима [4, 39] показано је да Ле Шателеов принцип такође може бити нарушен ако се реагујући гасови посматрају помоћу неког модела реалног гаса.

Иако је 2007. Торес тврдио да је извео математичку формулацију принципа која важи и за бесконачно мале и коначно велике промене [5], Улајн и Корти су указали на многе мањкавости у његовом раду и тиме оборили његове тврдње [40]. Од тада није објављен ниједан рад који износи неки нови поглед на општу валидност Ле Шателеовог принципа.

### 3. ЛЕ ШАТЕЛЕОВ ПРИНЦИП У НАСТАВИ ХЕМИЈЕ

Предавање градива из области хемијске равнотеже је уопште узев врло изазовно и тешко [7, 41–43]. У том смислу је разумљиво да се после проучавања претходно наведених радова поставља питање да ли је оправдана употреба Ле Шателеовог принципа у хемијском образовању, како средњошколском тако и високошколском. Аргумент заснован на бази валидности, а против употребе Ле Шателеовог принципа је јасан: у средњошколском образовању се никада не разматрају померања хемијских равнотежа која су узрокована бесконачно малим променама, јер се сам концепт бесконачно мале величине по важећем плану и програму уводи тек у четвртном разреду гимназије.

Што се факултетске наставе тиче, несумњиво је да практични примери и проблеми који захтевају примену Ле Шателеовог принципа са померањем равнотеже у већим износима преовлађују у односу на оне у којима се разматра бесконачно мала промена.

На овај начин, чак иако ученик ваљано примени Ле Шателеова правила у жељи да добије квалитативан податак о померању хемијске равнотеже (при константном притиску и температури), одговор, иако тачан са становишта кључа теста, заправо то уопште не мора бити [6]. Иако су равнотеже код којих ово може бити случај ограничене на оне које задовољавају критеријум који је још Ле Шателе извео 1933, а до којег су дошли и други после њега [3, 6, 28, 33, 45, 46] (неки чак погрешно мислећи да су они први који су га установили, попут [3]), услови у којима се јављају одступања од принципа уопште нису нереални [28]. Наравно, ни концепти попут идеалног гасног закона не дају стриктно тачне резултате, али колико је ограниченост идеалног гасног закона у смислу вредности температура и притисака аналогна неспособности Ле Шателеовог принципа да квалитативно предвиди померање хемијске равнотеже у неким сличним случајевима питање је отворено за дискусију.

Уочене су, ипак, и потешкоће неvezане за општу валидност Ле Шателеовог принципа. Неколико радова такође истиче проблем ученика и студената у примењивању Ле Шателеовог принципа на случај када се у суд у којем је успостављена хемијска равнотежа додаје инертни гас [33, 43, 45, 48–50]. Уколико се инертни гас додаје при константној запремини не долази до померања хемијске равнотеже иако укупни притисак система расте пошто се парцијални притисци реагујућих гасова не мењају, те ученици и студенти који се ослањају искључиво на Ле Шателеов принцип праве грешку приликом предвиђања смера померања равнотеже.

Нажалост, претходно разматрани пример је у неку руку двоструки проблем пошто се исход разликује за случајеве када се инертни гас додаје при константном притиску и константној запремини. Неки радови зато истичу неопходност навођења тачних услова при којима се ремети хемијска равнотежа [33, 45, 48]. Тако, приликом предвиђања смера у којем се помера хемијска равнотежа са променом температуре никако није свеједно да ли се то ради при константном притиску или запремини, јер промена унутрашње енергије реакције и промена енталпије реакције не морају бити истог знака.

Поред ограничавања Ле Шателеовог принципа на формулацију какву је дао Трептоу [30], неки аутори предлажу апсолутно избацавање Ле Шателеовог принципа из наставног плана и програма и увођење алтернативних метода за предвиђање смера померања хемијске равнотеже [6–8, 41, 45, 48, 51]. Као главна оваква метода предложена је математичка интерпретација израза за константу равнотеже и израчунавање реакционих количника који, изузев у случају промене температуре равнотежног система, омогућавају јед-



нозначно одређивање смера у којем се хемијска равнотежа померила. За случај промене температуре се овакве методе не могу применити, јер се једино у овом случају мења вредност саме константе равнотеже. За потребе средњошколске наставе предложена је употреба поједностављене верзије Вант Хофове реакционе изобаре, односно употреба саме једначине у високошколској настави.

Неколико истраживања са циљем утврђивања погрешних схватања ученика и наставника у вези са хемијском равнотежом је изведено [7, 8, 42, 44]. Нека од ових схватања доведена су у везу са нејасним и двозначним обликом Ле Шателеовог принципа присутним у уџбеницима. Како Скери (Scerri) [52, 53] истиче, ученик у покушају да предвиди у којем смеру се помера хемијска равнотежа приликом повећања притиска може замислити балон који је напуњен гасом, а повећање притиска представиће као сажимање балона на мању запремину. На тај начин, ученик може да помисли да би се равнотежа померила у смеру где настаје већи број молекула гаса, јер се у том случају запремина повећава, те ово представља „супротстављање” промени. Ово је, наравно, нетачан одговор. Суштина формулација у којима се каже да се систем „супротставља промени” или да „сузбија ефекте промене” је да систем, како то недвосмислено говори Де Херова формулација Па, минимизује пораст притиска компримовањем. То значи да ће промена притиска као интензивне променљиве у реакционој смеси бити мања у односу на случај где се на исти начин компримују инертни гасови, а то ће се постићи померањем хемијске равнотеже у смеру настајања мањег броја молекула гаса, што из угла ученика вероватно више личи на „прилагођавање” него на „супротстављање”.

Такође је констатовано да се Ле Шателеов принцип понекад погрешно примењује за предвиђање температурне зависности растворљивости соли помоћу вредности енталпије растварања [31, 54–56]. Потпуно је погрешно тврдити да егзотермна енталпија растварања узрокује смањење растворљивости при повећању температуре и обрнуто. Накнадно је развијен поступак којим се може доћи до тачног предвиђања, али он превазилази оквире средњошколске наставе.

Бранилаца употребе Ле Шателеовог принципа у настави уз давање контрааргумента на претходно изнете критике у литератури је врло мало. Најближе томе су два одговора на радове са критичким ставом о Ле Шателеовом принципу [57, 58], али се у оба случаја у суштини ради о техничким и семантичким замеркама на које су аутори изворних радова дали свој коментар [29, 59]. Тешко је, међутим, не приметити да је Ле Шателеов принцип готово универзално прихваћен у свим значајним уџбеницима, како страним, тако и домаћим, што свакако може бити јак аргумент у прилог даљој употреби овог принципа. Овако је било и у целој другој половини прошлог века, с обзиром да је Трептоу 1980. године констатовао да су све Де Херове замерке из рада из 1957. године игнорисане од стране

разних писаца уџбеника [30]. Ради поређења, различите формулације Ле Шателеовог принципа наведене у домаћим и страним уџбеницима дате су у табели 3. Важно је напоменути да постоје значајне разлике у увођењу концепта принципа и нивоу ослањања на њега као правила [60–67]. Књиге у којима се помиње постојање примера који се не понашају у складу са Ле Шателеовим принципом су изузетно ретке и по правилу уско стручне [68, 69]. Редак случај у коме се читаоци обесхрабрују од употребе Ле Шателеовог принципа је уџбеник органске хемије Клејдена, Гривса и Ворена (Clayden, Greeves, Warren), јер, како то аутори кажу, без разумевања науке иза принципа играмо се ватром [70].

**Табела 3: Формулације Ле Шателеовог принципа у страним и домаћим уџбеницима**

Chemical Principles (Atkins, Jones, Laverman)	Када се поремећај (енгл. stress) примени на систем у динамичкој равнотежи, равнотежа ће настојати да се прилагоди како би минимизовала ефекат поремећаја [60].
Chemical Principles (Zumdahl, Decoste)	Ако се промена услова („поремећај”) примени на неки систем у равнотежи, положај равнотеже ће се померити у таквом смеру који тежи да смањи ту промену [61].
Atkins' Physical Chemistry	Систем у равнотежи који се подвргне поремећају реаговаће тако да тежи да минимизује ефекат поремећаја [62].
Fundamentals of Analytical Chemistry (Skoog, West, Holler, Crouch)	Положај хемијске равнотеже се увек помера у таквом смеру који тежи да смањи ефекат примењеног поремећаја [63].
Хемија (Тривић, Милчић)	Ако се на хемијски систем у равнотежи делује променом спољашњих фактора, систем ће заузети ново равнотежно стање тако да сузбије утицај тих фактора [64].
Општа хемија (Ракочевић, Хорват)	Ако се на систем који је у равнотежи делује променом спољашњих фактора (услова), равнотежа ће се померити у оном смеру у коме се спречава утицај тог фактора [65].
Општа хемија (Перишић-Јањић, Ђаковић-Секулић, Гацурић)	Уколико се систему који се налази у хемијској равнотежи промени температура, притисак или концентрација једне од компонената, систем ће реаговати тако, да ће се одвијати она хемијска реакција, којом ће се задржати равнотежно стање [66].
Општи курс физичке хемије (Холцлајтнер-Антуновић)	Када се систем који је у стању равнотеже изложи промени неког спољашњег параметра, систем ће, тежећи да максимално елиминира тај утицај, заузети ново равнотежно стање [67].

#### 4. ЗАКЉУЧАК

Добро разумевање историје формулисања Ле Шателеовог принципа умногоме помаже разумевању потешкоћа и ограничене валидности самог принципа. Као кључне личности у историји развоја самог принципа, поред аутора, могу се издвојити још и Браун, Еренфест, Постхумус и Де Хер. Де Херова примена Еренфестове дихотомије променљивих и указивање на Постхумусове примере изузетака показала се као основа за даљу дискусију о формулацији, адекватности и валидности принципа, као и његове примене

у настави. Врло мали број хемичара је, изгледа, уопште свестан чињенице да је Ле Шателеов принцип валидан искључиво за бесконачно мале промене фактора равнотеже, што има за последицу да се радови који указују на мане принципа и предлажу алтернативе у настави појављују спорадично, и махом остају непримењени или игнорисани. Интензивнија дискусија на научном и педагошком нивоу била би врло корисна пошто би, вероватно, резултовала унапређењем начина на који се предаје цела област хемијске равнотеже, како на средњошколском, тако и на факултетском нивоу.

#### Abstract

#### THE LE CHATELIER PRINCIPLE AND ITS IMPUGNMENTS: VALIDITY AND APPLICATION ADEQUACY IN EDUCATION

Vidak RAIČEVIĆ, student of the Faculty of Sciences, Novi Sad

Ljiljana JOVANOVIĆ, Faculty of Sciences, Novi Sad

This article presents a historical retrospective of the Le Chatelier principle and a review of arguments regarding both its general scientific validity, and its position in chemical education. Notable people in the principle's course of development, aside from Le Chatelier himself, include Ferdinand Braun, Paul Ehrenfest, Kees Posthumus, and Joseph de Heer. De Heer's application of Ehrenfest's dichotomy of intensive and extensive variable changes in chemical equilibria, as well as his referral to Posthumus' ammonia synthesis examples which indicate an apparent violation of Le Chatelier principle, seemed to have provided the basis for much of the contemporary discussion. Even though a relatively recent paper proved Posthumus right, noting that the Le Chatelier principle can be violated when the disturbance affecting the chemical equilibrium is not infinitesimal, the position of the principle in chemistry curricula is still being debated, albeit without much effect, as the principle is almost universally present in textbooks. Taking into consideration that only a small number of chemists are even aware of the scientific limitations of the Le Chatelier principle, a more intense discussion on the scientific and pedagogical level would probably be a major step forward for the teaching of chemical equilibrium in general.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Раевская, М. В. *Покоряем Химический Олимп*. Белгород: Белгородский институт повышения квалификации и профессиональной переподготовки специалистов (2012)
2. Silverman, A., *J. Chem. Educ.*, **14** (1937) 555
3. Lacy, J. E., *J. Chem. Educ.*, **82** (2005) 1192
4. Uline, M. J., Corti, D. S., *J. Chem. Educ.*, **83** (2006) 138
5. Torres, E. M., *J. Chem. Educ.*, **84** (2007) 516
6. Sanagaratna, S. G., *J. Chem. Educ.*, **80** (2003) 1211
7. Quílez, J., *Chem. Educ. Res. Pract.*, **5** (2004) 281
8. Cheung, D., *J. Chem. Educ.*, **86** (2009) 514
9. Le Chatelier, H. L., *C. R. Acad. Sci.*, **99** (1884) 786
10. Van't Hoff, J. H. *Etudes de Dynamique Chimique*. Amsterdam: Frederik Muller & Co. (1884)
11. Braun, F., *Z. Phys. Chem.*, **1** (1887) 259
12. Braun, F., *Ann. Phys. (Berlin)*, **33** (1888) 337
13. Le Chatelier, H.L., *Ann. Mines*, **13** (1888) 157
14. Ehrenfest, P., *J. Russ. Phys. Soc.*, **41** (1909) 347
15. Ehrenfest, P., *Z. Phys. Chem.*, **77** (1911) 227
16. Nernst, W. *Traité de chimie générale*. Paris: Librairie scientifique Hermann et Fils (1922)
17. Chwolson, O. D. *Traité de Physique, Tome III*. Paris: Librairie scientifique Hermann et Fils (1910)
18. Lewis, W. C. *A System of Physical Chemistry*. London: Longmans, Green & Co. (1920)
19. Posthumus, K., *Recl. Trav. Chim. Pays-Bas*, **52** (1933) 25
20. Posthumus, K., *Recl. Trav. Chim. Pays-Bas*, **49** (1930) 885
21. Posthumus, K., *Recl. Trav. Chim. Pays-Bas*, **50** (1930) 513
22. Le Chatelier, H. L. *Leçons sur le carbone: la combustion les lois chimiques*. Paris: Librairie scientifique J. Hermann (1908)
23. Le Chatelier, H. L., *C. R. Acad. Sci.*, **196** (1933) 1557
24. Montagne, P., *C. R. Acad. Sci.*, **196** (1933) 928
25. Posthumus, K., *Recl. Trav. Chim. Pays-Bas*, **53** (1934) 308
26. Planck, M., *Ann. Phys. (Berlin)*, **19** (1934) 759
27. Prigogine, I., Defay, R. *Chemical Thermodynamics*. London: Longmans, Green & Co. (1954)
28. De Heer, J., *J. Chem. Educ.*, **34** (1957) 375
29. De Heer, J., *J. Chem. Educ.*, **35** (1958) 133
30. Treptow, R. S., *J. Chem. Educ.*, **57** (1980) 417
31. Fernández, R., *J. Chem. Educ.*, **59** (1982) 550
32. Kemp, H. R., *J. Chem. Educ.*, **64** (1987) 482
33. Solaz, J. J., Quílez, J., *Rev. Mex. Fis.*, **41** (1995) 128
34. Grant, A. W., *J. Chem. Educ.*, **61** (1984) 466
35. Helfferich, F. G., *J. Chem. Educ.*, **62** (1985) 305
36. Russell, J. M., *J. Chem. Educ.*, **65** (1988) 871
37. Liu, Z., Ågren, J., Hillert, M., *Fluid Phase Equilib.*, **121** (1996) 167
38. Hillert, M., *J. Phase Equilib.*, **16** (1995) 403
39. Wisniak, J., *Chem. Educator*, **4** (1999) 58
40. Uline, M. J., Corti, D. S., *J. Chem. Educ.*, **85** (2008) 1053
41. Gold, J., Gold, V., *Educ. Chem.*, **22** (1985) 82
42. Banerjee, A. C., *Int. J. Sci. Educ.*, **13** (1991) 487
43. Tyson, L., Treagust, D. F., Bucat, R. B., *J. Chem. Educ.*, **76** (1999) 554
44. Özmen, H., *Chem. Educ. Res. Pract.*, **9** (2008) 225
45. Katz, L., *J. Chem. Educ.*, **38** (1961) 375
46. Wright, P. G., *Educ. Chem.*, **6** (1969) 9
47. Solaz, J. J., Quílez, J., *Phys. Educ.*, **33** (1998) 29
48. Cheung, D., *Hong Kong Sci. Teachers J.*, **22** (2004) 35
49. Solaz, J. J., Quílez, J., *Chem. Educ. Res. Pract.*, **2** (2001) 303
50. Paiva, J. C. M., Gonçalves, J., Fonseca, S., *J. Chem. Educ.*, **85** (2008) 1133
51. Olivera, C. G., Colina, C. M. (2007) *International Conference on Engineering Education*. Coimbra, Portugal
52. Scerri, E. (2012) *A blog, or more of a rant, against the use of Le Châtelier's Principle in learning and teaching chemistry*. <http://ericiscerri.blogspot.rs/>, приступљено III 2016.
53. Scerri, E. (2015) *Five ideas in chemical education that must die – part two*. <http://www.rsc.org/blogs/eic/2015/07/le-ch%C3%A2telier-principle-equilibrium>, приступљено III 2016.
54. Bodner, G. M., *J. Chem. Educ.*, **57** (1980) 117
55. Treptow, R. S., *J. Chem. Educ.*, **61** (1984) 499
56. Campbell, J. A., *J. Chem. Educ.*, **62** (1985) 231
57. Standen, A., *J. Chem. Educ.*, **35** (1958) 132
58. Herrinton, T. R., *J. Chem. Educ.*, **84** (2007) 1427
59. Corti, S. D., Uline, M. J., *J. Chem. Educ.*, **84** (2007) 1427
60. Atkins, P., Jones, L., Laverman, L. *Chemical Principles: The Quest for Insight* (6th ed.). New York: W. H. Freeman and Company (2013)
61. Zumdahl, S. S., DeCoste, D. J. *Chemical Principles* (7th ed.). Belmont, CA: Brooks/Cole Cengage Learning (2013)
62. Atkins, P., De Paula, J. *Atkins' Physical Chemistry* (9th ed.). Oxford: Oxford University Press (2010)
63. Skoog, D. A., West, D. M., Holler, F. J., Crouch, S. R. *Fundamentals of Analytical Chemistry* (8th ed.). Belmont, CA: Brooks/Cole Cengage Learning (2004)

64. Тривић, Д., Милчић, М. *Хемија: Уџбеник за први разред гимназије природно-математичкој смера*. Београд: Klett (2014)
65. Ракочевић, М., Хорват, Р. *Општа хемија: за I разред средње школе*. Београд: Завод за уџбенике (2013)
66. Перишић-Јањић, Н., Ђаковић-Секулић, Т., Гаџурић, С. *Општа хемија*. Нови Сад: Универзитет у Новом Саду (2008)
67. Холцлајтнер Антуновић, И. Д. *Општи курс физичке хемије*. Београд: Завод за уџбенике и наставна средства (2000)
68. Sandler, S. I. *Chemical, Biochemical, and Engineering Thermodynamics* (4th ed.). New York: John Wiley & Sons, Inc. (2006)
69. Михайлов, В. А., Сорокина, О. В., Савинкина, Е. В., Давыдова, М. Н. *Химическое равновесие*. Москва: БИНОМ (2011)
70. Clayden, J., Greeves, N., Warren, S. *Organic Chemistry* (2nd ed.). Oxford: Oxford University Press (2012)



Erne E. KISS, Goran C. BOSKOVIC, Ferenc E. KISS, Универзитет у Новом Саду, Технолошки факултет (e-mail: ekiss@tf.uns.ac.rs, boskovic@uns.ac.rs, fkiss@tf.uns.ac.rs )

## КАКО ДАЉЕ СА УГЉЕН-ДИОКСИДОМ ? - ПЕРСПЕКТИВЕ У КАТАЛИЗИ

Угљен-диоксид ће се у будућности, од ивице до ивице, који изазива ефекат стаклене баште и тако доприноси глобалном загревању, хемијским путем трансформисати у вредан, обновљив и неисцрпни извор енергије, што ће омогућити примену горива и производа у неутралном кружном циклусу енергије (Г.А. Олах).

Промена климатских услова представља највећи изазов данашњице. Од гасова који изазивају ефекат стаклене баште свакако су најважнији угљен-диоксид,  $\text{CO}_2$ , азот-субоксид,  $\text{N}_2\text{O}$ , метан,  $\text{CH}_4$ , хлоро-флуоро-угљеници, CFCs и перфлуоро-угљеници, PCFs. Са становишта овог рада пажња ће се посветити једино угљен-диоксиду и то из више разлога. Прво, мада је његов потенцијал у односу на глобално загревање мањи од осталих гасова (у зависности од посматраног временског хоризонта има чак 7-72 пута мањи потенцијал од метана, нпр.), с обзиром на релативно дуго време полураспада, допринос угљен-диоксида глобалном загревању је чак до 25% (највећи после удела водене паре, која је, ипак, само делом антропогеног порекла). Друго, с обзиром да се највећи део угљен-диоксида произведе у три привредна сектора: производњи електричне енергије и топлоте, саобраћају и индустрији (85% од укупно емитованог  $\text{CO}_2$ ), а ови су традиционално оријентисани на фосилна горива, замена фосилних горива обновљивим изворима енергије и биогоривима најбржи је пут ка успоравању климатских промена. И коначно, а можда прво по важности, угљен-диоксид је могуће посматрати као користан отпадни гас, јер, у принципу, он може представљати сировину за потребе хемијске индустрије. Из овог разлога, у тексту је безбедном депоновању угљен-диоксида

посвећено само мало простора, а нагласак је стављен на његову прераду у хемијске производе и горива.

Пораст количине угљен-диоксида у атмосфери је антропогеног порекла и процењује се на 3,9% годишње, што данас у маси чини око 36,7 гигатона, ( $36,7 \cdot 10^9$  тона) на годишњем нивоу. У односу на количину угљен-диоксида у преиндустријском периоду<sup>а)</sup> (277 ppm) количина угљен-диоксида у атмосфери је порасла за један терапон, тј. за  $10^{12}$  тона, тако да запремински удео угљен-диоксида у атмосфери данас износи 393 ppm (податак од 8.марта 2016. је 403,5 ppm).

Захваљујући кружењу енергије у природи, највише разменом између хидросфере и атмосфере такзваном биолошком пумпом, око половине угљен-диоксида који се годишње ослободи деловањем човека апсорбује се у земљишту (биљкама) и океанима. Проблем је она друга половина, која мења карактер атмосфере и изазива пораст средње температуре. Треба нагласити да је улога атмосфере на загревање Земље од неизмерног значаја јер је управо она одговорна за живот каквим га познајемо. Наиме, без утицаја топлотног флукса од атмосфере према Земљи, тј. као резултат искључиво сунчевог зрачења, средња температура на Земљи била би за око  $39^\circ\text{C}$  нижа (Планкова температура, 249 K) од тренутне, која износи  $14,7^\circ\text{C}$ . Проблем је у промени ове температуре, чији је пораст од само  $0,8^\circ\text{C}$  у периоду од 1880.г. (од када се температура редовно евидентира) до данас, изазвао пораст нивоа океана за око 100 mm.

Савремена хемијска индустрија годишње прерађује око 120 мегатона ( $120 \cdot 10^6$  тона) угљен-диоксида, тј. прерађује око 200 пута мање угљен-диоксида, него што се ослобађа. Само око 0,5% од ослобођеног

<sup>а)</sup> За границу између преиндустријског и индустријског периода узима се 1750. година, која се још назива и „Нултом годином угљен-диоксида“ – до тада је удео угљен-диоксида у атмосфери био резултат само природних процеса на Планети. Интересантно је да је за исту годину везана и реализација првог комерцијалног каталитичког процеса: производња  $\text{H}_2\text{SO}_4$  поступком помоћу оловних комора, што сведочи о улози катализе у индустријској револуцији

угљен-диоксида се користи у индустрији, углавном за производњу уреје, метанола, неорганичких карбоната (сода за прање), органских карбоната (карбонатни естри) и салицилне киселине. Приметне количине угљен-диоксида се користи и у прехранбеним технологијама (содабикарбона, газирана пића). Мала употреба угљен-диоксида као сировине хемијске индустрије тумачи се стабилношћу овог линеарног, аполарног молекула<sup>1</sup>.

У будућности ће хемијска индустрија бити успешна у мери у којој ће, с једне стране, заменом фосилних горива обновљивим изворима енергије допринети смањењу концентрације угљен-диоксида у атмосфери и тиме успорити промену климе, а с друге стране, коришћењем отпадног угљен-диоксида као сировине за производњу хемикалија и горива омогућити уштеду природних ресурса. Само таква хемијска индустрија моћи да носи префикс „Одржива“.

## ТЕХНОЛОГИЈЕ ХВАТАЊА И ОДЛАГАЊА УГЉЕН-ДИОКСИДА

Повећање концентрације угљен-диоксида у атмосфери, као што је већ напоменуто, тумачи се интензивном применом фосилних горива у области производње енергије, саобраћаја и другим видовима човечке активности и потреба. Повећање концентрације угљен-диоксида у атмосфери се наставља, што за последицу има ефекат стаклене баште и глобално загревање. Забринутост човечанства због климатских промена је оправдана, и човечанство чини значајне кораке у правцу ублажавања неповољних утицаја гасова са ефектом стаклене баште. На самиту о климатским променама у Паризу 2015.г. 196 земаља света потписало је конвенцију о заустављању глобалног загревања, на начин да пораст просечне температуре не буде већи од 2 °C у односу на просечну температуру Земље у преиндустријском периоду. Идеално би било да повећање температуре буде испод 1,5 °C, иначе ће непожељни процеси који се јављају на Планети услед глобалног загревања постати неповратни са апокалиптичним последицама<sup>2</sup>.

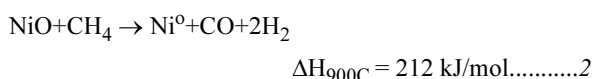
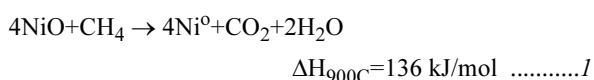
Један од начина заустављања глобалног загревања је хватање угљен-диоксида из димних и других индустријских отпадних гасова и његово одлагање (*Carbon Capture and Storage/Sequestration, CCS*). Овај приступ започиње сепарацијом угљен-диоксида из димних и отпадних гасова. Угљен-диоксид се затим суши и сабија под притиском 80-100 бара ради отечњавања. Течни угљен-диоксид се затим транспортује до места депоновања. Депоновање угљен-диоксида може да се врши у земљи, на дубинама од 1000 м и више (базичне седиментне стене, исцрпљена налазишта нафте, земног гаса, угља и слично), или у океану, када се зависно од дубине утискивања, угљен-диоксид или раствара у

води (дубине 1-3 км), или претвара у чврст хидрат (дубине веће од 3 км). Треба напоменути да без обзира на интензивна истраживања тренутно ни једно од попуњених решења депоновања угљен-диоксида не задовољава. Транспортовање угљен-диоксида потребно је вршити у надкритичним условима ради смањења трошкова, а ово захтева веома чист гас што најчешће није случај. С друге стране, „сахрањивање“ угљен-диоксида у океанима је такође непознаница због непознавања стабилности насталих хидрата и потенцијалних сценарија са по Планету катастрофалних размера<sup>3</sup>.

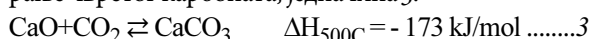
До данашњих дана су разрађене три технологије за сепарацију угљен-диоксида из димних и отпадних гасова. Најстарија и најпознатија технологија заснива се на пост-сагоревању (*post-combustion*) димних и отпадних гасова. Сагоревање димних и отпадних гасова лакше се изводи у присуству катализатора који потпомажу оксидацију. Један од таквих катализатора је и катализатор хром триоксид на носачу од алуминијум оксида<sup>4</sup>. Овако добијени гасови затим се перу у одговарајућим растварачима, на пример у аминима, при чему настају карбамати. Везани карбамати затим се препумпавају у посуде за стриповање воденом паром. На повишеној температури из карбамата се ослобађа угљен-диоксид, који се затим суши. Осушени угљен-диоксид се сабија и транспортује на трајно лагеровање. Други поступак (*oxyfuel proces*) се своди на сагоревање димних и других отпадних гасова у чистом кисеонику. У овом процесу се добија врло чист угљен-диоксид који без претходног прања може да се сабија и лагерује. Трећи, најновији поступак (*pre-combustion*) се састоји у третману димних и отпадних гасова воденом паром. У овом процесу угљен-моноксид реагује са воденом паром (*water gas shift reaction*), у присуству катализатора бакар-оксид-цинк-оксид на алуминијум-оксиду, уз настајање угљен-диоксида и водоника. Водоник се користи као гориво, а заостали угљен-диоксид се сабија и транспортује на трајно лагеровање. Ови технолошки поступци су разрађени и већ се примењују у индустрији. Међутим, *CCS*-технологије засада се не примењују у обиму који би могле значајно допринети смањењу количине угљен-диоксида у атмосфери<sup>5</sup>.

Класични поступци сепарације угљен-диоксида су изузетно скупи, па се у последње време много ради на комерцијализацији технологија са циркулишућим реактантима (*Chemical Looping*). Идеја је започета реализацијом процеса сагоревања горива (*Chemical Looping Combustion*), при чему се неопходан кисеоник у реактору обезбеђује из кристалне решетке погодног металног оксида. Након редукације овај се шаље у регенератор, где се у присуству ваздуха и на високој температури враћа у метални облик (слика 1/а). Резултат оваквог сагоревања горива је да су отпадни гасови на излазу из реактора и регенератора раздвојени, тако да

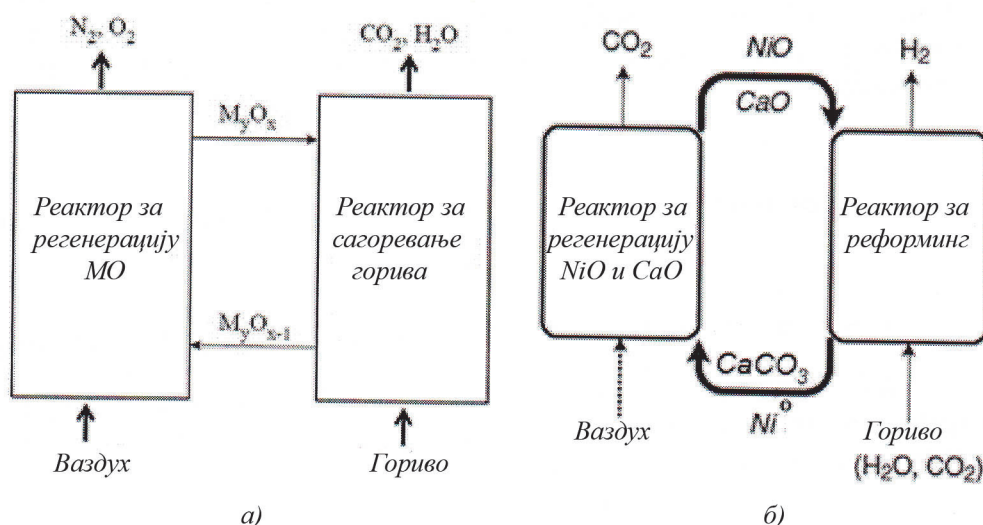
није потребно раздвајање угљен-диоксида из отпадне гасне смеше пре њеног испуштања у атмосферу. Осим тога сагоревање горива кисеоником из металних оксида је селективно, тако да се не продукују оксиди азота, који су иначе обавезни пратилац сагоревања горива кисеоником из ваздуха. Знатно ефикаснији, пре свега у енергетском смислу, је реформинг побољшан циркулишућим сорбентом (*Chemical Looping Sorption Enhanced Reforming*). Паралелно са оксидом метала (оксид никла је један од оних који се највише испитује)<sup>6,7</sup> у реакционој смеси налази се и неки сорбент угљен-диоксида, нпр. калцијум-оксид (слика 1/б). Угљен-диоксид, који настаје у реакторском делу реакцијама реформинга метана на оксиду никла као катализатору, једначине 1 и 2.:



уклања се реакцијом са калцијум-оксидом уз формирање чврстог карбоната, једначина 3:



Карбонат се затим, заједно са редукованим никлом, шаље у регенератор где се, оба регенеришу, први у угљен-диоксид, а други у никл-оксид. Топлота за регенерацију сорбента обезбеђује се делом егзотермном реакцијом оксидације металног никла, а делом спаљивањем кокса који се на металном оксиду катализатора наталожио током реакције реформинга. Резултат оваквог процеса је да се водоник и угљен-диоксид налазе у одвојеним токовима (слика 1/б), па додатно раздвајање, било због сакупљања жељеног водоника, или ради лагеровања угљен-диоксида, није потребно.



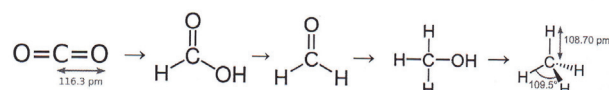
Слика 1. Раздвајање угљен-диоксида технологијом циркулишућих реактаната: кисеоник у реактору за сагоревање обезбеђује се из кристалне решетке одговарајућег оксида метала, нпр. NiO, 1а; у реактору се поред NiO налази и одговарајући сорбент угљен-диоксида, нпр. CaO, 1б.

Битном смањењу количине угљен-диоксида класична хемијска индустрија не може битно допринети. Истраживачи зато траже нове реакције и нове производе у којима би се везао угљен-диоксид. Маеда и сарадници<sup>8</sup> ове реакције сврставају у три основне групе: i) реакције карбоксилације; ii) реакције синтезе карбоната и карбамата и iii) реакције редукције угљен-диоксида. Реакције редукције угљен-диоксида могу суштински да мењају хемијску индустрију, која се заснива данас на коришћењу сировине фосилног порекла, а у будућности вероватно ће базирати на примени угљен-диоксида.

### КАТАЛИТИЧКА РЕДУКЦИЈА УГЉЕН-ДИОКСИДА КЛАСИЧНИМ КАТАЛИЗАТОРИМА

Угљен-диоксид за производњу горива, хемикалија и других материјала

Да би хемичари решили задатак који је дат у овом поднаслову морају поступно да трансформишу позитивно четворовалентни угљеник, како је то у угљен-диоксиду, у негативно четворовалентни облик, како је то у метану. На овом путу термодинамички



Слика 2. Редукција угљен-диоксида у метан

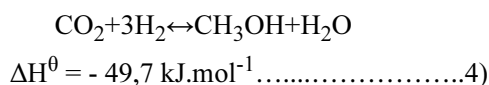
стабилни угљен-диоксид се претвара у молекуле (мравља киселина, формалдехид, метанол, метан) који су све богатији енергијом<sup>9</sup>, Слика 2. Значи да током редукције угљен-диоксиду треба предати енергију, да би настали молекули постали довољно богати енергијом за извођење жељених хемијских реакција<sup>9</sup>. Начелно гледано човеку увек стоји на располагању безгранично много енергије, пошто сваки вид енер-

гије на Земљи потиче од Сунца. Човечанство, међутим, треба да проналази погодне путеве за сакупљање, лагеровање, транспорт и примену енергије.

#### Производња горива

Метанол и диметилетар представљају гориво у моторима са унутрашњим сагоревањем, а метанол може непосредно да се примени и као гориво у горивим галванским спреговима<sup>10</sup>. Основу за производњу метанола може да чини отпадни угљен-диоксид.

Каталитичка конверзија угљен-диоксида водоником се одиграва у присуству катализатора Cu/ZnO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> на 260 °C и на повишеним притисцима, према једначини 4:

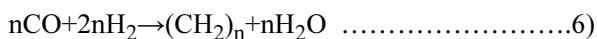


Водоник за ову реакцију би се добијао електролизом воде, а потребна електрична енергија би се обезбедила из обновљивих извора (енергија сунца, ветра, океана и геотермална енергија). Метанол има моторски октански број, MON=92, и истраживачки октански број RON=107, и данас се користи тако што се блендира са бензином фосилног порекла узимајући учешће 15% или 85%. Због ниског цетанског броја метанол не може да се користи у дизел моторима. Међутим, дехидратацијом метанола добија се диметилетар са цетанским бројем 55-60, тј. добија се погодније гориво од класичног фосилног горива, чији је цетански број 40-55. Дехидратација метанола у диметилетар врши се каталитички, у присуству чврстих киселина, као што је  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  и фосфорна киселина на  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ <sup>10</sup>.

Други начин производње горива заснива се на реакцији угљен-диоксида са метаном (суви реформинг метана), једначина 5:



Реакција се изводи на 800-1000 °C у присуству катализатора Ni/MgO или Ni/MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> и слично. Састав добијеног гаса приближно је H<sub>2</sub>/CO=1. Овако добијени синтезни гас је врло погодан за извођење Фишер-Тропш реакције, ради синтезе угљоводоника са дугачким засићеним ланцима, у присуству катализатора гвожђе на носачу<sup>10</sup>, једначина 6:



У случају да је нагласак на засићеним производи-ма бензинске и керозинске фракције, користи се катализатор на бази кобалта, који је активнији од претходног, али и осетљивији на таложење кокса. Из разлога превенције ове непожељне реакције, Фишер-Тропш реакција на овом катализатору одиграва се у вишку H<sub>2</sub>, тј. употребом синтезног гаса састава H<sub>2</sub>/CO=2. Да би се добио синтезни гас овог састава, метан је потребно реформисати воденом паром (Steam Methane Reforming):



а у циљу обogaћивања смеше водоником могуће је обезбедити додатно реаговање угљен-монооксида воденом паром (Water Gas Shift Reaction):



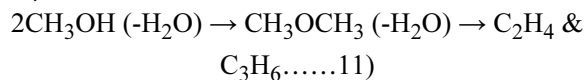
Као што се види, реакције 7 и 8, које су данас стандардне у производњи синтезног гаса, или чистог водоника, не задовољавају критеријуме одрживости јер производе оксиде угљеника. Исто важи и за парцијалну каталитичку оксидацију метана, једначине 9) и 10).



Сувим, влажним реформингом метана и његовом парцијалном оксидацијом (три реформинг) добија се синтезни гас различитог састава, који може да се усмерава према жељи за синтезу горива, хемијских производа и за производњу електричне енергије<sup>11</sup>. Претварање угљен-диоксида у горива са становишта термодинамике ових процеса дата је у ревијском раду Јианга и сарадника<sup>12</sup>.

#### Производња хемикалија и других производа

Метанол произведен из CO<sub>2</sub> (једначина 4) представља полазни материјал не само за производњу диметилетра, већ и олефина, етилена и пропилена, из којих се затим израђују врло различити угљоводоничи, једначина 11:

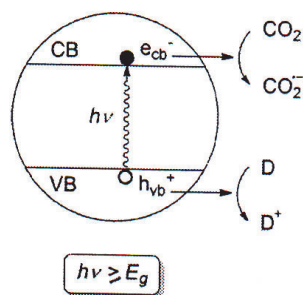


У индустријским условима ова реакција се изводи на зеолитним катализаторима типа SAPO-34 и ZSM-5 и резултира фракцијом која се користи за намешавање бензина. Полимеризацијом етилена (Phyllips catalysts) и пропилена (Ziegler-Natta catalysts) на одговарајућим катализаторима добија се полиетилен и полипропилен<sup>10</sup>.

### ФОТОКАТАЛИТИЧКА РЕДУКЦИЈА УГЉЕН-ДИОКСИДА НА ПОЛУПРОВОДНИЦИМА У ЦИЉУ ДОБИЈАЊА ВИШИХ ОРГАНСКИХ ПРОИЗВОДА

Уколико се полупроводник осветли снопом фотона,  $h\nu$ , чија је енергија већа или једнака енергетском јазу,  $E_g$ , који се јавља између енергетских нивоа валентне зоне (VB) и проводне зоне (CB) полупроводника тада ће електрони из валентне зоне ( $e^-_{cb}$ ) прећи у проводну зону, остављајући електронску празнину у валентној зони ( $h^+_{vb}$ ). Они полупроводници у којима су енергетске разлике између валентне и проводне зоне велике могу да дају електроне и електронске празнине чији су редукциони, односно оксидациони, потенцијали врло значајни. Пренос електрона и електронских празнина са површине полупроводника може да се одиграва преко погодног акцептора електро-

на (A), нпр. CO<sub>2</sub>, или погодног донора електрона (D), Слика 3.



Слика 3. Редукција угљен-диоксида на површини полупроводника

Квантни принос фотохемијске реакције одређен је: *i*) фотохемијском генерацијом пара  $e_{cb}^- / h_{vb}^+$ , *ii*) трансфером електрона са површине полупроводника на адсорбовани реактант и *iii*) трансформацијом редукованог или оксидованог међупроизвода у прву генерацију производа. Редукција CO<sub>2</sub> у радикални анјон CO<sub>2</sub><sup>•-</sup> окарактерисана је великим негативним редукционим потенцијалом,  $E^{\theta} = -1,97 \text{ V}$ , у односу на електродни потенцијал редукције водоника. Радикални анјон CO<sub>2</sub><sup>•-</sup> је веома реактиван и лако подлеже реакцији диспропорционације, при чему настају карбонати и угљен-моноксид, или подлеже реакцији димеризације, при чему настају оксалати. Вишестепена редукција CO<sub>2</sub> термодинамички је погоднија. У случају редукције: са 2 електрона настаје СО или НСООН; са 4 електрона настаје С или НСНО; са 6 електрона СН<sub>3</sub>ОН; са 8 електрона СН<sub>4</sub>. Иако су ове реакције лабораторијски изводљиве оне су кинетички ограничене, тако да је побољшање њихове ефикасности и селективности предмет даљих истраживања. Врло је важно проналажење таквих полупроводника на којима је изводљива фотокаталитичка реакција са таласним дужинама у опсегу видљиве светлости ( $\lambda = 400\text{-}800 \text{ nm}$ ). Овакви полупроводници су ZnS, CdS, допирани TiO<sub>2</sub>, итд<sup>13</sup>. Током фотокаталитичке редукције CO<sub>2</sub>/HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> на површини TiO<sub>2</sub> долази до интензивног стварања СО и H<sub>2</sub>, тј. молекула који представљају синтетски гас у Фишер-Тропш процесу. Ограничена растворљивост СО у води представља препреку за даљу редукцију што би било неопходно за непосредно формирање виших угљоводоника у циљу директне синтезе вештачког горива. Фотокаталитичком редукцијом CO<sub>2</sub> на TiO<sub>2</sub> може да се добије етен, етан, етанол, ацетон и ацеталдехид<sup>14</sup>. Карбоксилне киселине са C<sub>2</sub>-C<sub>4</sub> угљеникових атома (глиоксилна и гликолна киселина, односно DL-винска киселина, DL-малеинска киселина и сукцинска киселина) су добијене на полупроводнику ZnS<sup>15</sup>.

## КАТАЛИТИЧКА РЕДУКЦИЈА УГЉЕН-ДИОКСИДА НА МОНОНУКЛЕАРНИМ И МУЛТИНУКЛЕАРНИМ КОМПЛЕКСИМА

Фотохемијска редукција угљен-диоксида ефикасно се одиграва када се користи [Ru(bpy)<sub>3</sub>]<sup>2+</sup> (нпр. три (бипиридин) рутенијум (II) хлорид) као фотосензибилизатор, и [Ru(bpy)<sub>2</sub>(CO)<sub>2</sub>]<sup>2+</sup> као катализатор у присуству NAD(P)H као редуктанта. Систематско име NAD(P)H ензима је хинон оксидоредуктаза.

У фотокаталитичком систему OER врсте (један-електрон редуковане врсте / one-electron reduced species) [Ru<sup>II</sup>(bpy<sup>\*</sup>)(bpy)<sub>2</sub>]<sup>2+</sup> се генеришу узастопно, побуђивањем [Ru(bpy)<sub>3</sub>]<sup>2+</sup> и његовим замрзивањем у најниже побуђеном стању (<sup>3</sup>MLCT) / (пренос наелектрисања са метала на лиганд; metal-to-ligand charge transfer) помоћу редуктанта. Редукција угљен-диоксида се одиграва захватом електрона помоћу катализатора [Ru(bpy)<sub>2</sub>(CO)<sub>2</sub>]<sup>2+</sup> са OER врсте. Молекули угљен-диоксида координативно се везују на отворену страну рутенијумског центра, који настаје дисоцијацијом једног од СО лиганда након редукције [Ru(bpy)<sub>2</sub>(CO)<sub>2</sub>]<sup>2+</sup>. Производ реакције који се добија из угљен-диоксида одређен је рН вредношћу раствора. Протонација води до карбоксилатног комплекса [Ru(bpy)<sub>2</sub>(CO)(COOH)]<sup>2+</sup>, а карбоксилатни комплекс затим дисоцира, карбоксилатни лиганд у мрављу киселину дво-електронском редукцијом на рН > 9,5, (a), или улази у СО производни циклус протонацијом и дехидрацијом карбоксилатног лиганда (δ), који ће затим репродуковати почетни облик [Ru(bpy)<sub>2</sub>(CO)<sub>2</sub>]<sup>2+</sup> катализатора.

Одавде следи да фотокаталитички систем:

CO<sub>2</sub> (фотосензибилизатор [Ru<sup>II</sup>(bpy)<sub>3</sub>]<sup>2+</sup>/hν и катализатор [Ru(bpy)<sub>2</sub>(CO)<sub>2</sub>]<sup>2+</sup>) даје:

a) мрављу киселину у присуству триетиламина (ТЕОА) у диметил формамиду (DMF) или

δ) угљен-моноксид у присуству 1-бензил 1,4-дихидроинтинамида (BNAH) у диметил формамиду (DMF) уз ослобађање једног молекула воде<sup>16</sup>.

У наредној табели приказани су системи на којима се изводи фотокаталитичка редукција угљен-диоксида помоћу фотосензибилизатора [Ru<sup>II</sup>(bpy)<sub>3</sub>]<sup>2+</sup> и одговарајућег катализатора

Табела 1. Фотокаталитичка редукција угљен-диоксида применом фотосензибилизатора

[Ru<sup>II</sup>(bpy)<sub>3</sub>]<sup>2+</sup>

Катализатор	Редуктант	Производ
[Co(bpy) <sub>n</sub> ] <sup>2+</sup>	R <sub>3</sub> N	CO, H <sub>2</sub>
[Co(macrocycle)] <sup>2+</sup>	Аскорбинска киселина	CO, H <sub>2</sub>
[Ni(cyclam)] <sup>2+</sup>	Аскорбинска киселина	CO, H <sub>2</sub>
[Ru(bpy) <sub>2</sub> (CO) <sub>2</sub> ] <sup>2+</sup>	R <sub>3</sub> N или BNAH	CO, НСООН
Деривати виологена/дехидрогеназа формијата	Цистеин	НСООН

Деривати виологена/ колоидни рутенијум или осмијум	$R_3N$	$CH_4, H_2$
Колоидни рутенијум	$R_3N$	$CH_4$

Легенда: bpy=бипиридин; macrocycle=циклични макромолекули;  
cyclam=1,4,8,11-тетраазамаклатетрадекан; виологен=деривати  
бипириденијума

Фотокаталитичка редукција угљен-диоксида успешно се изводи и на моноклеарном ренијум(I)комплексу у присуству светла у раствору диметилформамида и триетиламина (5:1 запремински удеоли)<sup>16</sup>.

Олах и сарадници<sup>17</sup> непосредну редукцију угљен-диоксида у метанол су извели на моделном систему ваздуха са запреминском концентрацијом угљен-диоксида од 400 ppm у присуству хомогеног рутенијумског комплексног катализатора, Ru-MACHO-VH и пентаетиленхексамина (PEHA), у етарском раствору. Катализатор Ru-MACHO-VH припада пинцер катализаторима, пошто је у овом комплексу атом рутенијума обухваћен, између два дифенилфосфино-лиганда,  $PPh_2$ . Реакција је изводљива у интервалу температура 125-165°C, на притиску од 75 бара, при односу  $CO_2/H_2=1/9$ . У наведеним условима 79% угљен-диоксида се конвертовало у метанол.

## ПРОИЗВОДЊА ВОДОНИКА БЕЗ УВЕЋАЊА $CO_2$

Конвенционална производња водоника увек као производ даје оксиде угљеника. У земљиној атмосфери водоник се не налази у слободном облику, пошто је врло реактиван и са кисеоником гради воду. Водоник се налази у великим количинама у води и у угљоводоникима, али је присутан у значајним количинама и у угљенохидратима. Производња водоника на индустријској скали данас се врши конверзијом метана (или неких виших угљоводоника) воденом паром у присуству катализатора на бази никла на повишеним температурама и притисцима (реакције 2, 7 и 8), или парцијалном оксидацијом метана, или виших угљоводоника. Поред водоника у овим процесима ослобађају се и оксиди угљеника и управо због тога би ова технологија у будућности требало да буде напуштена. Чак и суви реформинг метана, који се може посматрати као поступак рецикловања угљен-диоксида (једначина 5), нема смисла за производњу водоника јер се поставља питање шта са угљен-моноксидом након издвајања водоника из синтезног гаса. У будућности водоник ће се производити из воде, електролизом, фотокаталитички или фототермијским путем. И ензиматски процеси могу да буду интересантни за производњу водоника. Потребна енергија обезбедиће се енергијом сунца, воде и ветра, и евентуално енергијом која се ослобађа у нуклеарним реакцијама. За производњу 1 кг водоника електролизом воде, теоријски треба утрошити 39,4 kWh енергије, а у пракси значајно више, 50-65 kWh<sup>10</sup>.

О ензиматској производњи водоника из биомасе (глукоза и ксилоза), са високим приносом, рефериса-

ли су Ролин и сарадници<sup>18</sup>. Наравно у овом ензиметском процесу поред водоника из биомасе ослобађа се и угљен-диоксид. Међутим, сви фотосинтетички процеси сматрају се  $CO_2$  неутралним, јер биљке апсорбују  $CO_2$  из атмосфере за фотосинтезу и као угљеник лагерирају га у својој дрвној маси, да би се након завршетка животног века биљака део угљеника вратио у атмосферу као  $CO_2$ , а његов неразградиви део остајао у земљишту и временом претварао у фосилно гориво<sup>19</sup>.

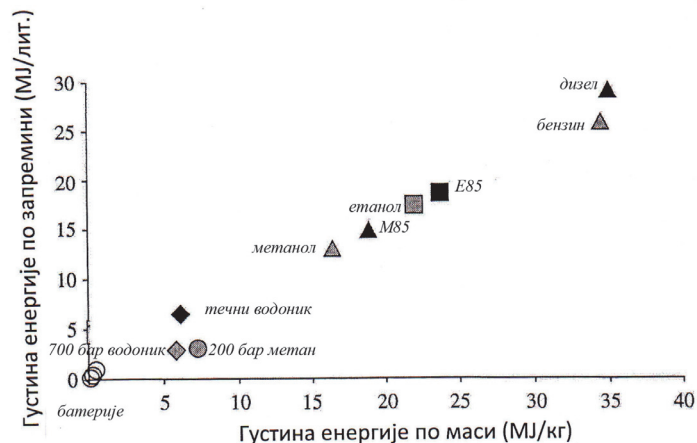
## ЕКОНОМИЈА МЕТАНОЛА И ЕКОНОМИЈА ВОДОНИКА

Под економијом метанола (Methanol economy) треба подразумевати економију будућности, када ће метанол произведен из рециклираног угљен-диоксида заменити фосилна горива. Метанол може да послужи за складиштење енергије у виду погонског горива, али исто тако може да буде и сировина за производњу угљоводоника, као и осталих хемијских производа. Појам „економије метанола“ је увео нобеловац Г.А. Олах (који није добио Нобелову награду за „економију метанола“ већ за нешто сасвим друго), аналогно „економији водоника“ (Hydrogen economy). У овом раду ово поглавље је написано на основу рада Г.А. Олаха, који је објављен 2005. године<sup>20</sup>.

Као што је горе наведено метанол се данас производи из синтезног гаса фосилног порекла, или директним оксидативном конверзијом земног гаса (метан). Алтернатива овим каталитичким процесима је редукција атмосферског угљен-диоксида водоником, када такође у присуству катализатора, настаје метанол (реакција 4). На овај начин гасовити водоник остаје везан у течном метанолу. Течни метанол је погодније гориво од гасовитог водоника јер се лакше лагерира и транспортује, а такође је и безбедније гориво, нпр. при раду у горивим галванским елементима. Густина енергије у течном метанолу значајно је већа од густине енергије не само у гасовитом водонику, већ и од енергије у течном водонику<sup>12</sup> (Слика 4). Такође, руковање водоником представља знатно сложенији и опаснији посао (тачка кључања -253 °C), него руковање течним метанолом. Складиштење водоника захтева резервоаре израђених из специјалних материјала, због „цурења“ водоника кроз зидове посуде. Ради се о врло експлозивном гасу, што захтева пажљиво и врло стручно руковање. И поред тога што данас постоји инфраструктура за лагерирање и транспорт водоника, економија на бази метанола представља озбиљну алтернативу оној на бази водоника, и можда ће постати реалност у не тако далекој будућности.

Укратко речено течни метанол представља врло погодну сировину за синтезу различитих угљоводоника, полимера, хемикалија, а може да послужи и за блендирање фосилних горива. У блиској будућности, која је делимично већ започела, живећемо у ери водоника као економичног погонског горива. Водоник представља чисто гориво у односу на животну средину. Међутим, треба имати на уму да поступци за добијање водоника на бази фосилних енергената у бу-





Слика 4. Густина енергије у различитим енергентима

дућности неће бити актуелни, јер су праћени ослобађањем оксида угљеника. Алтернатива је добијање водоника електролизом. Потребну енергију за електролизу треба обезбедити из вечитих непресушивих извора Сунца (renewable energy). Произведени водоник користиће се у горивим галванским ћелијама које дају најчистију енергију – електричну, а једини отпад из ове реакције је вода.

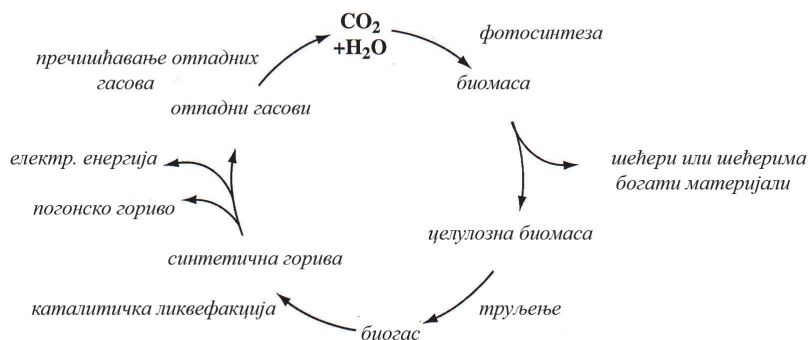
#### АНАЛИЗА ЖИВОТНОГ ЦИКЛУСА

Анализа животног циклуса (life cycle assessment, LCA) представља квантитативну методу за вредновање утицаја неког процеса или производа на животну средину. Ова метода обухвата комплетан животни циклус производа, "од колевке до гроба", у циљу избегавања грешака које могу настати у случају изучавања утицаја само једне фазе у животном циклусу неког производа. Захваљујући кружном циклусу угљеника у природи, угљен-диоксид из атмосфере се може посматрати као неисцрпни извор угљеника, омогућивши примену угљеничних горива и угљоводоничних производа у  $\text{CO}_2$ -неутралном циклусу<sup>21</sup>, тј. где би  $\Delta\text{CO}_2 = 0$ , Слика 5.

Да би неки производ био  $\text{CO}_2$ -неутралан емисија угљен-диоксида током животног циклуса производа треба да буде једнака са везаном количином угљен-диоксида у животном циклусу производа. Процеси који

уклањају више  $\text{CO}_2$  из атмосфере него што у њу емитују називају се  $\text{CO}_2$ -негативним процесима. Са становишта заштите животне средине најбољим расположивим технологијама (Best Available Techniques, BAT) се сматрају они процеси који су  $\text{CO}_2$ -неутрални, а још боље  $\text{CO}_2$ -негативни.

Анализа животног циклуса синтетичких горива, етанола<sup>22</sup>, биодизела<sup>23-25</sup> и биогаза<sup>26</sup>, показује сву сложеност производње  $\text{CO}_2$ -неутралних горива. Чак ни биодизел произведен трансестерификацијом биљних уља биоетанолом не представља пример  $\text{CO}_2$ -неутралног горива<sup>24</sup>, јер се у процесима који чине животни циклус биодизела (нпр. производња уљане репице, сушење зрна, цеђење уља, трансестерификација уља у биодизел, сагоревање биодизела у моторима СУС) емитује већа количина  $\text{CO}_2$  него што се веже фотосинтезом у процесу производње сировине за добијање биодизела. Међутим, већина истраживача се слаже, да у односу на фосилни дизел, биодизел мање доприноси глобалном загревању (уколико се не разматрају посредни утицаји производње биодизела, нпр. крчење шума ради повећања ораничних површина како би се надоместио мањак у производњи хране због коришћења површина за производњу сировина за индустрију биодизела). Резултати ранијих анализа потврђују да електрична енергија произведена из биогаза показује мање штетан утицај на животну средину



Слика 5. Кружни циклус угљеника

од просечне електричне енергије из електричне мреже Србије<sup>26</sup>. Анализа животног циклуса електричне енергије добијене у фотонапонским системима<sup>27</sup> и ветрењачама<sup>28</sup> показују добре резултате са становишта заштите животне средине.

Анализа животног циклуса биогорива указује на сву сложеност проблематике заштите животне средине. Добијени резултати нису увек једнозначни. Ову чињеницу значајно усложњава и смањивање производње хране због оријентације на гајење биљних култура у енергетске, уместо у нутритивне сврхе (уљарице за биодизел, кукуруз за биоетанол, итд.). Управо овакви резултати поткрепљују оправданост развијања нових технологија која се заснивају на везивању и примени угљен-диоксида из димних гасова и атмосфере.

## УМЕСТО ЗАКЉУЧКА

Међународно друштво за рециклирање угљеника (Carbon Recycling International Inc.) са Исланда се бави хватањем и лагровањем угљен-диоксида (CCS), а од 2009. године и производњом метанола из угљен-диоксида. Угљен-диоксид и потребна количина електролитичког водоника се добија из геотермалне електране Свартсенги (Svartsengi geothermal power plant, Reykjanes, Island). Синтеза метанола се врши у присуству класичних хетерогених катализатора на бази бакра. Фабрика обновљивог метанола (renewable methanol-RM) званично је отворена априла 2012. године. Пројектовани годишњи капацитет фабрике је 50 000 литара метанола. У знак признања за своје доприносе на пољу економије метанола фабрика је добила име по нобеловцу Г.А. Олаха, "Georg Olah Plant"<sup>29</sup>.

Abstract

HOW FURTHER WITH CARBON DIOXIDE? - PERSPECTIVES IN CATALYSIS

**Ernő E. KISS, Goran C. BOŠKOVIĆ, Ferenc E. KISS**

*University of Novi Sad, Faculty of Technology, 21000 Novi Sad, Serbia*

The paper points out the possible place and importance of catalysis in the future, concerning the problem of the accumulation of carbon dioxide in the atmosphere. Catalysis can give an answer to solving the problem of lack of raw materials in the distant future, when the reserves of oil, natural gas and coal would be exhausted. The paper further, set the importance and role of catalysis in the protection of our planet from global warming. The authors see the solution of these problems in the use of recycled carbon dioxide. Recycled waste gas, carbon dioxide, can be used for the production of methanol-based fuels (the basis for the synthesis of artificial gasoline) and dimethyl ether (the basis for the synthesis of synthetic diesel); for the synthesis of low molecular weight olefins, polymers and other materials.

The capture and disposal of carbon dioxide from the flue gases and from the atmosphere were shown also, briefly. The valorization of recycled carbon dioxide could be realized by various catalytic processes. The basis of these processes is the reduction of carbon dioxide in the presence of: a) conventional catalysts; b) photocatalytic semiconductors and c) mono- and multinuclear catalyst complexes.

Methanol economy and hydrogen economy are shown in the view of Nobel Laureate G.A. Olah. In the final part of the article the authors discuss the problem in the scope of life cycle assessment (LCA) related to this issue. The results of these analyzes, and the results of LCA, carried out by the authors of this paper, show the need, as well as the justification of the research in the field of carbon dioxide recycling, and their use for energy and fuel production, and for their use as a raw material generally, in the field of chemical industry.

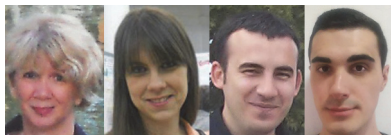
## ЛИТЕРАТУРА

1. M. Mikkelsen, M. Jørgensen and F.C. Krebs. The teraton challenge. A review of fixation and transformation of carbon dioxide. *Energy Environ. Sci.*, 2010; 3: 43-81.
2. 21<sup>st</sup> Session of the Conference of the Parties, COP21, to the UN Framework Convention on Climate Change, UNFCCC, Paris, 7- 8 December, 2015.
3. J.M. Тадић, В.М. Тадић, Тик так...Хемијски преглед. 2011; 52 (5):114-119.
4. <http://www.google.com/patents/US4330513>), Retrieved, 2016-02-10.
5. J. Valaska. A szén-dioxid-levélasztás és-visszasajtolás szükségessége és korlátai a hazai szénelapú erőművek esetében. *Magyar Tudomány*. 2011; 4:441-443.
6. Silvester, L.; G. Boskovic, E. Heracleous, A. Antzara, A. A. Lemonidou, D. B. Bukur Characterization of NiO-based oxygen transfer materials for sorption enhanced chemical looping steam methane reforming, *Proceedings of the 13th International Conference on Clean Energy*, Istanbul, 2014;. p. 1252-1257. ISBN: 978-605-64806-0-7
7. L. Silvester, A. Antzara, G. Boskovic, E. Heracleous, A. A. Lemonidou, D. B. Bukur. NiO supported on Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and ZrO<sub>2</sub> oxygen carriers for chemical looping steam methane reforming. *Int. J. Hydrogen Energy*. 2015; 40 (24):7490-7501.
8. C. Maeda, Y. Miyazaki, T. Ema. Recent progress in catalytic conversions of carbon dioxide. *Catal. Sci. Technol.* 2014; 4:1482-1497.
9. X. Lim. How to make the most of carbon dioxide. *Nature*. 2015; 526: 628-630.
10. G.A. Olah, A. Goepfert, and G.K. Surza Prakash. Chemical Recycling of Carbon Dioxide to Methanol and Dimethyl Ether: From Greenhouse Gas to Renewable, Environmentally Carbon Neutral Fuels and Synthetic Hydrocarbons. *J.Org.Chem.*, 2009; 74: 487-498.
11. C.Song, W. Pan. Tri-reforming of methane: A novel concept for synthesis of industrially useful synthesis gas with desired H<sub>2</sub>/CO ratios using CO<sub>2</sub> in flue gas of power plants without CO<sub>2</sub> separation. *Prepr. Pap.-Am.Chem.Soc., Div.Fuel Chem.* 2004; 49(1): 128-131.
12. Z. Jiang, T.Xiao, V.L. Kuznetsov and P.P. Edwards. Turning carbon dioxide into fuel. *Phil. Trans. Roy. Soc. A*. 2010; 368: 3343-3364.
13. M. Aresta, A. Dibenedetto, A. Angelini. The changing paradigm in CO<sub>2</sub> utilization. *Journal of CO<sub>2</sub> Utilization*. 2013; 3-4: 65-73.
14. M.R. Hofmann, J.A. Moss and M.M. Baum. Artificial photosynthesis: semiconductor photocatalytic fixation of CO<sub>2</sub> to afford higher organic compounds (Perspective). *Dalton Trans.* 2011; 40: 5151-5158.
15. B.R. Eggins, P.K. Robertson, J.H. Stewart and W.Woods. Photoreduction of carbon dioxide on zinc sulfide to give four-carbon and two-carbon acids. *J.Chem.Soc., Chem. Commun.* 1993; 4: 349-350.
16. H. Takeda, O. Ishitani. Development of efficient photocatalytic systems for CO<sub>2</sub> reduction using mononuclear and multinuclear metal complexes based

- on mechanistic studies. *Coordination Chemistry Reviews*, 2010; 254: 346-354.
17. J. Kothandaraman, A. Goepfert, M. Czaun, G.A. Olah, G.K.S. Prakash. Conversion of CO<sub>2</sub> from Air into Methanol Using a Polyamine and a Homogeneous Ruthenium Catalyst. *Journal of the American Chemical Society*. 2016; 138: 778-781.
  18. J.A. Rollin, J.M. del Campo, S. Myung, F. Sun, C. Zou, A. Bakovic, R. Castro, S.K. Chandrayan, C-H. Wu, M.W.W. Adams, R.S. Senger, and Y-H.P. Zhang. High-yield hydrogen production from biomass by in vitro metabolic engineering: Mixed sugars coutilization and kinetic modeling. *PNAS/ Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 2015;112:16, 4964-4969.
  19. A.J. Ragauskas, C.K. Williams, B.H. Davison, G. Britovsek, J. Cairney, C.A. Eckert, W.J. Frederick Jr., J.P. Hallett, D.J. Leak, C.L. Liotta, J.R. Mielenz, R. Murphy, R. Templer, T. Tschaplinski. The Path Forward for Biofuels and Biomaterials. *Science*. 2006; 311: 484-489.
  20. G.A. Olah. Beyond Oil and Gas: The Methanol Economy. *Angew. Chem. Int. Ed.* 2005; 44:2636-2639.
  21. O.R. Inderwildi, D.A. King. Quo vadis biofuels ? *Energy Environ. Sci.* 2009; 2:343-346
  22. E. Gnonsounou, A. Dauriat, J. Villegas, L. Panichelli. Life cycle assessment of biofuels: Energy and greenhouse gas balances. *Bioresource Technology*, 2009; 100: 4919-4930.
  23. M. Tomic, R. Micic, F. Kiss, N. Dedovic, M. Simikic. Economic and environmental performance of oil transesterification in supercritical methanol at different reaction conditions: Experimental study with a batch reactor. *Energy Conversion and Management*. 2015; 99:8-19.
  24. F.E. Kiss, R.D. Micic, M.D. Tomic, E.B. Nikolic-Djoric, M.Đ. Simikic. Supercritical transesterification: Impact of different types of alcohol on biodiesel yield and LCA results. *J.of Supercritical Fluids*. 2014; 86:23-32.
  25. F.E. Kiš, G.C. Bošković. Ocenjivanje uticaja životnog ciklusa biodizela ReCiPe metodom. *Hem. Ind.* 2013; 67(4):601-613.
  26. B. Stricky, F. Kiss, M. Međugorac. Ocenjivanje životnog ciklusa električne energije dobijene iz biogasa u postrojenju "Mirotin Energo" u Vrbasu. *Savremena poljoprivredna tehnika*. 2014; 40(2):77-86.
  27. B. Azzopardi, J. Mutale. Life cycle analysis for future photovoltaic systems using hybrid solar cells. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2010; 14:1130-1134.
  28. B. Tremeac, F. Meunier. Life cycle analysis of 4.5 MW and 250 W wind turbines. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2009; 13:2104-2110.
  29. <http://www.chemicals-technology.com/projects/george-olah-renewable-methanol-plant-iceland>



## ВЕСТИ из ШКОЛЕ ВЕСТИ за ШКОЛЕ



Драгица ТРИВИЋ, Весна МИЛАНОВИЋ, Александар ЂОРЂЕВИЋ, Предраг БУКАРА, Универзитет у Београду - Хемијски факултет, [dttrivic@chem.bg.ac.rs](mailto:dttrivic@chem.bg.ac.rs), [vesnamilanovic@chem.bg.ac.rs](mailto:vesnamilanovic@chem.bg.ac.rs), [alek2102@gmail.com](mailto:alek2102@gmail.com), [predragbukara@gmail.com](mailto:predragbukara@gmail.com)

### НЕКА ВИЂЕЊА ОСМАКА, НАЈБОЉИХ У ХЕМИЈИ 2014/2015. ГОДИНЕ, И ВИЂЕЊА ЊИХОВИХ НАСТАВНИКА

Претходне две школске године након општинског, окружног и републичког такмичења из хемије за ученике основних школа, најбољи осмаци имали су додатну прилику да испитају своје знање решавањем проблема у оквиру Српске хемијске олимпијаде (СХО). Био је то двогодишњи пробни додатни ниво такмичења, чије се даље организовање за ученике основних школа не планира.

У овом чланку поделићемо са читаоцима шта су нам рекли најбољи ученици осмог разреда и њихови наставници током друге по реду Српске хемијске олимпијаде, одржане 31. маја 2015. године, у организацији Српског хемијског друштва, Нафтне индустрије Србије, Министарства просвете, науке и технолошког развоја и Хемијског факултета Универзитета у Београду. На овом нивоу такмичења учествовало је шест првопласираних ученика осмог разреда на Републичком мије, о избору будућег занимања и о улози наставника

такмичењу из хемије, одржаном у Крагујевцу, 23-24. маја 2015. године (табела 1).

СХО је за ученике основне школе у 2015. години, за разлику од претходне, реализована у једном дану. Ученици су током три сата решавали четири проблемска задатка, који су обухватили и експериментални рад. Проблеми су били постављени у контекст свакодневног живота и носили су називе: 1. *Тражи воду у јајеџу, а не глаку!* 2. *Има ли у Шећеру у ђраку нешто што није слатко?* 3. *Памук или вуна? Пићање је сав!* 4. *У којим кесицама су електиролити?*

Након завршетка израде теста и експерименталних задатака, ученици су разговарали са два модератора дискусије о одржаном такмичењу, тежини захтева у тесту и о експерименталним задацима, примењеној стратегији решавања задатака и проблемима током решавања задатака, шта мисле о настави и учењу хемије у процесу образовања и васпитања.

Табела 1. Учесници СХО 2015. године

Пласман	Име и презиме ученика	Назив основне школе	Место	Име и презиме наставника
1.	<b>Игор Топаловић</b>	Душан Јерковић	Ужице	<b>Брана Арсовић</b>
2.	<b>Маја Цветковић</b>	Мирослав Антић	Ниш	<b>Јелена Радовић</b>
3.	<b>Лазар Крачуновић</b>	Прва обреновачка основна школа	Обреновац	<b>Маријана Новитовић</b>
4.	<b>Миона Томић</b>	Светозар Марковић	Лесковац	<b>Весна Стојановић</b>
5.	<b>Јелена Рајковић</b>	Станислав Сремчевић	Крагујевац	<b>Љиља Милошевић</b>
6.	<b>Невена Василевска</b>	Вук Караџић	Пожаревац	<b>Срђан Петровић</b>

Током разговора који је трајао 45 минута, као и током ишчекивања објављивања резултата, ученици су били добро расположени и неоптерећени пласманом. Више пута су истакли да учешће на СХО сматрају великим успехом, да добро знају хемију и да ће нијансе одлучити ко ће бити победник. У наставку су наведена питања постављена учесницима СХО и њихови одговори.

*Који вам је захтев био најтежи у експерименталним задацима а који најлакши?*

Сви ученици су се усагласили да је експериментално било најтеже одредити у којој бочици се налази вунa, а у којој памук. Као лаке експерименталне задатке ученици су навели доказивање воде у јајету помоћу анхидрованог бакар(II)-сулфата и доказивање разлике у својствима сахарозе и комерцијалног производа *Шећер у праху*.

*Шта вас је највише збуњивало у експерименталним задацима?*

Ученици су одговорили да је то изостајање убицајених детаљних описа поступка рада. Отворена питања су захтевала да сами планирају начин рада. У испуњавању задатка са доказивањем воде у јајету имали су дилему да ли је потребно одвојити жуманце од беланцета, и онда посебно доказивати воду, или доказивати воду у јајету без одвајања жуманцета од беланцета. Такође, збуњивало их је што је предвиђени простор за писање одговора био већи од оног који су они проценили да им је потребан за потпун одговор (што указује на стратегију предвиђања дужине одговора на основу простора остављеног за одговор).

*Који вам је задатак био најлакши а који најтежи?*

Као најлакше задатке ученици су издвојили задатак у коме је требало израчунати колико се остатака молекула глицина налази у полипептиду чија је релативна молекулска маса дата и задатак у коме је требало допунити текст речима које недостају о процесу фотосинтезе.

*Какве сће стратегије примењивали за решавање задатака?*

На ово питање најчешћи одговор био је да су задатке радили по реду, уз коментаре да су према очекиваним исходима експерименталног рада правили план испитивања у експерименталним задацима.

*Да ли сће проверавали решења задатака?*

Пет од шест ученика је одговорило да су проверавали решења задатака док је један ученик дао следећи одговор: „Нисам стигао, било би боље да је експериментални рад одвојен од задатака у два термина, нисам знао на шта прво да се фокусирам, било је хаотично.“

*На који начин сће проверавали решења?*

Ученици су навели као начин проверавања решења задатака поновно прецизно читање задатака и пролажење кроз цео поступак рада.

*Зашто сће се одредили да се такмичити даш из хемије?*

Два ученика су се такмичила само из хемије, док су четири ученика ишла на такмичења и из других предмета. Ученици су навели да су се због интересовања за природне науке одредили за такмичење у области хемије.

*Шта планирате да уишете када завршите основну школу?*

Свих шест ученика желе да упишу гимназију али се још нису одредили за смер, а након завршетка средњошколског образовања себе виде као студенте Медицинског факултета (један ученик) или студенте неког од факултета из групе природно-математичких факултета.

*Да ли неко од вас жели да буде наставник?*

Ниједан ученик није изразио жељу да буде наставник. Објаснили су да је то зато што они знају какви су, већином, њихови вршњаци и колико не поштују наставничко занимање.

*Ко диктира однос између ученика и наставника?*

Ученици су се усагласили да се однос „диктира“ обострано. Истакли су да однос ученика према наставнику умногоме зависи од структуре и става одељења. С друге стране, према мишљењу такмичара, наставник не би требало да „заводи страхопоштовање“, нити да буде превише опуштен и другарски расположен према ученицима, јер они то знају да злоупотребе, већ би требало да буде одлучан и правичан.

*Да ли наставник има васпитну улогу?*

Ученици су се усагласили да наставници имају мали васпитни утицај на ученике и да васпитну улогу првенствено имају родитељи. Истакли су да је наставнику тешко да утиче на ученика који у породици није стекао основно васпитање.

*Шта дисциплину урадили на часовима хемије да их учините занимљивијим?*

Ученици су предложили већи број огледа на часовима што би олакшало учење. Интересантан је начин на који су покушали да објасне позицију наставника хемије у прављењу занимљивих часова: „Можда и наши наставници желе да наши часови буду занимљивији али немају довољно времена јер имају мало часова предвиђених планом и програмом па не могу лако све да ускладе, али било би боље да постоји већи број огледа на часовима зато што се тако лакше учи.“

*Који су вам садржаји хемије били најтежи за разумевање?*

Ученици су издвојили као најтеже садржаје из органске хемије, због обимности и мало времена да се њима детаљно баве. Изразили су и негодовање што им наставници на нека питања из органске хемије одговарају да ће о томе учити у средњој школи и тиме их оставе без објашњења. Истакли су да би било корисно да учење хемије у основној школи креће раније (у шестом разреду), што би омогућило више времена за детаљнију обраду садржаја хемије и разумевање тог садржаја.

На крају самог разговора ученицима је постављено неколико питања о томе зашто се уче неки појмови из хемије. Добили смо усаглашене одговоре и наводи-мо их наставку.

*Зашто је хемичарима важан њојам мола?*

„Зашто што је њојредна величина која њовезује масу и количину честиица и да би сви користирили исту мерну јединицу.“

*Шта је њо хемијска веза?*

„Хемијском везом се сјајају честиице и њено разумевање је битно да би разликовали својства суйстианце.“

*Како замишљајте атом?*

„Као малу лойициу која ѡредставља језиро, оба-вијену ѡрозирним омошачем који ѡредставља електироне.“

*Да ли су вам наставници ѡказивали моделе атома?*

Сви ученици су рекли да су им наставници на табли цртали моделе структуре атома, али и да су сами правили моделе неких атома што им је пуно помогло у разумевању структуре атома.

Разговор с наставницима обухватио је њихово виђење о најбољим моментима у њиховом раду, о условима рада у школи, сарадњи с колегама, о положају наставника у друштву, о основним идејама из хемије које желе да пренесу ученицима. Наставници најбољих осмака у 2014/2015. школској години имали су различито претходно радно искуство: од седам година, девет, 17, 23 године, 27 година, до 32 године рада у просвети. У наставку су наведена питања и одговори наставника у форми у којој су их они дали.

*Шта дисциплину издвојили као најбоље моменте у вашем досадашњем раду с децом?*

Љиља Милошевић: Рећи ћу вам за моју децу да имају страх од мене, од предмета, али и да их научим, тако да када оду у гимназију или било коју другу школу знају да сам их научила. Тај страх, то је тренутно, можда у седмом разреду, а касније у новој средини виде шта је остало.

Брана Арсовић: Ја имам једно лепо искуство. Владимир Пауновић, који је био први на републичком такмичењу и у седмом и у осмом разреду. Он је завршио факултет и мастер студије. Прошле године кад је завршио оба нивоа студија, дошао је код мене у школу да ми прича о свом школовању у Холандији. Сад је добио стипендију од неке немачке фирме. То ми је баш легло на срце. Сатисфакција су деца која кад положи пријемни испит на жељеном факултету дођу код нас да се похвале, или дођу да се похвале због положених испита на студијама. Иако сам ја прошлост, средња школа је ипак нешто озбиљније, а они ме ипак не забораве. Е то ми је велика сатисфакција.

Љиља Милошевић: Има их који су студирали и завршили хемију, изгубили се у току средње школе, а онда дођу и кажу да су направили избор студија због вас. Леп је осећај, али то што знам да немају где да се запосле тешко ми пада.

Весна Стојановић: Мени је задовољство кад сретнем бивше ученике и када ми кажу да немају никаквих проблема са хемијом. Држим доста часова додатне наставе у седмом разреду и много ученика долази на додатну наставу што говори о томе колико је њима занимљива хемија на мојим часовима, а то је нешто лепо. Као и летње школе хемије које нам организују. Ту дођу ученици, најпре најбољи, али дођу и они који су мало слабији. Поента је у томе да и они слабији следеће године буду бољи из хемије и мотивисани за рад, што је стварно позитивна ствар.

*Хоћете да кажете да и ученици са нешто нижим ѡстигнућима када се нађу у добром окружењу ѡстижу боље резултате?*

С обзиром да ми немамо ни кабинет, а камоли лабораторију у школи, ученици када се нађу у добром

окружењу, када раде према другачијем програму који укључује огледе, све то доприноси да им хемија постаје занимљивија.

Јелена Радовић: Ако би о условима говорили, вероватно су услови што се тиче кабинетског рада код мене најгори. Ми немамо ништа, 2-3 чаше, али зато доста радимо на додатној, шта бих сад издвојила. Издвојила бих да на почетку седмог разреда деца много заволе хемију и жеља им је да имамо кабинет, али га за сада немамо. Као најбољи моменат до сада свакако бих издвојила прво место на Републичком такмичењу и ово сад.

Маријана Новитовић: Мени је од првог дана рада највеће задовољство рад с талентованом децом. Морам да признам, последњих година, то ми је и једино задовољство у раду, јер се све јако променило, бар у основним школама. Све је мање деце. Што се услова за рад тиче, они су били лоши у школи у којој радим. Али у сваком злу има и доброг. После поплаве нашли смо спонзоре и сад смо опремљенији него икад. Први новац који је уложен у школу, уложен је у кабинет. Пре тога довијали смо се на разне начине. На сву срећу имамо гимназију и хемијску школу, снабдевање је ишло неким каналима, али сад имамо своје. Чак смо у ситуацији да и ми позајмљујемо.

*Ко вам љуби највећу подршку у раду?*

Неки наставници су изјавили да не добијају посебну подршку за рад већ да постоји само унутрашња мотивација.

Маријана Новитовић: Ја морам да признам да сам имала подршку од директора иако се неколико директора променило у школи у којој радим. Подршка је када видите да неко цени то што радите.

*Шта ученици највише воле на часовима хемије?*

- Дефинитивно огледе.

*А колико имају таквих часова?*

- Девет-десет као вежбе.

*Има ли још љуби за огледе?*

- За Дан школе, када су отворена врата, али то је за прваке, кад се уписују у школу. За Дан школе је најпосећенији био кабинет хемије где су такмичари изводили огледе: дух из боце, сагоревање магнезијума, вулкан.

- Ми смо у Ужицу имали фестивал науке. Основне школе су имале тако лепе огледе, биле су ту све природне науке, али мислим да је хемија била најинтересантнија и најпосећенија.

- Обележавали смо 190 година постојања Прве обреновачке основне школе. Позвала сам у помоћ Душана Вељковића, мада сам и са децом изводила огледе. Трудимо се да то сада буде традиција. Интересовање је било велико на нивоу општине Обреновац која има 14 школа. Према сатници ученици су долазили. Било је много деце и људи.

- Што се тиче мотивације ученика, за Дан школе сам, уз помоћ колега, организовала представу. Пошто смо имали госте из Охрида, побратимили смо се са школом из Македоније. Они су дошли и довели ученике из своје школе, а ми смо направили представу на којој су демонстрирани и огледи. Сви моји седмаци су дошли да виде представу. Мислила сам да ћу тако седмаке анимирати да више заволе хемију и свима се свидело.

*Да ли са још неком школом имате сарадњу?*

- Да, са школом из Скопља. Са колегама одржавамо контакт. Они долазе код нас и ми одлазимо код њих, али нема размене ученика због материјалне ситуације.

- Имамо у плану за предстојећи фестивал науке да бивши ученици, такмичари који су и даље успешни у такмичењима из хемије у средњој школи, дођу и демонстрирају огледе.

*Какав је љуби наставника у друштву?*

- Спуштени су критеријуми, нема понављања разреда, нема кажњавања, ученику са 150 неоправданих изостанака у сведочанство се пише примерено владање. Родитељи дођу и кажу ја сам преслишао дете, оно зна за петицу. Ја кажем у реду, ја ћу дати петицу, али то није његова петица већ ваша. Таквим приступом угрожавају се они који сами заслуже своје оцене. Ја све што је добро од стране родитеља подржавам, али верујте много је више оних који само гледају онако како њима одговара. Ја видим да нема ефекта док причам са родитељима. Дете љуто кад га наставник прозове да одговара. Прврне столицу и изађе напоље. Сад морамо да евидентирамо сваку прозивку, шта више, и шта да научи. Пошто сам дуго у школи, све је некако, полако и неприметно кренуло низбрдо.

*Шта су основне идеје из хемије које желите да љренесете ученицима у основној школи?*

- Хемијски симболи, једначине, формуле.

- Мени је најважније да им објасним зашто уче хемију. Кад сам почела да радим, нисам толико обраћала пажњу на то, а онда ме је пресекло питање једног детета код хемијске везе. Дете је све разумело, али је питало зашто све то учи. Од тог тренутка сам почела да обраћам пажњу на питање зашто и која је веза са животом.

- Елементарно знање, основни хемијски појмови, раствори, основне класе једињења, биолошки важна једињења, неке најосновније ствари, узимајући у обзир њихов узраст.

- Да схвате значај хемије, да је хемија свуда око нас. Одговор на питање шта ће мени ово у животу.

- Да схвате примену биолошки важних једињења.

- Ја потенцирам на ономе што им је занимљиво. Значи, почнемо са симболима, грађом атома, кажем питам до краја године енергетску стабилност. То је нешто чему и ми тежимо, некој стабилности.

- Важно ми је да их научим да повезују појмове и да искористе своје знање за касније учење. На пример, слично се у сличном раствара. Кад они то разграниче, после у осмом разреду много лакше науче шта се у чему раствара и то не уче напамет.

- Ја сам им донела чашу и напунила водом до запремине која би одговарала једном молу. И рекла ово вам је један мол воде. Када бисмо избројали све молекуле у чаши то би био Авогадров број. Јер кад се каже мол то је њима апстрактно, а када виде воду то је другачије.

Захваљујемо се ученицима и наставницима, учесницима СХО 2015, што су разговарали са нама. Њихова виђења су драгоцене за све који желе да учине школу бољим местом за развој младих.

## Abstract

THE VIEWS OF THE BEST EIGHTH GRADERS IN CHEMISTRY DOMAIN IN 2014/2015. AND THE VIEWS OF THEIR TEACHERS

In this article the views of the eighth grade students about chemistry in primary school, chemistry competition, the test and experimental tasks, what they like to study in future are presented. Also, in the article we presented the views of chemistry teachers related to the best moments in their practice, condition of work in school, and the main ideas in chemistry that they like to share with their students.



## ИЗВЕШТАЈ О РАДУ СРПСКОГ ХЕМИЈСКОГ ДРУШТВА У 2015. ГОДИНИ

### УСТРОЈСТВО

Делатност Српског хемијског друштва организована је кроз подружнице (Бор, Чачак, Смедерево, Димитровград, Лесковац, Ниш, Параћин, Шабац, Ужице, Врање, Горњи Милановац, Крагујевац, Краљево, Крушевац, Трстеник, Косовска Митровица), СХД-Хемијско друштво Војводине (подружнице Зрењанин, Вршац, Суботица, Сремска Митровица и Кикинда) и секције (наставна, биохемијска, металуршка, електрохемијска, спектрохемијска, за аналитичку хемију, за хемијско инжењерство, за хемију и технологију коже, за хемију и технологију макромолекула, за хемију и технологију влакана и текстила, за хемију и технологију хране, за хемију и заштиту животне средине, за керамику, за органску хемију, за теоријску хемију, за угаљ и угљоводонике, за медицинску хемију, за молекуларну науку о храни).

### НАУЧНЕ МАНИФЕСТАЦИЈЕ И ДРУГЕ АКТИВНОСТИ

Годишња скупштина Друштва је одржана 27.марта на Технолошко-металуршком факултету у Београду. Након предавања Петра Ускоковића и уводне речи председника Друштва, извештај о раду СХД у 2014.години поднела је Р.Баошић, секретар. Финансијски извештај за 2014.годину поднео је Б.Шолаја истакавши да је Друштво позитивно пословало уз велике тешкоће у обезбеђивању средстава. У име Надзорног одбора, извештај је поднела Д.Милић. Прегледом финансијске документације Надзорни одбор је једногласно констатовао да је финансијско-материјално пословање у Друштву вођено у складу са важећим законским прописима. Сви поднети извештаји су једногласно прихваћени. Усвојен је план рада Друштва, као и предлог финансијског плана за 2015.годину. Пошто је Годишња скупштина била и изборна, чланови Скупштине су једногласно изабрали Живослава Тешића, досадашњег председника за председника Друштва и у следећем мандатном периоду од две године.

52. саветовање СХД је одржано 29. и 30.маја у Новом Саду на Технолошком и Пољопривредном факултету. По доброј традицији, на скупу су изложени оригинални научни радови из практично свих области хемије, хемијске технологије и металургије. На Саветовању је представљено 124 са-

општења подељених у три постерске сесије. У оквиру научног програма одржана су три пленарна предавања, три предавања по позиву и девет усмених саопштења. Кратки изводи саопштења (на српском и енглеском језику), као и пленарних предавања и предавања по позиву налазе се у Књизи извода радова и на компакт диску као саставни материјал Саветовања. Оцена учесника Саветовања и чланова Организационог и Научног одбора је да је овај скуп одржан на високом организационом и научном нивоу и са веома садржајним друштвеним програмом.

3. конференција младих хемичара одржана је 24.октобра на Хемијском факултету у Београду у организацији СХД и Клуба младих хемичара Србије. Конференција је била тематска, сва предавања била су посвећена хемији хране. Било је прихваћено укупно 106 радова. Европска мрежа младих хемичара обезбедила је награду за најбоље постерско саопштење. Награду је уручио Емануел Ехмки, члан Управног одбора и представник Немачке у овој организацији.

Клуб младих хемичара је учествовао на десетом Годишњем састанку Европске мреже младих хемичара који је одржан у Берлину од 7. до 12.априла. Осим Србије, своје представнике имала су и хемијска друштва Португалије, Шпаније, Ирске, Француске, Велике Британије, Холандије, Белгије, Италије, Аустрије, Немачке, Шведске, Финске, Пољске, Румуније, Грчке, Русије и Израела. Наш представник, Јелена Радивојевић, се прикључила Тиму за чланство Европске мреже младих хемичара.

Априлски дани просветних радника, 26. семинар за наставнике и професоре хемије, одржан је 15. и 16. априла 2015. године на Хемијском факултету у Београду. Семинар су похађали наставници и професори хемије са територије Србије, као и два наставника из региона. На семинару је одржано осам популарних предавања. Наставници су нагласили да су им теме врло корисне за праксу, укључујући и садржај тема обрађених на скупу у вези са заштитом животне средине, правилном исхраном и бригом о здрављу, што је у складу с важећим наставним програмима и образовним стандардима, и битан је део образовања младих у области хемије.

51. Републичко такмичење из хемије за ученике основних школа, у организацији СХД и Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије одр-

жано је Првој крагујевачкој гимназији од 22. до 24. маја. Комисија је радила у саставу: Драгица Тривић, Биљана Томашевић, Весна Милановић, Игор Матијашевић, Милан Николић, Милош Милчић, Снежана Мандић, Радојка Ђурчевић, Рада Баошић, Наталија Половић, Александар Лолић, Тамара Тодоровић, Александар Ђорђевић, Никола Стевановић, Милен Тошић.

**51. Републичко такмичење из хемије за ученике средњих школа**, у организацији СХД и Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије, одржано је у Истраживачкој станици Петница од 15. до 17. маја. У категорији Тест и практични део учествовао је 41 ученик I разреда, 45 ученика II разреда и 54 ученика III и IV разреда. У категорији Тест и самостални истраживачки рад учествовала су 3 ученика I и II разреда и 5 ученика III и IV разреда. У припреми и жирију такмичења били су ангажовани: Душан Сладић, Нико Радуловић, Ирена Новаковић, Ђенђи Ваштаг, Полина Благојевић, Сања Гргурић-Шипка, Маја Шумар, Милица Миленковић, Милош Пешић, Гордана Крстић, Срђан Туфегдић, Божидар Чобељић, Видак Раичевић, Нина Јевтић и Љубица Перић. Одабрани су такмичари за Српску хемијску олимпијаду.

**Српска хемијска олимпијада за ученике основних школа** је одржана 31. маја у организацији СХД, Нафтне индустрије Србије, Министарства просвете, науке и технолошког развоја и Хемијског факултета Универзитета у Београду. На овај ниво такмичења позвано је шест ученика 8. разреда с најбољим резултатима постигнутим на Републичком такмичењу из хемије. Комисија је радила у саставу: Драгица Тривић, Милош Милчић, Биљана Томашевић, Рада Баошић, Игор Матијашевић, Весна Милановић и Александар Ђорђевић.

**Српска хемијска олимпијада за ученике средњих школа** је одржана од 29. и 31. маја у организацији СХД, Нафтне индустрије Србије, Министарства просвете, науке и технолошког развоја и Хемијског факултета. Ово такмичење је било и изборно такмичење за 47. Међународну хемијску олимпијаду. Комисија је радила у саставу: Душан Сладић, Нико Радуловић, Ирена Новаковић, Александра Миловановић, Полина Благојевић, Маја Шумар-Ристовић, Видак Раичевић, Срђан Туфегдић, Милица Миленковић, Марко Јеремић и Марија Денић.

**7. Симпозијум Хемија и заштита животне средине-EnviroChem** у организацији СХД, Секције за хемију и заштиту животне средине, одржан је од 9. до 12. јуна на Палићу. Овом традиционалном симпозијуму присуствовао је велики број учесника из земље и иностранства (Јапан, Немачка, Велика Британија, Румунија, Словачка, Чешка, Словенија, Црна Гора и Србија). Представљено је више од 170 радова, у виду усмених излагања и постер презентација, на којима је сарађивало преко 500 аутора. У програм симпозијума укључен је и Мини симпозијум - округли сто "Очување пијаћих вода Србије" у организацији академијског одбора Човек и животна средина, САНУ. Такође, у оквиру Симпозијума одржан је и округли сто Јапан-Србија под насловом „Заштита животне средине без граница“ који је резултирао Палићком декларацијом.

**47. Међународна хемијска олимпијада** је одржана у Бакуу, у Азербејџану, од 20. до 29. јула. Екипи из Србије је ово било четврто учешће на овом такмичењу. Алекса Милосављевић је освојио златну медаљу, Милош Грубор и Милош Селаковић сребрне медаље, а Стефан Стојановић бронзану медаљу. На олимпијади се такмичило 292 учесника. Екипно смо заузели 5. место у Европи и 13. у свету (од 75 земаља). Припреме, под руководством ментора Душана Сладића и Ника Радуловића су одржане на Хемијском факултету у Београду, а учешће екипе је финансирано од стране Нафтне индустрије Србије, Министарства просвете, науке и технолошког развоја и СХД.

Сарадња СХД у оквиру **EuChemS-a** је и даље на високом нивоу. Славица Ражић је изабрана за председника аналитичке секције, док је Драгица Тривић члан наставне секције.

**Свечана скупштина Српског хемијског друштва** одржана је 3. децембра у Свечаној сали САНУ. Добитник Медаље за трајан и изванредан допринос науци за 2014. годину, Велимир Попсавин одржао је предавање "Развој нових анђијуморских ајенаса и њихова њрелиминарна биолошка исијивања". Добитник Медаље за прегалаштво и успех у науци за 2014. годину, Полина Благојевић одржала је предавање "Биљне врсте њородице Asteraceae: нова једињења, хемостакономија, биолошка активност и још ионешто".

Председник Комисије за јавна признања СХД, Р.Баошић, известила је о годишњим наградама и признањима. Награђени студенти су добили, уз диплому, бесплатно двогодишње чланство у Друштву и двогодишњу претплату на *Journal of the Serbian Chemical Society*.

Добитници **Специјалног признања СХД**, признања за изванредан успех у студирању су:

Милица Стевановић, Природно-математички факултет, Ниш – 9,67

Ивана Јазић, Природно-математички факултет, Нови Сад – 9,58

Маја Круп, Природно-математички факултет, Нови Сад – 9,58

Маја Обрадовић, Природно-математички факултет, Нови Сад – 9,58

Јелена Васиљевић, Природно-математички факултет, Нови Сад – 9,58

Даница Шмркић, Природно-математички факултет, Нови Сад – 9,59

Снежана Радивојевић, Природно-математички факултет, Нови Сад – 9,61

Наташа Судар, Природно-математички факултет, Нови Сад – 9,61

Сања Рацков, Природно-математички факултет, Нови Сад – 9,62

Дуња Куцурски, Природно-математички факултет, Нови Сад – 9,69

Јована Мијатов-Јанчић, Природно-математички факултет, Нови Сад – 9,78

Ана Тасић, Природно-математички факултет, Нови Сад – 9,82

Марија Узелац, Природно-математички факултет, Нови Сад – 9,94

Маја Урошевић, Технолошки факултет, Лесковац – 9,63

Александра Петровић, Технолошки факултет, Лесковац – 9,71

Јелена Митровић, Технолошки факултет, Лесковац – 9,80

Јелена Лазић, Хемијски факултет, Београд – 9,65

Јелица Милошевић, Хемијски факултет, Београд – 9,71

Катарина Богојевић, Хемијски факултет, Београд – 9,77

Вања Мишковић, Технолошки факултет, Нови Сад – 9,50

Јована Станојевић, Технолошки факултет, Нови Сад – 9,56

Борис Стрицки, Технолошки факултет, Нови Сад – 9,56

Жељко Ланчурски, Технолошки факултет, Нови Сад – 9,59

Марија Увалин, Технолошки факултет, Нови Сад – 9,62

Анига Вакула, Технолошки факултет, Нови Сад – 9,69

Тања Лужаић, Технолошки факултет, Нови Сад – 9,74

Јована Делић, Технолошки факултет, Нови Сад – 9,76

Младен Бугарчић, Технолошко-металуршки факултет, Београд – 9,56

Александар Ризнић, Технолошко-металуршки факултет, Београд – 9,76

Марко Митић, Факултет за физичку хемију, Београд – 9,59

Добитници **Годишње награде СХД**, која обухвата и новчану награду, су петоро најбољих студената са различитих факултета:

Магдалена Тасић, Природно-математички факултет, Ниш – 10,00

Вукослава Мишков, Природно-математички факултет, Нови Сад – 10,00

Сандра Стаменковић, Технолошки факултет, Лесковац – 10,00

Јелена Стевановић, Хемијски факултет, Београд – 9,97

Станислава Млинар, Технолошки факултет, Нови Сад – 9,85



Финансијски део студентских награда за ову годину обезбедио је Хемијски факултет Универзитета у Београду, на чему СХД захваљује декану Факултета.

За **заслужног члана** као израз захвалности и признања за уложени труд и постигнуте резултате на остваривању циљева Друштва, изабран је Живадин Бугарчић, док је за **почасног члана**, као израз захвалности и признања за уложени труд и постигнуте резултате на остваривању циљева Друштва, као и за допринос значају и угледу Друштва, изабран Иван Гутман.

СХД је доделило **Захвалнице** домаћинима Републичког такмичења: Првој крагујевачкој гимназији и Истраживачкој станици Петница као знак признања за подршку организацији Републичког такмичења из хемије за ученике основних и средњих школа и Захвалнице олимпијцима који су поред тога добили и једногодишњу претплату на часопис Nature.

Додељена су и научна признања Друштва за допринос развоју хемијске мисли у нас.

**Медаља за изванредне резултате у настави** додељена је Гордани Гајић као израз признања за унапређење наставе у основним школама и постигнуте резултате на такмичењима.

**Медаља за прегалаштво и успех у науци** додељена је Давору Антанасијевићу као израз признања за резултате истраживања хемијских загађивача у области животне средине.

**Медаља за трајан и изванредан допринос науци** додељена је Богдану Шолаји као израз признања за допринос развоју антималярике и инхибитора неуротоксина и еболе, као и за укупни допринос научном развоју, унапређењу универзитетске наставе, школовању научног подмлатка и подизању угледа Друштва.

У оквиру подсећања на историју хемије, Снежана Бојовић је читала пригодне текстове

## РАД ПРЕДСЕДНИШТВА И УПРАВНОГ ОДБОРА СХД

На састанцима Председништва и Управног одбора расправљало се о текућим активностима Друштва, разматрани су извештаји о одржаним манифестацијама, као и организације предстојећих, извештавано је о сарадњи Друштва са Европском асоцијацијом за хемију и молекуларне науке и другим асоцијацијама хемичара, расправљало се о публикацијама Друштва, финансирању и раду секција и подружница.

## ЧЛАНАРИНА И ПРЕТПЛАТА НА ПУБЛИКАЦИЈЕ

Висина чланарина и претплате на публикације за 2015. годину била је следећа:

### Чланарине

за запослене.....	1.800,00
за наставнике основних и средњих школа.....	1.000,00
за студенте основних студија и пензионере.....	800,00
за иностранство.....	50 €
JSCS	
за чланове Друштва.....	2.500,00
за чланове студенте основних студија и пензионере	1.000,00
за институције.....	16.000,00
за чланове из иностранства.....	50 €
за институције из иностранства.....	150 €
XII	
За чланове Друштва - у оквиру чланарине	
за школе и остале институције.....	3.500,00
за институције из иностранства.....	50 €

## РАД ПОДРУЖНИЦА ДРУШТВА

**Подружница у Смедереву.** Председник подружнице је Слађана Ранковић. На састанцима су размњавана искуства из наставе у основним и средњим школама у Смедереву. Дискутовано је о могућој међусобној сарадњи ових школа. Одржана је обука наставника за коришћење eTwinning портала у настави. Наставници су се овом приликом упознали са могућностима које овај портал пружа како ученицима тако и самим наставницима.

**Подружница у Крушевцу.** Председник подружнице је Дејан Радманац. Настављена је успешна сарадња са организаторима Нетлаке групације, која је обезбедила средства за испитивање параметара воде. У оквиру ове сарадње ученици седмих разреда основних школа из Крушевца су на одређеним пунктовима реке Расине и Мораве испитивали параметре воде (растворни кисеоник, температуру, замућење, проводљивост, рН). Чланови подружнице су учествовали у организацији општинских и окружног такмичења из хемије за ученике основних школа.

## РАД СЕКЦИЈА ДРУШТВА

**Наставна секција.** Нови председник секције је Милош Козић. Досадашњи председник секције Милка Костић је поднела извештај. Одржано је седам састанака. Наставници који су похађали програм „Наставна секција“ су добили потврде СХД о учешћу у реализацији програма. На овим састанцима је дискутовано о организацији и реализацији такмичења за ученике основних и средњих школа. На априлском и мајском састанку су ученицима додељене дипломе са Градског такмичења. Организовано је присуство ученика манифестацији „Од магије до хемије“. На састанцима Наставне секције су излагали следећи предавачи: Весна Милоновић „Валидација инсџрумената-истраживачки тиест“, Данијела Грујовић „Како направиши хемијски часовник“, Снежана Параносић и Милка Костић „Тајне калцијум-карбоната“, Милка Костић „Инијерирејација и реализација садржаја њрограма наставе хемије“, Бранимир Јованчићевић о посети Јапану у оквиру пројекта помоћи Србији у борби за очување животне средине, Милка Костић о новом правилнику о оцењивању ученика средњих школа, Љиљана Ђурђевић о успешности ученика основних школа на квалификационом комбинованом тесту из хемије у односу на остале предмете и разлозима таквог резултата и Филип Бишеловић новом облику сарадње Хемијског факултета са наставницима хемије (могућност да наставници средњих школа са својим ученицима присуствују предавањима у оквиру предмета „Школски огледи у настави хемије“).

**Секција за аналитичку хемију.** Председник секције је Славица Ражић, секретар Татјана Вербић. Аналитичка секција је одржала три састанка. Организована су три предавања. На Хемијском факултету је др Uko Maran, Institute of Chemistry, Faculty of Science and Technology, University of Tartu, Estonija, одржао предавање под насловом „Electronic organization and archiving of in silico predictive models in chemistry and related areas“, а професор Jan Labuda, Institute of Analytical Chemistry, Slovak University of Technology in Bratislava, Slovakia, предавање под насловом „Analytical Chemistry of Nanomaterials and Nanomaterials in Analytical Chemistry“. У Галерији фресака у Београду Comstanza Miliani, CNR-ISTM, Perugia, Italija, одржала је предавање под насловом „Non-invasive investigations of paintings by portable instrumentation: The MOLAB experience“. Чланови секције су учествовали на најважнијој конференцији из области аналитичке хемије Euroanalysis 18, док је Славица Ражић била члан научног одбора, жирија за доделу награда за најбоље постерске и усмене презентације младих истраживача и председавала секцијом Environmental Analysis-Organic.

**Електрохемијска секција.** Председник секције је Владислава Јовановић. Секција је одржала три састанка. На састанцима је било присутно око 25-30 чланова, 5-7 гостујућих колега као и 5-10 студената докторских и мастер студија. У

оквиру рада секције одржана су следећа предавања: Бранимир Ђргур „Фотоелектрохемијско понашање полипиррола модификованог сулфидима мetaila Силар мetailодом“, Ирена Цигленички Јушић „Наночестице мetailних сулфида у воденом околишту: електрохемијска, наноравиметријска, STM, AFM и DLS истраживања“, Ивана Јевремовић „Примена органских инхидијора за сиречавање појаве корозије ниско уљеничног челика у присуству CO<sub>2</sub>“ и Мила Крстajiћ „Синтеза, карактеризација и примена Pt каталитизатора дефинисаног облика нанетих на уљенични носач“. Чланови секције су учествовали у раду бројних домаћих и међународних скупова.

**Секција за хемију и заштиту животне средине.** Председник секције је Бојан Радак. Све активности секције су биле усмерене на организацију традиционалног скупа 7. Симпозијум Хемија и заштита животне средине који је одржан од 9. до 12. јуна на Палићу. Скуп је био веома успешан, захваљујући свима који су допринели организацији и одржавању скупа, а пре свега: Маји Турк Секулић, председници Организационог одбора, Јелени Радонић, председници Извршног одбора, Бранимиру Јованчићевићу, председнику Научног одбора и Маји Милановић, извршном секретару. Чланови секције су допринели учешћем у Tempus пројекту Netrel (Network for education and training for public environmental laboratories). У току године било је више контаката са Одељком за заштиту животне средине организације EuChemS, преко представника Иване Иванчев-Тумбас. На састанку Секције је изабрано председништво Секције за наредни двогодишњи мандат: Бојан Радак председник, Маја Турк Секулић потпредседник и Константин Илијевић секретар.

**Секција за хемију и технологију влакана и текстила.** Председник секције је Маја Радетић. У протеклој години се рад секције одвијао кроз учешће чланова на међународним научним конференцијама.

**Секција за молекуларну науку о храни.** Председник секције је Драгана Станић-Вучинић, секретар Јелена Трифковић. Чланови секције, који су у Тиму за аналитику хране, наставили су реализацију билатералног пројекта између Србије и Словеније за циклус 2014-2015, под називом „Одређивање одабраних фитохемикалија у храни“. У оквиру реализације пројекта Душанка Милојковић-Опсеница и Јелена Трифковић су учествовале на 21. Интернационалном симпозијуму о сепарационим наукама. Чланови Секције су у току године конкурисали и за билатералне пројекте између Србије и Словеније, као и Србије и Хрватске за пројектни период 2016-2017. Чланови секције који су у Тиму за протеомику хране организовали су Школу протеомике са теоријским и практичним основама, која је одржана у периоду од 25. до 29. маја у просторијама Хемијског факултета. Последњег дана школе организована је и Симпозијум за масену спектрометрију протеина и протеомику-примена протеомике у биохемији, медицини и имунологији. Предавачи и сарадници школе били су Тања Ђирковић Величковић, Иванка Караџић, Душан Величковић, Катарина Смиљанић, Драгана Станић-Вучинић, Јелена Радосављевић, Данијела Апостоловић, Јелена Весић, Лука Михајловић, Сара Трифуновић и Марија Перушко. На Euro Food Chem XVIII конференцији, највећој и најзначајнијој конференцији у области хемије хране у Европи, која је одржана у Мадриду, од 13. до 16. октобра, Тања Ђирковић Величковић је одабрана да као један од предавача презентује резултате у ударном термину конференције, што указује на све већи реноме и научну препознатљивост истраживача из Србије који се баве науком о храни. Чланови секције су учествовали и у организацији Прве међународне конференције за процену алергеног ризика нових и модификованих протеина хране, „1st International ImpARAS Conference“ одржане у Београду, од 24. до 26. новембра. На годишњем састанку Александра Торбица је одржала предавање под насловом „Технолошки квалитет сировина у процесу креирања прехранбених производа“. Током састанка упућен је позив колегама са

Научног института за прехранбене технологије Универзитета у Новом Саду да се прикључе Секцији.

**Секција за медицинску хемију.** У току 2015. године, у оквиру активности Секције, уз залагање члана секције Б. Дракулића, dr Peter Kenny је 7. маја на Хемијском факултету у Београду одржао предавање под насловом „Aspects of pharmaceutical molecular design“. У периоду од 25. до 29. маја Rekha G. Panchal, истраживач са United States Army Medical Research Institute of Infectious Diseases, Frederick, MD, USA одржала је четири вишесатна предавања у форми миникурса о техникама тестирања биоактивних супстанци и анализа резултата. Теме предавања су биле: „High-throughput Screening assays“, „HTS-Assay Design & Optimization“, „HTS-Phenotypic screening assays“ и „HTS Assays in Drug Discovery & Development“.

**Секција за керамику.** Председник секције је Татјана Волков Хусовић, секретар је Милица Влаховић. Одржана су три састанка. У оквиру својих активности промовисали су младе истраживаче-сараднике. У оквиру састанка следећи млади истраживачи су одржали предавања: Јелена Пантић, Тамара Миновић Арсић, Сања Премаћ, Никола Тасић и Ђорђе Трипковић. Поред тога и проф. др Андреј Бенчан Голоб са Института Јожеф Штефан, Љубљана, Словенија је одржао предавање под насловом „Insights into the structure of lead-free piezoelectrics on atomic scale“.

**Секција за хемију и технологију макромолекула** Председник секције је Бранко Дуњић, секретар Марија Николић. Секција (<http://www.facebook.com/Makromolekuli>) тренутно има 103 члана. У оквиру активности секције одржана су следећа предавања: Петар Дворнић, Department of Chemistry, College of Arts and Sciences, Pittsburg State University, „Polymer Chemistry Initiative And Silicon-Containing Hyperbranched Polymers“, Милена Гинић-Марковић, Mawson Institute, University of South Australia, „Mitigating Biofouling of Forward Osmosis Membranes via Grafted Biocidal Graphene Oxide“, Зоран Петровић, професор емеритус, Pittsburg State University, инострани члан САНУ „Синтеза и својства полиола и полиуреџана на бази биљних уља“.

## ИЗВЕШТАЈ О РАДУ СХД-ХЕМИЈСКОГ ДРУШТВА ВОЈВОДИНЕ

Председник Српског хемијског друштва-Хемијског друштва Војводине је Данијела Шојић. Активности у 2015. години су остварене кроз уобичајене организационе и стручне садржаје. У оквиру организационих активности Друштво је добило значајан број нових чланова, нарочито из редова младих истраживача. Истовремено, Друштво је задржало оквирни број чланова на претходном нивоу, око 150. У оквиру активности међународне сарадње СХД-ХДВ 17. јуна одржан је јавни час из предмета Практикум из инструменталне анализе, Биоаналитичка хемија, Аналитичка волтаметрија и Електроаналитичка хемија. Предавање под насловом „Catalytic Adsorptive Stripping Voltammetry. Principles and Application“ је одржао prof. dr Andrzej Bobrowski гостујући професор СЕЕPUSIII network-a „Education of Analytical and Bioanalytical Methods“ са AGH University of Science and Technology, Krakov, Poljska. Рад СХД-ХДВ се одвијао кроз рад Подружница и Секција Друштва. Одржан је велики број предавања са циљем продубљивања појединих уско-стручних тема и шире популаризације појединих научних области.

## РАД ПОДРУЖНИЦА СХД-ХДВ

**Подружница Суботица.** Чланови подружнице су, као и ранијих година, учествовали у организацији и реализацији Округног такмичења из хемије на коме су учествовали ученици средњих школа из Сомбора, Бачке Тополе, Оџака, Апатина и Суботице. Поред тога, чланови подружнице су наставили сарадњу са Регионалним Архус центром Суботица ради неговања и заштите животне средине. Учествовали су на округлом столу организованом у центру на тему „Управљање отпадом“, као и на предавању

проф. М. Шеварлића „Генетски модификовани организми“. Чланови подружнице су присуствовали 7. симпозијуму Хемија и заштита животне средине-EnviroChem. Популаризација хемије међу младима у основним школама у периоду од фебруара до маја одржана су 23 часа популарне хемије под називом „Хемија свуда око нас“.

**Подружница Зрењанин.** Чланови подружнице су својим ангажовањем, поред редовних састанака, учествовали у: организовању малих научних радионица, организовању еколошких акција, пружању подршке еколошким акцијама других удружења, организацији такмичења из хемије за ученике основних и средњих школа, организовању стручне екскурзије – Суботица, посета постројењу за припрему пијаће воде, постројењу за пречишћавање отпадних вода и постројењу за рециклажу пластике, организовању предавања Светлане Слијепчевић под називом „Основи хомеопатије и вишекомпонентни хомеопатски лекови“.

## РАД СЕКЦИЈА СХД-ХДВ

**Секција за аналитичку хемију.** Активности секције одвијале су се углавном кроз учешће чланова на више домаћих, регионалних и међународних европских научних скупова (IV међународни конгрес Инжењерство, екологија и материјали у процесној индустрији; Отпадне воде, комунални чврсти отпад и опасан отпад; 7. симпозијум Хемије и заштите животне средине EnviroChem 2015; Seventeenth Annual Conference YUCOMAT 2015; Савремени материјали 2015; XVII YuCorr Стециште науке и праксе у областима корозије, заштите материјала и животне средине; Conferentia Chemometrica 2015; Slovenski kemijski dnevi 2015; 2<sup>nd</sup> EuChemMS Congress on Green and Sustainable Chemistry и Осми научно-стручни скуп InterRegioSci). Чланови Секције су активно учествовали у организацији 52. саветовања Српског хемијског друштва одржаног 29. и 30. маја у Новом Саду. Природно-математички факултет Универзитета у Новом Саду је укључен у европски образовни циклус CEEPUSIII за академску 2015/16. годину под насловом „Education of Modern Analytical and Bioanalytical Methods“, у којем учествују поред Новог Сада и следећи центри: Pardubice, Segedin, Grac, Krakov, Lodz, Сплит, Загреб, Сарајево, Клуз, Трнава и Нова Горица. Чланови Секције активно учествују у реализацији овога пројекта.

**Секција за биохемију.** Председник секције Сузана Јовановић-Шанта. Чланови секције су учествовали у реализацији следећих активности: а) на састанку Секције на којем је присуствовало укупно 76 чланова СХД-ХДВ и Друштва за биохемију и молекуларну биологију Војводине, као и студентата и професора ПМФ-а, проф. др Снежана Ђорђевић са Institute of Structural and Molecular Biology, University College, London одржала је предавање „Сигнални протеини-стируктура, механизми и апликација“; б) одржана су предавања под насловом „Метаболнички синдром и деловање инсулина у срцу“ и „Ефекти исхране одођане фруктозом на инсулински сигнални пут и процесе реулисане инсулином у срцу пацова-популациона протеинска улога естрадиола“ предавача др Мојце Стојиљковић и др Снежане Ромић из Лабораторије за молекуларну биологију и ендокринологију Института за нуклеарне науке Винча Након завршених предавања и дискусије, на кратком састанку, предочен је проблем запошљавања дипломираних биохемичара и улога Катедре за биохемију и хемију природних производа Департамента за хемију, биохемију и заштиту животне средине ПМФ-а у Новом Саду у покретању поступка за увођење занимања Дипломирани биохемичар у Каталог занимања Републике Србије; в) MSc Милош Матковић, PhD студент са Department of Biology, Swiss Federal Institute of Technology, ETH Zurich одржао је предавање „Гипохиоинкулативни рецептори: корелација између дисоцијације, афинитетна и ефикасности лиганда“. Поред тога, чланови Секције су учествовали на неколико

међународних и националних научних скупова, између осталог на FEBS3+ конференцији „Molecules of Life“ у Порторожу, Трећој конференцији младих хемичара Србије у Београду, V конференцији Биохемијског друштва Србије и III симпозијуму биолога и еколога Републике Српске у Бања Луци.

**Секција за органску хемију.** У оквиру активности секције организовано је предавање које је одржао проф. др Ненад Игњатовић са Института техничких наука САНУ под називом „Нано-дио наука честица калцијум-фосфата: Мале честице - велика користи“.

## JOURNAL OF THE SERBIAN CHEMICAL SOCIETY

Током 2015. године JSCS су уређивали главни и одговорни уредник Бранислав Николић и заменик уредника Душан Сладић. Издато је 12 свезака. Сви прихваћени радови (са DOI бројевима) постављени су на Home Page часописа у форми у којој су прихваћени (пре потпуне обраде за штампање). Од марта 2015. године користи се нови, савремени систем процесања рукописа.

Одштампано	2014.	2015.	
		број	% према 2014
Свезака	12	12	100
Радова	131	130	99
Страна	1597	1598	100
Аутора	556	502	90
Иностранних аутора	260	263*	101
Impact factor	0,889	0,871	98
Пристигли радови	291	271	93
Штампано	34	29**	11
Прихваћено за штампу	96	74	27
Одбијено	137	136	50

\* Иностранни аутори учествују са око 52% у укупном броју  
\*\*39% прихваћених рукописа.

## ХЕМИЈСКИ ПРЕГЛЕД

У оквиру 56. годишта Редакција Хемијског прегледа је задржала досадашњу уредничку праксу публикација прегледних и информативно-стручних радова, у оквиру шест предвиђених појединачних бројева. Годиште 56. изашло је на укупно 168 страница. Публиковано је 18 ауторских чланака домаћих аутора из разних области хемије. Објављено је 6 чланака везаних за наставу хемије. Преглед садржаја 56. годишта, је одштампан на унутрашњим (трећим) корицама броја 6. Просечни тираж сваког броја часописа током ове године био је 1.000 примерака.

У оквиру овог годишта, у рубрици *Прича са корица*, која се појављује само једном годишње, објављен је кратак текст о великом визионару науке у Србији, Александру Деспићу, а поводом 10 година од његове смрти.

Рубрика *Уводник*, је давала сажет приказ сваког појединачног броја и садржајно је покрила кратке коментаре и опаске уредника. Рубрика *Хемија у школи* је и ове године доносила чланке везане за наставу, тако да је ту публиковано 6 нових ауторских чланака, од којих су 3 обрађивала реализацију одређених наставних садржаја на часовима хемије, један чланак је приказ истраживања о ставовима ученика средњих школа о е-отпаду и његовом збрињавању, један се бави интердисциплинарним приступом настави природних наука, док један приказује заједничку акцију ученика и студентата „Отворене лабораторије“ која траје већ четири године.

Објављени су резултати 51. Републичког такмичења ученика основних, као и такмичења ученика средњих школа. Објављен је извештај о одржаној Другој српској хе-

мијској олимпијади за ученике основних и средњих школа, као и програм 26. семинара за професоре хемије. У 2. броју дат је Извештај са Свечане скупштине СХД, а у броју 3. потпуни Извештај о раду СХД у 2014. години. У броју 4. дат је извештај о одржаним Априлским данима просветних радника Србије. У рубрици Трибина објављен текст академика Живорада Чековића *Српска хемијска дијаспора - научни и социјални проблем Србије*

У броју 6. објављен је шири текст са комеморације у САНУ поводом смрти академика Драгомира Виторовића.

Редакција је радила у саставу: Ратко М. Јанков, главни и одговорни уредник, Драгица Тривић (заменик уредника и уредник рубрике Хемија из/за школе), Бранко Дракулић и Владимир Вукотић (чланови редакције). Данило Вукотић је радио на одржавању електронске презентације часописа,

док су као волонтери радили Јелена Радосављевић и Воин Петровић.

## БИБЛИОТЕКА СХД

Библиотека СХД има 24.679 св. часописа, 1.870 инвентарисаних часописа чија је вредност 3.185.120,00 РСД и 785 инвентарисаних књига. Од тога је приновљено у вредности од 266.400,00 РСД и инвентарисано је 12 годишта часописа. Приновљени часописи по земљама су: из Бугарске (1 наслов), Хрватске (2), Индије (1), Јапана (2), Македоније (1), Мађарске (1), Русије (1), САД (1), Словеније (1). Укупно 15 наслова часописа (11 страних и 4 домаћа).

## ПРЕГЛЕД ПРИХОДА И РАСХОДА у 2015. години

ПРИХОДИ	
Приходи од претплата на JSCS и ХП	377,800.00
Приходи од котизација	2,207,676.11
Приходи од чланарина	984,362.79
Приходи од услуга на тржишту	29,197.21
Приходи од донаторства	2,325,841.50
Приходи од факулт, инст. и других за суфинансирање часописа	1,948,000.00
Приходи од Министарства просвете, науке и технолошког развоја	1,486,621.00
Приходи од Министарства просвете, науке и технолошког развоја-такмичења	725,000.00
Приходи од условљених донација - Центар за промоцију науке	350,000.00
Приходи од камата	75,259.23
Позитивне курсне разлике	31,768.50
Укупни приходи	10,541,526.34
РАСХОДИ	
Трошкови материјала	92,657.81
Трошкови резервних делова	38,105.80
Бруто зараде	1,586,494.60
Доприноси на зараде на терет послодавца	283,982.03
Трошкови превоза запослених на рад и са рада	36,025.00
Трошкови поштарине	502,847.00
Трошкови телефона	71,853.30
Такси и други трошкови превоза	186,128.00
Трошкови закупа	94,445.00
Бруто ауторски хонорари	2,097,124.21
Трошкови штампања часописа	1,677,257.00
Трошкови штампања диплома за Републичко такмичење	40,323.00
Амортизација за текућу годину	92,625.91
Трошкови књиговодствених услуга	168,000.00
Рад преко омладинских задруга	364,400.00
Трошкови репрезентације (за одржане скупове)	628,700.90
Награде за Републичко такмичење	50,579.00
Таксе	32,820.00
Банкарске услуге	39,065.58
Чланарине	296,301.47
Трошкови огласа	7,800.00
Остали непоменути расходи (копирање, корицење, снимање год. ск. и сл.)	235,629.89
Трошкови одржавања опреме	4,800.00
Трошкови службених путовања у земљи	1,132,200.67
Трошкови службених путовања у иностранство	705,141.97
Котизације	61,657.88

Порез на примљене донације	521.25
Укупно	10,527,487.27
Остварена добит	14,039.07

секретар Друштва Рада Баошић



## ЏОН Х. БАЈНОН (JOHN H. BEYNON, F.R.S.) (1923-2015)

Џон Х. Бајнон (John H. Beynon), истакнути научник, један од пионира савремене масене спектроскопије и велики пријатељ Српског хемијског друштва, преминуо је 24. августа 2015. у Свонсију (Swansea) у Велсу. Тако се његов живот завршио пуним кругом: почео је рођењем у малом велшком рударском градићу Ystalyfera, одвео га широм света као професора и креативног истраживача, да би се завршио опет у родном Велсу.

Основно и средње школовање Вејнон је завршио у родном граду, студије физике похађао је на Универзитету у Свонсију (University College Swansea) где је дипломирао 1943. У току студија, акценат је ставио на физику, чисту и примењену математику, а није показао нарочит интерес за хемију. Имајући ово у виду, невероватна је чињеница да је у својој академској каријери предавао управо хемију на четири универзитета у Великој Британији и Сједињеним Америчким Државама, а физику ни на једном!

После дипломирања, с обзиром да је рат био у току, пријавио се за војну службу; распоређен је у тенковске јединице, где је ангажован на пројектовању наоружања и оклопне технике. У војсци је остао до 1947. године.

По изласку из војне службе, суочен са slabим материјалним стањем, одустаје од докторских студија, за које сматра да би представљале само губљење времена. Одлучује да се ожени и да потражи посао.

Тако, Џон Бајнон никада није докторирао, а у својој каријери био је ментор десетинама доктора, а и сам је био лауреат низа почасних доктората!

Прво запослење добио је у Империјалној хемијској индустрији (ICI) у Манчестеру; у тој великој институцији био је један од ретких физичара у мору

хемичара. Ту је, у контакту са колегама, учио хемију коју је пропустио на универзитету.



Већ првог дана на послу затекао је налог да са групом сарадника конструише масени спектрометар који је фирми био неопходан за анализе сировина и производа. Џон је био потпуно неприпремљен за овај неочекиван задатак, о чему у једном интервјуу каже: „...ово је за мене био огроман шок, ја заправо нисам ни знао шта је масени спектрометар”. Међутим, прионуо је на посао и за две године, 1949, његов инструмент је произвео прве спектре. Био је то масени спектрометар са магнетним анализатором, врло скромних перформанси, типична резолуција је била до 600; ипак, на њему су рађене бројне анализе, а временом је и усавршаван, тако да је остао у функцији све до 1970. године.

Своја искуства стечена при конструкцији и примени овог инструмента Бајнон је искористио у припреми монографије под називом “Масена спектрометрија и њена примена у органској хемији” (Mass Spectrometry and its Applications to Organic Chemistry). Монографија је објављена 1960. године, на њену припрему Џон је утрошио две године. Књига је доживела велики успех, штампана је у три издања, а преведена и на руски. И данас, 56 година од како се први пут појавила, ова књига је најпопуларнији уџбеник за свако ко жели да се упозна са техником масене спектрометрије.

До значајне промене у каријери Џона Бајнона долази 1969. године: понуђено му је место професора на универзитету Пурдју у Вест Лафајету, Индијана, САД (Purdue University, West Lafayette, Indiana, USA). На овом престижном универзитету, налазио се још један од пионира масене спектрометрије, Фред Меклаферти (Fred McLafferty). Он је дизајнирао и наручио у Јапану

један масени спектрометар великих димензија, назван RMH-2. Управо када је инструмент испоручен, McLafferty је одлучио да пређе на Cornell University, тако да није имао ко да инсталира и пусти у погон нови инструмент. Одлука је пала да се позове еминентни научник из Велике Британије и да он покуша да се избори са „монструмом” од инструмента, који је показивао низ недостатака у конструкцији. Бајнон је прихватио понуду и тако направио велики заокрет у својој научној каријери; заменио је индустријску за академску средину и одмах добио звање Professor Veуnon.

Испоставило се да RMH-2 није могућно оспособити за ултра високу резолуцију, за коју је био дизајниран; међутим, захваљујући његовим огромним димензијама, а посебно дугачким областима у којима не делује поље (такозвани „field-free regions”), професор Бајнон је развио нову примену коју је назвао „Спектроскопија кинетичке енергије јона” (Ion Kinetic Energy Spectroscopy – IKES). Ова техника омогућила је проучавање фрагментације метастабилних јона чији значај је до тада био неоправдано запостављен.

Као једну од кључних модификација, професор Бајнон је извршио инверзију двају сектора RMH-2 масеног спектрометра постављајући на предњи део инструмента магнетни анализатор, а у продужетку, електрични анализатор, што је било супротно уобичајеном редоследу. На овако модификованом инструменту проф. Бајнон је развио технику „Масено анализирани спектроскопије кинетичке енергије јона” (Mass Analyzed Ion Kinetic Energy Spectroscopy – MIKES), што је омогућило развој низа нових експеримената са метастабилним јонима, а такође и велику експанзију технике „Сударима индуковане дисоцијације” (Collision Induced Dissociation – CID). Резултати истраживача са универзитета Purdue афирмисали су концепт „обрнуте геометрије” и он је постао широко прихваћен при дизајну савремених масених спектрометара са двоструким фокусирањем.

Као признање за свој рад у области масене спектрометрије, а посебно за иновативни и креативни допринос развоју нових техника и дизајнирању нових инструмената, проф. Бајнон је 1971. године изабран за члана Краљевског друштва (Fellow of the Royal Society – F.R.S.), а 1974. додељено му је звање Royal Society Research Professorship. Ово звање носи са собом значајна средства намењена формирању истраживачке лабораторије на неком од универзитета који сам лауреат одабере. Професор Бајнон се одлучио за повратак у Велс, на свој Alma Mater, University College Swansea. У наредних 12 година, до одласка у пензију 1986. године, проф. Бајнон је у Свонсију оформио и водио Међународни центар изврсности у областима масене спектрометрије кроз који је прошао велики број истраживача из целог света.

Паралелно са истраживачким радом, проф. Бајнон ради на конструкцији новог типа масеног спек-

трометра који обједињује сазнања и искуства његових претходних експеримената. Нови инструмент је добио акроним ZAB (према енглеском “zero aberration”) и убрзо је ушао у комерцијалну производњу фирме VG и у пракси је потврдио своју репутацију као најбољи и најуниверзалнији масени спектрометар обрнуте геометрије.

У току своје недуге академске каријере од 17 година, проф. Бајнон је објавио девет монографија и око 400 научних радова. У многим од тих радова коаутори су истраживачи са простора бивше Југославије: сарађивао је са Институтима Јожеф Стефан и Руђер-Бошковић, а понајвише са истраживачима са Технолошко-металуршког факултета у Београду. Неколико бивших и садашњих сарадника ТМФ докторирало је под руководством проф. Бајнона; у том контексту занимљиво је поменути чињеницу да је први докторант проф. Бајнона био управо са ТМФ-а.

Професор Бајнон је и кроз друге активности веома допринео развоју масене спектрометрије у нашој средини. Учествовао је као предавач на летњим школама и симпозијумима, а младим научним радницима омогућавао је учење и обуку у својој лабораторији у Свонсију. Ценећи његове бројне заслуге и дугогодишњу сарадњу са нашим научним радницима, Српско хемијско друштво је 1981. године прогласило проф. Џона Бајнона за свог почасног члана.

#### Професионалне активности и признања

1960	Founder Chairman British Mass Spectrometry Society
1967	Founder Member American Society for Mass Spectrometry
1973	Sigma Xi Research Award, Purdue University
1979	Marice F. Hasler Award
1980	Jozef Stefan Medal
1981	Medal of the Serbian Chemical Society
1984	Jan Marc Marci, Czechoslovak Spectroscopy Society
1985	Gold Medal, International Mass Spectrometry Society
1985-1986	President, Association for Science Education, Wales
1986-1990	Chairman, Schools Curriculum Development Committee, Wales
1987	Frank H. Field and Joe L. Franklin Award for Outstanding Work in Mass Spectrometry, American Chemical Society
1988	Gold Medal, British Mass Spectrometry Society
1990	Gold Medal, Italian Mass Spectrometry Society
1993	Founder President, European Mass Spectrometry Society



УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ  
ХЕМИЈСКИ ФАКУЛТЕТ

Студентски трг 12-16  
11000 Београд



СРПСКО ХЕМИЈСКО  
ДРУШТВО

Карнегијева 4  
11000 Београд

119. година

## 27. семинар: АПРИЛСКИ ДАНИ ЗА НАСТАВНИКЕ ХЕМИЈЕ

Уторак, 26. април 2016. године

Велики хемијски амфитеатар Хемијског факултета

9:00 - 9:30	<i>Отварање семинара</i>
9:30 - 10:15	<b>Проф. др Иван Гржетић</b> , Универзитет у Београду – Хемијски факултет: <i>Аутомбилски катализатори, саобраћај и заштита животне средине</i>
10:15 - 11:00	<b>Проф. др Снежана Мандић</b> , Универзитет у Београду - Хемијски факултет: <i>Образовање у области аналитичке хемије према потребама друштва</i>
<b>ПАУЗА</b>	
11:30 - 12:15	<b>Доц. др Владимир Бешкоски</b> , Универзитет у Београду - Хемијски факултет: <i>Биотехнологија животне средине – од истраживања до примене</i>
12:15 - 13:00	<b>Доц. др Милош Бајчетић</b> , Универзитет у Београду - Медицински факултет: <i>Неуромитови</i>
13:00	<b>Рад у групама</b> (Сала за седнице, 1. спрат, Хемијски Факултет)

Среда, 27. април 2016. године,

Велики хемијски амфитеатар Хемијског факултета

9:00 – 9:45	<b>Доц. др Игор Опсеница</b> , Универзитет у Београду - Хемијски факултет: <i>Зелена органска синтеза кроз одабране експерименте</i>
9:45 – 10:30	<b>Проф. др Снежана Зарић</b> , Универзитет у Београду - Хемијски факултет: <i>Међумолекулске интеракције: од молекула до живота</i>
<b>ПАУЗА</b>	
11:00 - 11:45	<b>Др Драгица Павловић</b> , виши научни сарадник, национални PISA координатор, Институт за психологију: <i>У сусрет новом циклусу PISA тестирања</i>
11:45 - 12:30	<b>Доц. др Милан Николић</b> , Универзитет у Београду - Хемијски факултет: <i>Молекул(у) љубавне страсти</i>
12:30 – 14:00	<b>Трибина:</b> <b>Проф. др Душан Сладић</b> , Универзитет у Београду - Хемијски факултет <b>В. проф. др Драгица Тривић</b> , Универзитет у Београду - Хемијски факултет: <i>У сусрет новом циклусу такмичења из хемије ученика основних и средњих школа: искуства и препоруке</i>