



*Животи и дело
српских научника*

Српска академија наука и уметности

*Живой и дело
срїских научника*

SERBIAN ACADEMY OF SCIENCES AND ARTS

BIOGRAPHIES AND BIBLIOGRAPHIES

Volume XVII

II SECTION

COMMITTEE FOR RESEARCH INTO THE LIVES AND WORKS
OF THE SCIENTISTS IN SERBIA AND SCIENTISTS OF SERBIAN ORIGIN

Book 17

*Lives and Works
of the Serbian Scientists*

E d i t o r

Academician

VLADAN D. DJORDJEVIĆ

BELGRADE

2020

СРПСКА АКАДЕМИЈА НАУКА И УМЕТНОСТИ

БИОГРАФИЈЕ И БИБЛИОГРАФИЈЕ

Књига XVII

II ОДЕЉЕЊЕ

ОДБОР ЗА ПРОУЧАВАЊЕ ЖИВОТА И РАДА НАУЧНИКА У СРБИЈИ
И НАУЧНИКА СРПСКОГ ПОРЕКЛА

Књига 17

*Живот и дело
српских научника*

У р е д н и к

академик

ВЛАДАН Д. ЂОРЂЕВИЋ

БЕОГРАД
2020

Примљено на VI скупу Одељења хемијских и биолошких наука од 15. јуна 2018. године,
на основу реферата Живорада Чековића, Антонија Ђорђевића, Радоја Чоловића, Владана
Ђорђевића, Јова Јарића и Илије Савића

Издаје *Српска академија наука и уметности*
Покретач пок. академик *Милоје Р. Сарић*

Превод на енглески
Весна Хил
Јелена Миширић

Лектор и коректор
Весна Шудић

Технички уредник
Никола Сивановић

Ликовно решење корица
Милош Пејковић

Тираж: 500 примерака

Штампа
Планета ѝрини

ПРЕДГОВОР

Одбор за проучавање живота и рада српских научника и научника српског порекла, којег је Српска академија наука и уметности основала 1992. год., већ дуже време издаје едицију под називом: Живот и дело српских научника (прва књига је изашла 1996. год.). До сада је изашло 16 књига Едиције, у којима су обрађени живот и рад око 200 научника из области природно-математичких, медицинских и техничких наука, који су резултатима свога рада значајно задужили нашу науку, и тиме у њој, а такође и у нашој свеукупној култури, оставили дубок траг вредан трајног помена. Поред тога, Одбор је издао и два посебна издања Едиције (после 10. књиге и после 15. књиге) која су садржала само сажетке на енглеском језику о животу и раду до тада обрађених научника, заједно са њиховим портретима. Ова издања Едиције садржала су такође и низ корисних додатака у којима су научници били разврстани по години рођења, области рада, и сл., а такође су били наведени и основни подаци о ауторима који су о њима писали.

Пред очима читалаца се сада налази 17. књига Едиције, са биографијама нових 12 научника. Међу њима преовлађују лекари. Има их пет: Милан Јовановић Морски, Јован Данић, Симо Милошевић, Живојин Бумбаширевић и Саво Перовић. Следе два физико-хемичара (Драгољуб Јовановић и Иван Драганић), два инжењера (Добривоје Божић и Мирко Милић), и по један математичар (Милева Првановић), физичар (Марко Вукобрат Јарић) и метеоролог (Владимир Јакшић).

И овога пута имам пријатну дужност да се захвалим свим активним члановима Одбора на труду који су уложили у одабиру компетентних аутора и рецензената, као и на низу корисних примедби и сугестија које су имали, да би ова књига задржала квалитет претходних. Посебну захвалност дугујем секретарици Одбора г-ђи Вери Батини на преданости и посвећености важном послу којим се Одбор бави. Захваљујем се такође техничком особљу Академије и особљу издавачког предузећа *Планетиа ѝринџи*.

Београд,
фебруара 2020. год.

Главни уредник
академик Владан Д. Ђорђевић

PREFACE

The SASA Board for the Study of Life and Work of Serbian Scientists and Scientists of Serbian Descent, which the Serbian Academy of Sciences and Arts established in 1992, has been publishing a book series titled *Life and Work of Serbian Scientists* (its first volume came out in 1996). So far, 16 volumes of the series have been published, wherein the lives and careers of about 200 scientists, who pursued their careers in the area of natural and mathematical sciences, medical sciences and technical sciences, were depicted, and to whom, owing to their great achievements, Serbian science is greatly indebted, and who thus left a deep mark on our culture in general, worthy of remembrance. In addition, the Board published two special editions of the series (which came out after Volume 10 and Volume 15) that solely included the summaries in English on the lives and careers of the scientists that were depicted in the series up to that moment, and also included their portraits. These editions of the series also contained a number of very useful supplements wherein scientists were classified according to the year of birth, field of study etc., and they also provided some basic information on the authors who wrote about them.

Currently Volume 17 in the series has come out, containing the biographies of 12 new scientists. The majority of them are physicians. There are five of them: Milan Jovanović Morski, Jovan Danić, Simo Milošević, Živojin Bumbaširević and Savo Perović. There are also two physico-chemists (Dragoljub Jovanović and Ivan Draganić), two engineers (Dobrivoje Božić and Mirko Milić), and one mathematician (Mileva Prvanović), one physicist (Marko Vukobrat Jarić) and one meteorologist (Vladimir Jakšić).

Once again, it is my pleasant duty to thank all active members of the Board for the efforts they devoted to select competent authors and peer-reviewers, as well as for a number of their very useful remarks and suggestions, so that this volume would reach the standards set by the previous ones. I would like to extend special thanks to Ms Vera Batina, secretary of the Board, for her commitment and dedication to this important work of the Board. A special thanks goes to the SASA staff and the staff of the publishing house *Planeta Print*.

Belgrade,
February 2020

Editor-in-Chief
Academician Vladan D. Đorđević

ИВАН Г. ДРАГАНИЋ
(1924–2012)

Шћепан Миљанић



Студенти природних наука на Универзитету у Београду, посебно они који су студирали физичку хемију или имали неког додира са нуклеарним наукама, али и професионалци чији се посао одвијао у том домену, од раних шездесетих па надаље, користили су „драганића“, што је до данас остао популарни назив за низ књига-приручника које се користе у настави на предметима у којима се изучавају научне дисциплине као што су радиохемија, радијациона хемија, изотопи и зрачења и сл. Простије речено, „драганић“ је био институција, а да неки нису ни знали ко је човек који је, заједно с низом других аутора, написао и уредио уџбенике „РАДИОАКТИВНИ ИЗОТОПИ И ЗРАЧЕЊА“, књиге I-III [121, 123, 125], које су касније доживеле три издања (1962, 1968, 1981).

ДЕТИЊСТВО, ДЕЧАШТВО, МЛАДОСТ

Данас, шест година након што је напустио овај свет, његова звезда скоро једнако сија. А та звезда се упалила 10. септембра 1924. године у Београду, када је у породици државног чиновника Гедсона и супруге му Софије рођен Иван Драганић, будући научник чија ће многа достигнућа остати трајно записана. У једном од својих интервјуа¹ је говорио: „*Одмах да кажем, имао сам лепо детињство. Расио сам у Земуну у њојлини скромне породице, која је, као све чиновничке породице тога времена, живела од првој до првој, настојећи да илажу расије на цео месец. По класификацији тога времена имао сам, ипак, јосиодски животи. Осиао ми је у сећању модеран сиаан на земуном кеју који је илеао на Дунав. Сесира Иванка је учила клавир, а ја француски језик. У иринаеситој години сам добио први дицикл, што је била права реикоси*“.

¹ Посебно у: М. Јефтић, *Разговори са Винчанцима*, Институт за нуклеарне науке „Винча“, Београд, 1998.



Сл. 1. Иван са сестром и родитељима 1929. године

Сећа се даље Родиног позоришта у којем су деца глумила у комади-ма који су писани за децу, а чија је душа била Нушићева кћи Гита Предић. Тамо је 'догурао' до једне од главних улога, Јованче Мицића – најмлађег, у комаду *Пути око свеија 2* (по замисли Бранислава Нушића), који је приказан и на сцени Народног позоришта 1939. године. То сценско искуство му је, много година касније, помогло да схвати да на научним скуповима не треба да чита свој рад већ да га казује. Навикао се и на то да му публика не смета и да њене реакције помажу.

Занимљиво је и необично да је Иван још 1937. године научио стенографију као „*драгоцени подстицај за разговоре са самим собом и „убијање“ времена вођењем белешки. Досадно ми је на часу и ја дејствено описујем „здивања у шоку“.*

Породица се 1939. године преселила у Петровград (данас Зрењанин), јер је отац добио премештај. Као петнаестогодишњак, који је своје претходно школовање завршио у Земуну, Иван је ту започео и касније (то је већ било доба немачке окупације) завршио вишу гимназију. То је била богата и развијена средина и у њој се лакше долазило до вредне литературе, нарочито по приватним библиотекама. Много је читао, а помало и писао. Сачувао је своје рукописе *Од Демокриџа до модерне атомистике* (1943) и *Атомистика као филозофско учење о материјалном свету* (1944), који сведоче о његовом раном интересу за науку који ће касније прерасти у професију и занимање.

Живот у Петровграду је постао веома мучан одмах након окупације. Породица је исељена из стана и морала је да оде на периферију, јер су окупационе власти тај простор одредиле за другу намену. Отац је одмах пензионисан, а пензија никада није довољна за пристојан живот. За преживљавање се продавало све из куће, а млади Иван је понешто зарадио радећи као физички радник у фабрици шећера по десетак сати дневно, дању или ноћу, или држећи часове математике. И то је тако било све до 1944. године, када су се приближавали велики антифашистички фронтови са истока и југа, што је охрабрило и партизанске акције у Банату. Иван Драганић је отишао у рат.

Из стенографског дневника 1945: „*Био технички секретар у Окружном комитету партије са Мишом Момировим. По својој жељи оставио комитет и отишао у војску, хоћу не да убијам Немце него да видим како фронт изгледа (крај је рата) и ако моћем да будем новинар са фронта“.*

„*Сваке ноћи, око поноћи: дуђење, строј, командир чија имена оних који када осване иду на прву линију фронта. Очекујем да ме прозову, сваке ноћи. Када је прошло неколико дана идем код комесара батаљона да се жалим. Кажем му да сам дошао да идем на фронт, али ме не прозивају. Комесар, Славонац, учитељ: Нећеш ићи, тамо се ине, ипакви као ти су појредни. Није мојло, исјало је да сам секретар СКОЈ-а у батаљону; сјајус официра (добрио валтер револвер). Са батаљоном досјео до Граца у Аустрији“.*

Дан победе је дочекао у селу Кравице код Осијека, у Трећој армији, на путу за Словенију, али с озбиљном намером да се демобилише и посвети студијама на Универзитету у Београду. Убрзо након ослобођења и породица му се вратила у Београд.

„Крај године, мој баџаљон је у Пејроварадину, моји вршњаци се демобилишу, мене не пуштају. Повремено идем у Бечкерек, Иванка оставила гимназију и зајослила се јер она и мама немају од чега да живе: мајка је враћен у службу, али послај у Шабац, ужасно му је тешко и психички и материјално. Ујорно користи слободно време да чита, учим (користим књиге из математике и физике које сам понео „на фронт“). Спремам се за студије када се демобилишем и пућујем што од мене породица нема никакве користи“.

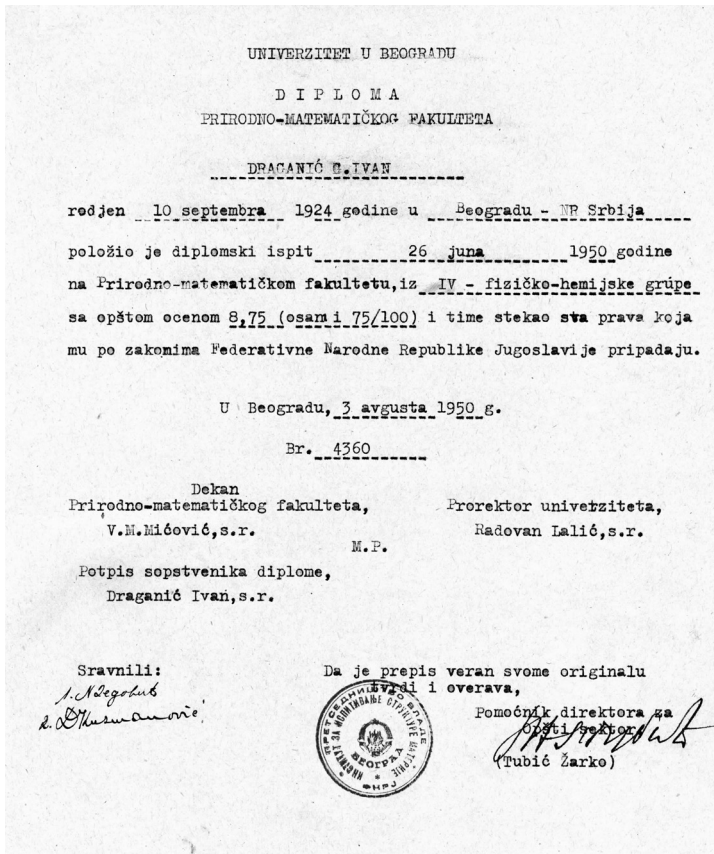
Разумљиво је да се о животу Ивана Вање Драганића, који је трајао безмало девет деценија и био од почетка до краја испуњен у сваком погледу, а посебно активностима везаним за науку, не може ни приближно све рећи у тексту ограниченог обима. Није то ни циљ, већ је циљ да се његов живот представи као путања коју је углавном он трасирао, смело ступајући у научне области које су се отварале једна за другом у деценијама након Другог светског рата, узимајући у обзир и шире друштвене потребе и могућности. Зато ће у овом тексту акценти бити стављени на оне делове његовога живота и рада који су се, скоро сами од себе, уобличили у најважније целине његове каријере. Они ће бити детаљније анализирани и представљени.²

Треба увек имати у виду да су те послератне деценије биле период општег полета, посебно у Европи. Прву половину двадесетого века обележила су велика открића попут радиоактивности (крајем 19. века), нуклеарне фисије, структуре атома и развоја теоријске физике итд., док је друга половина била углавном испуњена бурним развојем нуклеарних и космичких наука и технологија, уз пратећи развој електронике, телекомуникација и рачунара, а све то у атмосфери хладнога рата. Занимљиво је такође да је наука тада постала институционално много организованија него што је била раније, посебно кроз стварање огромног броја научних института широм света, као и кроз нарастајућу праксу оних држава које су држале до свог развоја, да подстичу напредак науке и да то сматрају једном од својих кључних функција.

СТУДИЈЕ ФИЗИЧКЕ ХЕМИЈЕ

Студије је започео 1946, читаву годину након ослобођења, јер је поступак демобилизације трајао пуну годину дана. У том периоду, неко-

² Срећом по аутора овог текста, иза И. Драганића је остало доста његових записа о животу и раду, размишљања, али и записа других људи о њему, фотографија, телевизијских емисија, интервјуа, новинских чланака итд. Ти материјали су, наравно, често коришћени у овом тексту.



Сл. 2. Диплома Ивана Драганића

лико уџбеника физике и математике, које је носио са собом, били су му добродошли као припрема за универзитет.

Имао је представу о томе шта би желео да студира – радиохемију, радиоактивност, атомистику, без икакве сумње да ће га то одвести у науку, али тако нешто тада није постојало. Међутим, у ректорату Универзитета у Београду сазнао је да ће професор Павле Савић, који је тада требало да се врати из Москве, предавати нешто од тих тема на физичкој хемији Филозофског факултета.

Крајње оскудни услови на студијама му уопште нису сметали: „На уласку у животи је велика ствар она чаробна комбинација истинске вере и блаженог незнања. Студије су почеле предавањима у хладним учионицама. Уџбеника није било. Користио сам немачке, руске и неке енглеске књи-

је до којих се мојо доћи. Имао сам стипендију, али она није била довољна за породицу која је живела од мале очеве пензије. Тако сам у њрку одлазио свакодневно у једну школу ученика у њривреди и ѡводило 3-4 часа ѡредавајући рачун (математику). После тога сам се враћао на факултет и радио обавезне експерименте и анализе из хемије и физичке хемије“.

Драганићева жеља да студира нешто из наведених нуклеарних области, чија је експанзија почела открићем фисије атомског језгра (1939), поклопила се са оснивањем Нуклеарног института у Винчи (1948), чији је оснивач био Павле Савић, иначе Драганићев професор. Нека се и то зна, П. Савић, радећи средином тридесетих година прошлога века с Иреном Жолио Кири (ћерка Пјера и Марије Кири, тада већ овенчана Нобеловом наградом) у Паризу, дошао је до задивљујућих резултата који су широм отворили врата открићу споменуте фисије језгра. Овај невероватан склоп околности је судбински утицао на живот и каријеру Ивана Драганића.

Наиме, његова породица је тешко живела од очеве пензије, па је Иван одлучио да се запосли да би јој колико-толико помогао. Тако је негде на половини студија, у јесен 1949. године дошао у Институт у Винчи да би радио као лаборант, јер је проф. Савић чуо за његове проблеме, па му је предложио да он у ствари ради дипломски рад у Винчи, након што заврши све вежбе и испите на које је имао право. Тако је и било. Иван Драганић је дипломирао је 26. јуна 1950. године на Катедри за физичку хемију новоформираног Природно-математичког факултета.

Драганић је растао с растом Винче јер је у њој започео своју каријеру у доба кад је Институт био у повоју, да би је тамо и завршио одласком у пензију 1981. године. У почетку је тамо и живео, јер је Институт имао своју ’колонију’ у којој су запослени становали, тамо се 1950. оженио Зорицом Камперелић, с којом је ускоро добио двоје деце, ћерку Софију и сина Милана, али с којом је и професионално био врло везан, јер су највећи део каријере радили заједно. „Нисмо знали за ’моје и ѡвоје’. Оба наша имена су ѡракиично на сваком друћом раду који сам објавио, а ѡи радови се цитирају око хиљаду ѡића у стручној литератури“.

ПРОФЕСИОНАЛНА КАРИЈЕРА

С обзиром на ширину интересовања Ивана Драганића, његову пуну посвећеност науци, обим остварених резултата и изузетно дугу каријеру, текст о тој каријери ће бити структуриран по интересовањима за одређене области уз анализу активности у оквиру њих. Све остало ће бити стављено у тај оквир, посебно његови бројни боравци у иностраним

лабораторијама. Разумљиво је да то неће увек пратити хронолошки ред у његовом животу, као што је разумљиво да се широки стваралачки опус Ивана Драганића може боље сагледати ако се подели по објектима интересовања, него по времену и месту настајања, јер је он нит својих идеја провлачио кроз време и кроз различите научне центре. Такође је разумљиво да ће из мноштва његових научних и стручних резултата бити истакнути само најважнији. Тако, у научном смислу се издвајају: рани дани у Винчи, хемијски дозиметри јонизујућих зрачења, радијациона хемија, посебно воде и водених раствора, улога јонизујућих зрачења у хемијској еволуцији на раној Земљи као предуслову настајања живота, с чиме је повезана и радијациона хемија у језгрима комета. Поред науке, на коју ће с разлогом бити стављен главни акценат, важна је и Драганићева стручна и педагошка активност, популаризација науке и научног мишљења, те свакако и међународна активност.

РАНИ ДАНИ – ПЕДЕСЕТЕ У ВИНЧИ

Његов дипломски рад, чији је циљ проистекао из потреба Института, био је одређивање садржаја уранијума (урана) у различитим узор-



Сл. 3. Група сарадника Института у Винчи испред управне зграде Института 1952. године. Иван Драганић је у средини трећег реда (са ћерком у наручју). Ту су, поред осталих, и Миленко Шушић, Слободан Рибникар, Иван Гал, Владимир Вукановић, Драгослав Јеремић, Слободанка Вељковић, касније познати професори Универзитета у Београду

цима. Идеја професора Савића била је да се феномен активираних флуоресценције (светлуцања) уранијумових једињења, кад се она изложе дејству ултраљубичастог зрачења, који је био познат још у другој половини XIX века³, искористи за одређивање концентрације уранијума у неком узорку. Драганић је карактеристичну флуоресценцију узорака који садрже трагове уранијума (стопљеног са натријум-флуоридом), изложених дејству ултраљубичастог зрачења, снимао помоћу фотографског филма. Минимално време експозиције узорка ултраљубичастом зрачењу неопходно да се добија траг на филму је, наравно, зависно од интензитета флуоресценције, а овај посредно зависи од концентрације уранијума у узорку.

За непуних годину дана разрађен је овај оригинални поступак и израђена апаратура за серијска мерења. Добијени резултати су приказани у радовима [1–3]. Две године након тога, рад [3] је цитиран у прегледном чланку објављеном у водећем светском часопису за аналитичку хемију *Analytical Chemistry*, а метода је касније ушла у први совјетски уџбеник за аналитичку хемију урана (Академије наука СССР, Москва, 1962).

ВИНЧИНА ШКОЛА ЗА ИЗОТОПЕ⁴

Само три године по завршетку Другог светског рата, а свега девет година након открића нуклеарне фисије, које се сматра за једно од најзначајних научних открића у историји, на тлу на којем је у млађем каменом добу цветала винчанска култура почео је да се гради атомски институт. Био је то журиш мале групе ентузијаста, с професором Павлом Савићем⁵ на челу, у нуклеарно доба.

Осим опреме које није било довољно, још више је недостајало знања, и то у елементарним стварима, као што су мерења радиоактивности и доза зрачења. Срећом проф. Савић је то увиђао, те је средином 1952. у тзв. *Isotope school* британског нуклеарног центра у Харвелу (Harwell) послао на обуку физикохемичара Ивана Драганића и лекара Срђана Хајдуковића. У послератној Европи то је била једина позната

³ Познавање овог феномена код уранијума је допринело открићу радиоактивности 1896. године, Анри Бекерел (Henri Becquerel).

⁴ Овај део, уз неке додатке и незнатне модификације, представља текст који је проф. Владимир Ајдачић објавио у листу *Данас* поводом пола века Винчине 'Школе за изотопе'.

⁵ Павле Савић, оснивач Института за нуклеарне науке у Винчи, истовремено је био и професор на Групи за физичку хемију Универзитета у Београду. У периоду од 1971. до 1981. године био је председник Српске академије наука и уметности.

установа која се бавила обуком стручњака за рад са радиоизотопима и изворима зрачења. После двомесечног школовања у Енглеској Драганић се у Винчу вратио са идејом да код нас оснује школу за кориснике изотопа и зрачења, према узору на ону у којој је био.

„Оно што сам на курсу видео и научио помогло ми је да те исте 1952. године, по повратку организујем нешто слично у Винчи. Разлог за ово је била решеност професора Савића да свако ко ради са радиоактивним сублистанцима у Институту мора да прође кроз систематску обуку“, каже Драганић и наставља „Ефикасна обука не иде без одговарајућих уџбеника. Почели смо са скрипцима за којима су следили мој Увод у радиохемију⁶ (1957) [110] и књига Радиохемијски практикум: рад са радиоизотопима (1959) [113]. Практикум је био дело 22 сарадника. Његов превод на енглески је за своје потребе објавила Комисија за атомску енергију САД (Вашиington, 1962). За овим су следили (већ споменути) Радиоактивни изотопи и зрачења у три књиге. Био је то резултат рада 36 стручњака који су учествовали у настани у Школи. Дуо су биле једина стручна литература на нашем језику. Намењене курсистима, коришћене су и као помоћни уџбеник на универзитетима широм Југославије, а посебно на студентима физичке хемије на Универзитету у Београду“.

Тако је крајем 1952. у подруму Биолошке лабораторије Института у Винчи почела прва обука Винчанаца, а затим и других корисника извора зрачења који су долазили из фабрика, института и клиника. У помоћ прискаче Савезна комисија за нуклеарну енергију, даје просторије у својој згради у центру Београда и у њима се 1956. године, баш за потребе Савезне комисије, рађа наша чувена Школа за изотопе. Њен оснивач и директор до 1962. био је Иван Драганић.

У времену изолације Југославије Школа за изотопе је представљала невероватно постигнуће. То потврђује и чињеница да је њен практикум америчка Комисија за атомску енергију превела и штампала за своју употребу.

У прво време основни циљ школе био је да своје полазнике обучи безбедном раду с радиоактивним изотопима. Како се њихова примена брзо ширила у различитим областима, јавила се потреба за специјалистичким курсевима и то је довело до прерастања Школе за изотопе у Центар за перманентно образовање у оквиру Института за нуклеарне науке Винча.

⁶ Ово је, за своје доба, била једна изузетна књига. Написана је као добро илустрован уџбеник-приручник, са јасним описом свих важних радиохемијских феномена, начина мерења појединих величина, описом инструмената итд., а дати су и врло корисни прилози. То је био први уџбеник из области радиохемије код нас.

Винчина институција и данас, више од шездесет година од оснивања, постоји и активно ради, што најбоље сведочи о визионарству генерације која ју је створила, а посебно о далековидости њеног оснивача Ивана Драганића. Узгред, Драганић је до у позну старост учествовао у раду школе као предавач и бринуо о њеном напредовању. Школа је постигла завидне резултате – обучила је скоро петнаест хиљада полазника. Центар може да се подичи не само бројем, већ и изузетним избором и садржајем око тридесетак курсева који покривају области као што су јонизујућа и нејонизујућа зрачења, медицина, материјали, физичкохемијске методе и противексплозиона заштита. Све ово не би било могуће да у школи и у Центру нису самопрегорно радили најбољи научници и стручњаци из Института у Винчи, с факултетâ и из индустрије.

РАДИЈАЦИОНА ХЕМИЈА – ЖИВОТНО ОПРЕДЕЉЕЊЕ

Боравци у Француској

Педесете године су у Европи биле период опоравка од Другог светског рата и почетак узлета амбициозних друштава у свим областима, што је овај континент увело у „златне шездесете“. Тада је и Француска, колевка најважнијих нуклеарних открића као што су радиоактивност, а добрим делом и фисија, која се сматрају највећим научним открићима уопште, хитала да постане нуклеарна сила и већ на самом почетку педесетих имала у погону атомски реактор ЗОЕ, први на тлу Европе. Захваљујући угледу који је професор Савић имао међу водећим научницима Комесаријата за атомску енергију Француске, било је могућно да неки истраживачи из Југославије оду на усавршавање у њихове центре. Кад је један од директора Француске нуклеарне комисије боравио у Винчи 1953. године Иван Драганић му је био додељен као „пратилац“ јер је знао француски. Очигледно не случајно, он се исте године обрео у Паризу, где га је Савић послао са стипендијом Винче на годину дана (он је остао знатно дуже), да би радио у нуклеарном центру Шатијон (Chatillon) „на проблему који ће домаћини сматрати интересантним и за њих и за нас“.

Одлазак у Француску је значио сусрет с једном научном дисциплином која се рађала, то је била *радијациона хемија*, у коју ће Драганић потпуно заронити и посветити јој безмало цео свој даљи рад током деценија. То је значило напуштање онога што је до тада радио у Винчи, а што су у ствари биле разнородне активности једног почетника у институцији која се рађала. Важно је напоменути да је *радијациона хемија* област која је битно различита од *радиохемије*, којом се Иван Драганић, како се може закључити, такође успешно бавио.

Све чиме се Драганић бавио након овог преломног момента у својој каријери, али и у животу Института у Винчи, некако се логично испредало једно из другог, а основа свему је била радијациона хемија, тј. дисциплина хемије која се бави изучавањем хемијских ефеката (реакција) које јонизујуће зрачење (радијација) производи при проласку кроз неку средину. Ти су ефекти често веома егзотични у поређењу са конвенционалном хемијом, захваљујући томе што честице зрачења имају огромне енергије ако се пореде са енергијама које имају молекули система кроз који пролазе.

Докторат на Сорбони

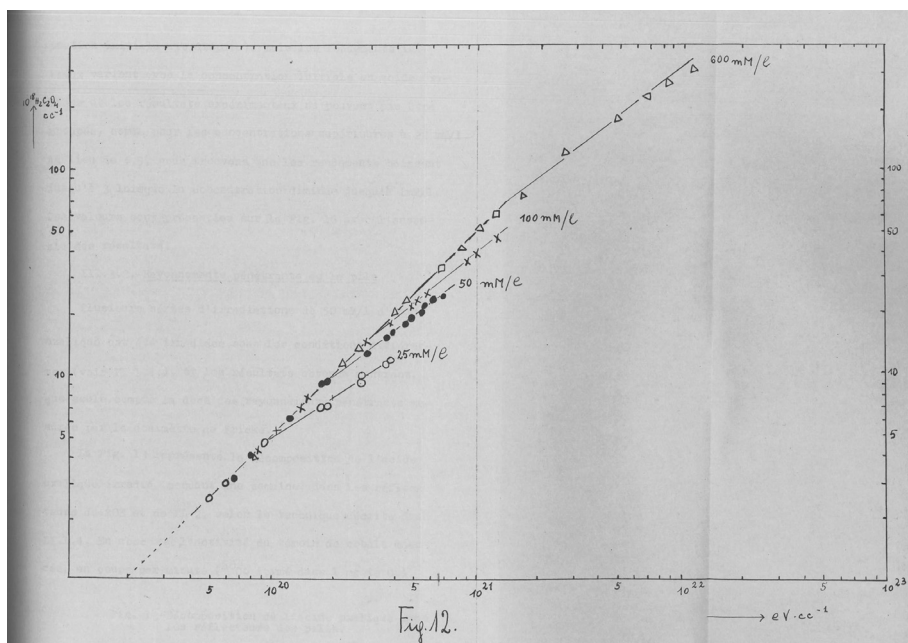
А шта је, заправо, И. Драганић радио у Француској, чиме се бавио? Било му је понуђено да нађе систем који ће моћи да мери екстремно велике дозе⁷ мешовитих зрачења, какве имамо нпр. у нуклеарном реактору, а да при томе не постане радиоактиван због апсорпције тих зрачења, посебно неутрона. Заправо, добио је радну тему: *хемијски дозиметар за високе дозе зрачења*, а сугестија др Герона је била да то буду раствори оксалне киселине. Укратко, истраживао је механизме радијационохемијских ефеката које зрачење изазива у једном једноставном органском молекулу, у *оксалној киселини* $C_2H_2O_4$, тј. $(COOH)_2$, са циљем да се на њему заснује такав дозиметар. Део тих истраживања ће постати основа његове докторске дисертације, на којој је истовремено радио, а коју је био пријавио на Сорбони.

Радијациона хемија, наравно, подразумева постојање квалитетних извора зрачења, у које свакако спадају и нуклеарни реактори. Кад је у Саклеју (Saclay) код Париза прорадио велики експериментални реактор, И. Драганић је из Шатијона прешао тамо. Понуђено му је продужење боравка са француском стипендијом, али је он то учтиво одбио, с образложењем да хоће да се врати у Београд и да у Винчи формира своју групу за радијациону хемију, да тамо настави оно што је у Француској започео, рачунајући свакако на сарадњу с колегама из Париза. Он би правио узорке у Винчи и слао их колегама у Париз на озрачивање, јер у Југославији тада није постојао ниједан реактор. Снажан експериментални реактор совјетске конструкције од 6 MW је пуштен у погон крајем 1959. године. Не само тада, него и касније кад је био на дужим боравцима у САД или Мексику, он није имао намеру да тамо трајно остане, већ је увек желео да се врати кући. То је редак пример, поготову у новије време.

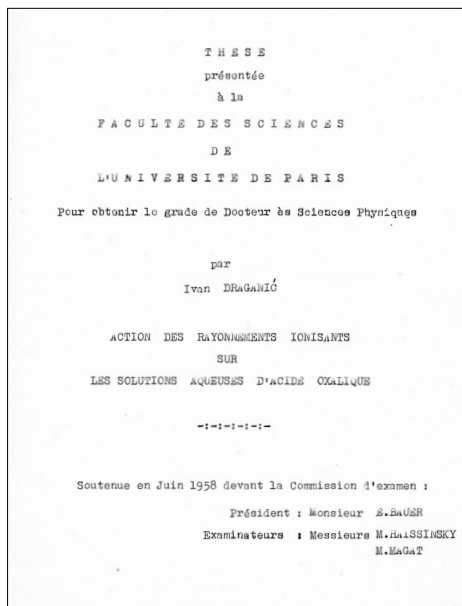
⁷ Доза зрачења или апсорбована доза, дефинише се као енергија зрачења коју апсорбује неки објект, обрачуната на јединицу његове масе. Јединица за апсорбовану дозу је греј: $1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/kg}$.

Круна Драганићевог вишегодишњег боравка у Француској је, наравно, докторат који је тамо стекао 1958. године. Наслов његове докторске тезе, која је *презентована на Факултету природних наука Универзитета Париз ради стицања степена доктор физичких наука*, је био „Дејство јонизујућих зрачења на водене растворе оксалне киселине“ (*Action des rayonnements ionisants sur les solutions aqueuses d'acide oxalique, Thèse présentée à la Faculté des Sciences de l'Université de Paris pour obtenir le grade de Docteur des sciences physiques*).

Када се водени раствор оксалне киселине изложи дејству јонизујућих зрачења долази до њеног разлагања, тј. радиоллизе, услед чега јој се концентрација у раствору смањује. Драганић је у овим истраживањима користио различите врсте зрачења (*тама* зрачење од изотопа кобалт-60, неутронско зрачење из нуклеарног реактора, X-зрачење). Најважније је било развити методе да се установи степен радиоллизе оксалне киселине за различите апсорбоване дозе и при различитим другим условима, јер се на основу таквих резултата може даље размишљати о њеној употреби у дозиметрији зрачења. С тим у вези, Драганић је испитивао и сложене механизме реакција које зрачења изазивају, као и њихове исходе,



Сл. 4. Утицај апсорбоване дозе и почетне концентрације оксалне киселине на број разложених молекула



Сл. 5. Насловна страна докторске тезе Ивана Драганића

затим утицаје примљене дозе зрачења, почетне концентрације оксалне киселине у раствору, температуре, присуства кисеоника итд. Неке од добијених резултата веома сликовито приказује дијаграм дат на слици 4. Он је занимљив из два разлога. Прво, то је кључни резултат везан за потенцијалну употребу оксалне киселине у дозиметрији, а друго, на њему се види да је 'нацртан руком', што показује да је и на Сорбони педесетих година техника припреме материјала у докторским тезама била оскудна.

При томе се као главни производ добијао *уљен-диоксид*, а поред њега најчешће, зависно од услова, и *водоник* или *водоник-пероксид* и *кисеоник*. С обзиром на циљ истраживања, важна је била и констатација да, под утицајем великих доза наведених зрачења, нема активације атома који чине молекула оксалне киселине, тј. да ниједан од њих не постаје радиоактиван.

Последње поглавље је било посвећено могућностима примене ове киселине за већ спомињане хемијске дозиметре за мерење врло високих доза зрачења, што ће се показати као изузетно важно за Драганићеве будуће научне активности, па ће о *оксалном дозиметру* бити више речено у тексту који следи. Овим је Драганић у јединственом контексту обрадио тему коју су му његови домаћини били ставили у задатак и истовремено урадио докторску тезу.

Теза је пријављена 1955. године – препорука за универзитетски докторат (*doctorat d'université*), али је примљена за државни докторат (*doctorat d'état*), што је најугледнији од три врсте доктората на француским универзитетима. То му је давало право да се и као странац може запослити у државној установи, што су практично били сви универзитети и већи научни институти.

Иван Драганић је своју докторску тезу посветио професору Павлу Савићу, као знак захвалности и великог поштовања које је према њему гајио, што сведочи о томе да је П. Савић имао кључну улогу у животној оријентацији, раду, развоју, каријери, па и животу Ивана Драганића, што није потребно посебно истичати, јер се то из овог текста јасно види.

ПАРИЗ ПЕДЕСЕТИХ ИЗВАН ЛАБОРАТОРИЈЕ

„Са краћим и дужим њрекидима сам боравио у Паризу од лета 1953. до лета 1958. године. Имао сам тада јединствену њрилику да се служим нуклеарним реактором као извором зрачења. Улазио сам у нуклеарне науке, посебно у нову њрану хемије која изучава њромене настале дејством јонизујућег зрачења, радијациону хемију. Била је то њрилика и да дођем у додир са многим научницима који су у овим областима имали своје место у њгалерији њионира, већ тада или нешто касније. Прелиставајући историју ране радијационе хемије видим да сам имао њрилику да упознам њих двадесет и њећ од њридесетак који су 1980-њих њозвани да у њеном њисању учествују. Срећом сам их њриликом семинара које су обично држали у Институту за радијум али и бројних неформалних скупова. Понеке сам срећом и у кућама француских колења.

Ишао сам на њредавања суђружника Жолио-Кири⁸. И њоред све слабијег здравља, ни у њоследњим годинама живота нису зајостављали курсеве намењене студентима. Ирена је њредавања држала у њрејуном амфитијатру на Сорбони. Прерано остарела, крхке њојаве, њоворила је њихо. У атмосфери је ледело њрисусиво живе лејенде. Фредерикова њредавања су била на Колеж д'Франсу, у њовећој учионици са великом њтаблом коју је неуморно њунио једначинама. Није се користио белешкама. Говорио је живо док се хитро крећом испред њтабле, са њоледом који је шетом њо учионици и доирио до сваког њрисусивног. Видим и сада њродорни сјај ње њових очију.

⁸ Ирена Жолио-Кири (Irène Joliot-Curie) и њен супруг Жан Фредерик Жолио-Кири (Jean Frédéric Joliot-Curie), добитници Нобелове награде за хемију 1935. године за откриће вештачке радиоактивности. Ирена је била ћерка Пјера и Марије Кири, који су такође добитници Нобелове награде, Марија чак две.

Нишња мање драгоцена је била хумана сѝрана боравка. Неуморно сам шѝарѝао кроз музеје и изложбе. Сѝиендија ми је била мала. Сећам се да сам ѝочео са износом који је у ѝо доба био раван ѝлаѝи чисѝача улице. Подразумевајући најмању собицу са ѝрозором у свеѝларник у хоѝелу ѝреће каѝеѝорије у Лаѝинском кварѝу, и шѝедљиву исхрану, било је довољно за ѝонеку књиу код дукинисѝа и једанѝуѝ недељно за карѝу за сѝајање у ѝозоришѝу или музѝкхолу. У концерѝним халама није било сѝајања.

Избор је био боѝаѝ. Булеварска ѝозоришѝа, заѝим Мајол и Фолибержер, али и Комеди Франсез, Оѝера и Сал Плејел. Вредело је сѝајаѝи уморан, ѝосле најорноѝ рада у лаборѝорији, да би се у Оѝери доживело Лабудово језеро московскоѝ балетѝа или Чанѝаловићев Кнез Иѝор. Или усамљеносѝи и ѝуѝа у ѝанѝомими Марсела Марсоа у неком од булеварских ѝозоришѝа. Нисам ѝроѝушѝао реѝерѝоар ѝозоришѝа Комѝаније Маглен Рено – Жан Луј Баро. Сѝекѝакуларни за очи и душу били су солисѝички концерѝи Јехудија Мењухина или Арѝура Рудинѝајна. За цео живоѝи у сећању осѝају леѝенде као Жозефина Бекер и Морис Шевалије, али и звезде ѝада на ѝомолу као Ив Монѝан, Жорж Брасенс, Жилијеѝ Греко, Жилбер Беко, Едѝи Пјаф.

У Француској су се ѝих ѝодина владе смењивале неуобичајено часѝо, каѝкада и месечно. Редовно сам чѝао Монд, али сам једанѝуѝ недељно узимао комунисѝички Иманиѝе и каѝолички Ла Кроа или Фиѝаро. Друшѝивена здивања су ме врло инѝтересовала. Али не и анѝажовање у ѝопѝиѝици, ѝа и друшѝивеном живоѝу уоѝиѝе. Не само ѝада, неѝо и касније. Пуѝи којим сам ишао ѝражио је целоѝ човека. А нисам сумњао да човек мора да буде друшѝивено корисѝан, али да ѝо и ѝе како може да буде и без ових анѝажовања“.

ОКСАЛНИ ДОЗИМЕТАР

Оксална киселина се у воденом раствору разлаже под дејством зрачења, то је већ споменуто у тексту о докторској дисертацији. Тиме јој се снижава концентрација. Ако се то снижење на неки начин измери, а Драганић је то радио тако што је 'титровањем' помоћу калијум-перманганата (KMnO_4) одређивао преосталу количину у раствору, онда се оно може довести у везу с примљеном дозом зрачења. Наравно, потребна је одговарајућа калибрација неким другим методом. А доза се израчунава помоћу једноставне формуле $\log D = a \cdot \log C + b$, где је C број разложених молекула, а a и b су константе које зависе од услова мерења. Испитивани су ефекти које зрачење производи при различитим почетним концентрацијама ки-



Сл. 6. Оксална киселина – Конференција МААЕ⁹ 1964. године

селине и у функцији температуре, рН вредности, апсорбоване дозе итд. Дозе су биле релативно високе (у домену 1,6 до 160 Mrad).

Резултати истраживања објављени су на *Првој конференцији Уједињених нација за мирољубиву примену атомске енергије*, која је одржана у Женеви 1955. године [6]. Дозиметријске технике за термалне неутроне и гама зрачење у реакторима, што је његов први рад направљен у новој средини. Следе радови у тада веома цењеном француском часопису *Journal de Chimie Physique*, прво 1955 [7, 8], а онда и 1959. године [14–16]. Такође, радови наведени под [30–33, 37, 41–43], али и неки други, су на овај или онај начин везани за тему оксалног дозиметра.

Ослањајући се на своју идеју о употреби оксалне киселине за мерење доза зрачења, Драганић је развио и хемијски дозиметар базиран на коришћењу ове супстанције у чврстом стању ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), за мерење екстремно високих доза (100–1000 Mrad) мешаног зрачења у језгрима нуклеарних реактора [49]. Поступак је био врло једноставан – одмери се одређена количина оксалне киселине и у одговарајућем суду стави на место на којем треба измерити дозу. Након озрачивања тај узорак се благо загрева неколико сати да би се одстраниле заостале нечистоће и продукти распада, а онда му се измери маса. Из разлике маса пре и после озрачивања се израчуна доза.

Овај је дозиметар у слободнијим разговорима често називан 'Драганићев дозиметар'.

На тему оксалног дозиметра одбрањене су четири докторске дисертације, три у Београду и једна у Данској.

⁹ МААЕ – Међународна агенција за атомску енергију са седиштем у Бечу.

Поред уобичајених публикација „стање истраживања оксалној дозиметра сам сумирао у чланцима писаним на позив познатих часописа: NUCLEONICS (1963) [25], ATOMPRACTIS (са Н. Холмом, 1968)[44] и RADIATION RESEARCH REVIEWS (са О. Гал, 1971) [51]. Ойшије узев, о овом дозиметру смо објавили не више од десетак научних радова. Па ипак, од 1960. до 1990. оксални дозиметар су уледни аутори унели у ијестак монографија и уџбеника¹⁰“.

РАДИЈАЦИОНА ХЕМИЈА У ВИНЧИ

Још док је радио на свом докторату у Паризу, Драганић је сањао о томе да направи сопствену лабораторију у Винчи, у чијем фокусу би била наука која се рађала, а с којом се сусрео у Француској. Почело је 1955. приликом његовог повратка из Париза као „светски центар за оксалну киселину“, како је у шали говорио др Моиз Хајсински¹¹. У ствари, то је било Одељење радијационе хемије Института. Кренуло се 'од нуле', са сарадницима који су углавном били студенти дипломци, и у оскудним условима. За радијациону хемију извори зрачења су, наравно, од виталног значаја. До пуштања у рад винчанског реактора 1959. године, узорци припремљени у Винчи предвиђени за експерименте са високим дозама зрачења, углавном су одашилиани у Француску на озрачивање у снажном експерименталном реактору у Саклеју, одакле су враћани натраг ради анализе. Разумљиво је да је то био наставак Драганићевих истраживања започетих у Француској, у којима се радило о већ описаном радијационохемијском дозиметру за високе дозе зрачења, какве се срећу у језгрима нуклеарних реактора.

Узгред, нека озрачивања су рађена и у Винчи, у почетку с једним рендгенским уређајем, а затим с акцелератором протона Кокрофт-Волтон (Cockcroft-Walton)¹². Истовремено се радило на пројектовању и изради

¹⁰ 1) Swallow (Pergamon Press, London, 1960); 2) Allen (Van Nostrand, New York, 1961); 3) Kabakči (ANUSSR, Kiev, 1963); 4) Vereščinskii (ANSSSR, Moskva, 1964); 5) Haissinsky (Addison-Wesley, London, 1964); 6) Attix (Academic Press, New York, 1966); 7) Minder (Springer Verlag, Berlin, 1966); 8) Kaindl (Hutting Verlag, Heidelberg, 1967); 9) Fitti (Academia, Bucuresti, 1967); 10) Roth (Masson, Paris, 1968); 11) Henky (University Press, Washington, 1969); 12) Holm (Dekker, New York, 1970); 13) Mahlis (Atomizdat, Moskva, 1972); 14–16) Spinks (Wiley, New York, 1964, 1976, 1990).

¹¹ Моісе Хаіссински – један од утемељивача радијационе хемије. Био је сарадник Марије Кири и добар пријатељ проф. Павла Савића из париских дана, а такође и члан комисије за одбрану докторске тезе Ивана Драганића.

¹² То је високонапонски каскадни акцелератор протона енергије 1,5 MeV (мегаелектронволти) који је у Винчи пуштен у рад 1951. године.



Сл. 7. Зграде Лабораторије за радијациону хемију у Винчи (јануар 2017)

извора гама зрачења базираног на радиоактивном изотопу кобалта (^{60}Co). Одговарајући контејнер је направљен у Винчи, да би био опремљен кобалтом активности 250 Ci у Харвелу, где је Драганић, како је већ наведено, боравио 1952. године.

У почетку је акценат био на радиолизи воде и водених раствора оксалне киселине и феросулфата, а посебно на зависности примарних процеса тих радиолиза од киселости раствора, апсорбоване енергије итд.

Године 1958. *Одељење за радијациону хемију* постаје *Одсек за дозиметрију*, чиме се ишло у сусрет пуштању у рад експерименталног нуклеарног реактора, чија се изградња приводила крају, да би две године касније овај одсек поново постао *Одељење за радијациону хемију*, али сада у новоадаптираном, великом простору и са значајно већим бројем сарадника. У фокусу научних истраживања је и даље била вода као модел-систем, посебно краткоживуће врсте које настају дејством зрачења, као што су слободни радикали. Истовремено се радило и на хемији и дозиметрији високих доза мешаног зрачења реактора, који се сада већ увелико користио. Паралелно са свим тим активностима и даље се радило на стварању нових и бољих извора зрачења. Тако, набављена је радијациона јединица са радиоактивним кобалтом од 2 kCi [22], почетком седамдесетих је пуштен у погон пулсни акцелератор електрона *Febetron 707*, чија је енергија електрона била 2 MeV, а трајање пулсева реда милијардитог дела секунде. То је отворило потпуно нова поља истраживања, јер је омогућило изучавање кинетике и механизма веома брзих хемијских реакција изазваних зрачењем. Све то, уз могућност коришћења акцелератора електро-



Сл. 8. „Стари винчански знанци“ у Винчи 1978. године. Слева надесно: Душан Каназир, Бранислава Перовић, Радојка Савић-Лела, Павле Савић, Предраг Бојовић, Иван Драганић, Круно Суботић и Зоран Зарић

на енергије 14 MeV у нуклеарном центру *Riso* (Risø) у Данској, с којим је И. Драганић имао успостављену сарадњу, давало је могућност да се радијациона хемија у Винчи ради на нивоу европских лабораторија те врсте. *Одељење* је у међувремену прерасло у *Лабораторију за радијациону хемију*.

Како се лабораторија развијала, ширило се поље истраживања па се прешло и на друге супстанције, о чему ће бити речи и у остатку текста, уз истовремено стварање веома квалитетних кадрова, што се наставило и у наредним деценијама све до данас. Сада је то лабораторија која одавно има међународну репутацију. Кад нека институција толико дуго траје и кад достигне такав квалитет рада, онда то најбоље говори о визионарству њених оснивача.

Иван Драганић је, како је и сам истицао, доживотно остао 'винчанац', тј. сматрао је да припада Институту Винча, у којем је започео своју професионалну каријеру 1949. године, а окончано је одласком у пензију 1981. године, мада је његова активност изван Винче, у другим институцијама, укључујући и ону у позним пензионерским годинама, била једнако тако богата и плодносна.

Зато мислим да је на овом месту прикладно формално сумирати његово 'кретање у служби' у оквиру Института, од најраније младости па

до пензионисања. Доласком у Винчу он је ступио у 'државну службу', и то као још несвршени студент на радном месту лаборанта, али сам у његовом досијеу из Винче нашао податак да је пре тог ступања, а у доба Другог светског рата, радио као: *обућарски радник – шећер, бродарски економ – чиновник, радник у фабрици шећера, те чиновник у окружном одбору у Зрењанину*. Такође, још као студент је одлуком ректора Универзитета у Београду из 1947. године постављен за *хонорарног службеника – демонстратора* на Природно-математичком факултету.

Године 1953. је постао *стручни сарадник* Института у Винчи. Како је већ речено, тих година је основао Школу за изотопе и њом руководио више година. Затим је:

1957. године именован за вршиоца дужности *шефа Одељења за радијациону хемију*. Шеф овог одељења је постао 1961. године;

1959. године је изабран у звање *научни сарадник*, а исте године је именован за *шефа Одсека за дозиметрију Лабораторије за анализику реакторских материјала*;

1963. године, као дотадашњи шеф *Одељења за радијациону хемију*, постављен је за *начелника Лабораторије за радијациону хемију*;

1965. године је изабран у звање *виши научни сарадник*, а 1969. у звање *научни саветник*.

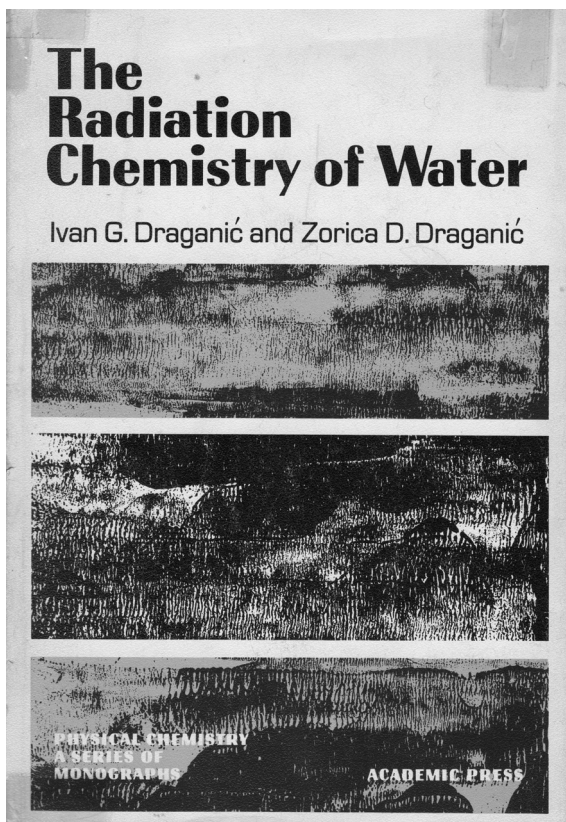
РАДИЈАЦИОНА ХЕМИЈА ВОДЕ И ВОДЕНИХ РАСТВОРА

Радијациона хемија се као мала али важна хемијска дисциплина интензивно почела развијати после Другог светског рата. То је било доба након открића фисије када су интензивно почели да се граде нуклеарни реактори, а они су, било директно или кроз изотопе који се у њима стварају при фисији, најиздашњији извори разних врста јонизујућих зрачења. Зато је, између осталог, било важно знати и какве хемијске промене у некој средини та зрачења изазивају. Најважније од свега у то доба је било, а опет у вези с реакторима, каква је радијациона хемија воде, тј. шта би се с водом десило под утицајем огромних доза зрачења. Наиме, реактори се обично хладе или и хладе и модеришу водом (или тешком водом). Ако би производ њене радиолизе била смеша водоника и кисеоника, што је било за очекивати, то би био 'праскави гас', који је веома експлозиван. То би нуклеарне реакторе учинило крајње несигурним, поред других (радијационих) ризика. Срећом, показало се да су у чистој води главни производи њене радиолизе водоник (H_2) и водоник-пероксид (H_2O_2). О овоме су нуклеарне силе имале већ тада доста знања, али су она држана у тајности.

Поред наведеног, вода је најраспрострањенији растварач, затим она је у великом проценту заступљена у живим организмима, једноставно она је свеprisутна, па је због свега тога важно познавати њену радиолизу.

У радијационој хемији воде шездесетих година прошлога века била су врло актуелна истраживања сложених механизма радиолизе и кинетике тог једноставног молекула, утицај врсте зрачења, дозе и сл. Она се, иначе, одвија кроз три ступња: физички, физичкохемијски и хемијски. Први даје примарне, екстремно реактивне производе апсорпције зрачења, у другом се углавном врши прерасподела апсорбоване енергије у сударима, а у трећем се одвијају процеси који воде до коначног исхода реакције. И. Драганић је са супругом Зорицом и са другим сарадницима радио на моделима радиолизе воде, посебно реакција тзв. слободних радикала, и у периоду од 1964. до 1975. објавио двадесетак радова посвећених овој тематици, од чега су се три четвртине налазили у престижном америчком часопису *Journal of Physical Chemistry*.

Један од првих међу њима је урађен у Винчи са Олгом Мићић [34], уз помоћ електрохемијске технике, коју Драганић, иначе, није много користио у својим истраживањима. Радило се о континуираном праћењу процеса у воденим растворима бакар-сулфата и сумпорне киселине у току њиховог озрачивања јонизујућим зрачењем при различитим условима. Таква мерења су омогућила израчунавање приноса примарних радикалских врста које настају при радиолизи воде, што је за то доба било велико достигнуће. Ти приноси су даље истраживани у наредним радовима, нпр. у [45], међу њима и приноси хидроксилног радикала и хидратисаног електрона [55], водоник-пероксида итд., често користећи различита 'хватала (scavengers)', хемијске врсте додате у систем ради испитивања његових реакционих путева [46, 56]. Са истим циљем је користио и методе компјутерских симулација процеса, било у лабораторијским условима [93] или у природи [94]. Ово последње је посебно занимљиво, јер се у природи срећу и вода и јонизујућа зрачења различитих врста, која потичу било из Космоса или из радиоактивних изотопа који постоје на Земљи. Један од типичних и скоро свеprisутних таквих изотопа је калијум-40. Његов радијациони утицај на воду, посебно у океанима, где га има у релативно великим количинама (а у геолошкој прошлости га је имало знатно више), Драганић је истраживао користећи лабораторијске експерименте и компјутерске симулације процеса [107]. Оваква и слична истраживања радијационохемијских промена у води и воденим растворима, везана за природне процесе, касније ће му послужити за отварање веома важних тема које се односе на пребиолошку хемију. Тамо ће о томе бити више речи.



Сл. 9. Насловна страна књиге “The Radiation Chemistry of Water”
(Радијациона хемија воде)

На тему радијационе хемије воде су одбрањене четири докторске дисертације на Универзитету у Београду. Круна рада у овој области је свакако књига о радијационој хемији воде.

Радијациона хемија воде – књига. „Средином 1966. добио сам позов америчког издавача Марсел Декера да напишем књигу, или будем уредник публикације о радијационој хемији воде и водених раствора. Било је то ласкаво писмо и ласкава понуда“. Нажалост, после извесног времена договори су завршени разлазом, али је идеја о књизи остала.

Захваљујући непосредном истраживачком искуству у радијационој хемији воде и водених раствора, као и прикупљеној библиографији од око три хиљаде јединица, те белешкама које су водили, Драганићи су били у могућности да све то уобличи кроз књигу *Радијациона хемија воде*

(*The Radiation Chemistry of Water*) [130], у издању *Академик преса* из Њујорка, издавача који је позитивно реаговао на понуду аутора.

Књига садржи осам поглавља, чији наслови најбоље говоре о њеном концепту: 1) Историјски преглед радијационе хемије воде; 2) Интеракција јонизујућих зрачења са водом и порекло краткоживућих врста које изазивају хемијске промене у озраченој води; 3) Примарни производи радиоллизе воде: краткоживуће редукујуће врсте – хидратисани електрон, атомски водоник и молекулски водоник; 4) Примарни производи радиоллизе воде: Оксидујуће врсте – хидроксилни радикал и водоник-пероксид; 5) Радијационохемијски приноси примарних производа радиоллизе воде и њихова зависност од различитих фактора; 6) Дифузионокинетички модел; 7) Извори зрачења и технике озрачивања и 8) Водени хемијски дозиметри.

Овој књизи је посвећено више пажње него низу других које је И. Драганић написао, зато што је то његова прва књига објављена од стране иностраног издавача на енглеском језику (ако се изузме превод већ споменутог *Радиохемијског пракџикума* из 1962. године), зато што се бави суштином његовог истраживачког интереса и зато што је то једна од првих књига у свету уопште на ову тему. Такође, према казивању самих аутора, ова књига је отворила нове, неслућене могућности, од позива за гостовања до нових идеја у тој важној области. Једна од таквих идеја је и пребиолошка хемија воде на раној Земљи, којом се Драганић интензивно бавио у својим доцнијим истраживањима. Књига је добила запажене приказе у угледним светским часописима: *Science, Nature, Nuclear Technology, Radiation Research, Angewandte Chemie, J. Chemical Education, Chemistry in Britain*. Радови из ове области, посебно укључујући књигу, су цитирани скоро хиљаду пута.

САРАДЊА СА ДАНСКОМ

Иван Драганић је, кад се све сабере, више од дванаест година бора вио и радио у иностраним научним лабораторијама. Тако, године 1960. је добио позив од *Националне лабораторије Рисо* у Данској да ради на дозиметријској калибрацији уређаја везаних за нови, изузетно снажан акцелератор електрона, чије је пуштање у погон било у току. Узгред, суоснивач овог центра је био знаменити физичар и нобеловац Нилс Бор (Nils Bohr), који је тада био и председник *Данске комисије за атомску енергију*. С обзиром на Драганићеву признату репутацију у дозиметрији високих доза, он је вршио и обуку колега које би тај посао касније преузеле. Но, сарадња није остала само на практичној дозиметрији већ је пре-

шла и у истраживачку сарадњу, која је, кроз мање-више неформалне форме трајала двадесетак година, а укупни боравци Драганића у Данској били су око две године. Такође, колеге из Данске су долазиле у Винчу, а истраживачи из Винче одлазили у Рисо.

Резултати ове сарадње били су неколико извештаја за *Данску комисију за ајтомску енергију* [18, 39–40], који су се, разумљиво, односили на практичну дозиметрију, и десетак радова публикованих у научним часописима. Међу њима треба истаћи прво рад [44], који се бави новим аспектима примене Драганићевог дозиметра, као и занимљиве радове који представљају наставак истраживања везаних за импулсну радиолизу неких водених раствора.

Брукхејвен. Драганић је рад на наведеним растворима започео у току свог боравка у Националној лабораторији Брукхејвен¹³ у Њујорку почетком седамдесетих година. Тако, тамо се истражују кинетика и механизми радиолизе водених раствора цијанамида [68], односно дицијанамида [70] изазване снажним и кратким пулсевима електронског зрачења енергије 10 MeV, при чему се настале врсте посматрају брзом кинетичком спектрофотометријом, уз истовремено компјутерско симулирање процеса. Експериментална техника оваквих радова је заиста импресивна. У ову групу треба сврстати и рад [91], публикован у домаћем часопису (*J. Serb. Chem. Soc.*), који се бави пулсном радиолизом халида, уз примену исте експерименталне технике.

Незаобилазни су и заједнички, већ спомињани радови [93, 94], објављени у часопису *Radiochimica Acta* 1989. године, који носе наслов „Radiolytic Products in Waters“ (Part I и Part II), а који се баве компјутерским симулацијама радиолитичких процеса у лабораторијским условима, односно у природи. Они су везани за Драганићев интерес за пребиолошку хемијску еволуцију, а то је била једна важна грана на његовој магистралној научној линији – радијационој хемији, којој ће он у каснијим годинама посветити значајану пажњу.

Банкок (Тајланд). Професор Драганић је 1971. и 1974. године боравио у тајландском нуклеарном центру у Банкоку, где је као експерт једне од агенција Уједињених нација држао курсеве из радијационе хемије и радијационе дозиметрије. Тајланд му је остао у сећању као земља вредних и шармантних људи, најлепших људи и жена, старих и младих. Тамо је, на тему пребиолошке хемије, учествовао и у активностима универзитета Чулалонкорн (Chulalongkorn).

¹³ Brookhaven National Laboratory (BNL). То је национална лабораторија Америчког департмана за енергију, основана 1947. године са седиштем у Њујорку.

РАДИОЛИЗА И ПРЕБИОЛОШКА
ХЕМИЈСКА ЕВОЛУЦИЈА

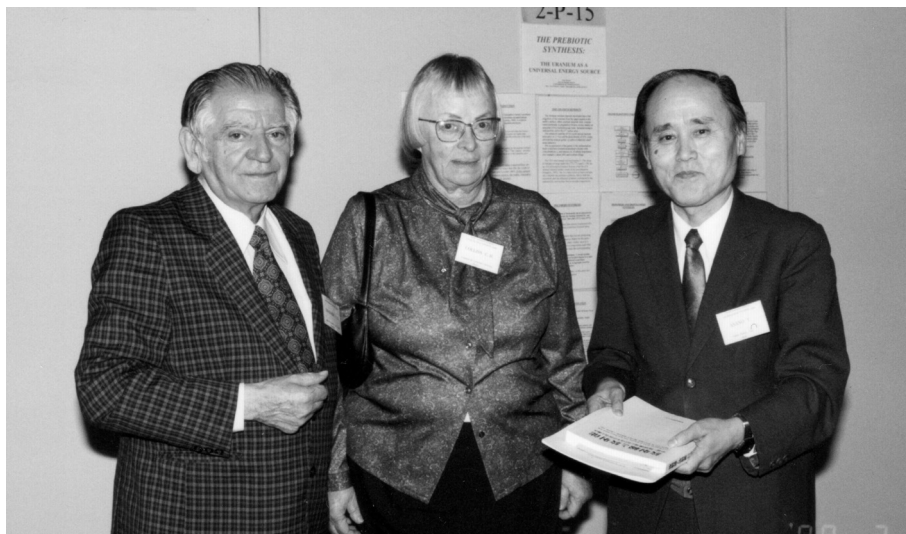
Интересовање Ивана Драганића за ову мултидисциплинарну научну област, које је почело још седамдесетих година прошлога века, произашло је из његовог основног интереса, а то је радијациона хемија, јер су њени бројни дотадашњи резултати указивали на могућности зрачења да изазивају необичне хемијске промене, посебно у води и у разблаженим воденим растворима. Према тада актуелним приступима, хемијска еволуција је била увод у појаву живота на раној Земљи¹⁴, а пут до живе материје је ишао преко низа физичкохемијских процеса у којима су из једноставних, малих, неорганичких једињења настајала прво једноставна (нпр. биомономери), а онда и сложена органска једињења (биополимери). Основана је претпоставка да је на раној Земљи било неорганичких молекула, посебно воде, као и различитих облика енергије, која је неопходна за било какву трансформацију тих молекула. Поред јонизујућих зрачења, која потичу било од радиоактивних изотопа на Земљи или из Космоса, присутни су и топлотна енергија вулкана, енергија ударних таласа метеорита, као и енергија Сунца у облику видљивог и ултраљубичастог зрачења, и све те енергије су имале своје доприносе овој еволуцији. Јонизујућих зрачења данас, наравно, има знатно мање него што их је било пре три до четири милијарде година, јер су се радиоактивни изотопи који су настали са настанком Земље потпуно или делимично распали.

„Учили смо зајостављену улоју радијационе хемије у њрстјуу овим ѡроцесима. Сјадам у оне који верују да је на нашој ѡланеии ѡрва ѡримииивна форма живе материје настала као резултат ѡроцеса хемијске еволуције у водама. Јонизујуће зрачење се врло рејко узима у обзир, вероватно збој чињенице да су друи извори били знајно обилнији, као и фаме о разорном дејсјву зрачења. Занемарује се и чињеница да дуж ѡушање зрачења настјају слободни радикали, хемијски реактивне јединке, који су изузетно ефикасни узрочници хемијских ѡроцеса. Радијационе синтјезе су нишја мање значајне од радијационих разарања“.

Иван Драганић је из ове области у периоду од 1979. до 1991. године објавио тридесетак радова у међународним часописима. Одбрањене су и две докторске дисертације на Универзитету у Београду, један магистарски рад у Тајланду на универзитету Чуланком у Банкоку и један магистарски рад на Универзитету у Мексику.

Међународна конференција ‘The Role of Radiation in the Origin and Evolution of Life’ (Улоја радијације у ѡореклу и еволуцији животиа, Осака,

¹⁴ Земља је настала пре око 4,6 милијарди година.



Сл. 10. Са колегама у Осаки (Јапан) 1998. на горенаведеној конференцији

Јапан, 1998) је почела уводним излагањем Драганића „Radiationchemical Approaches to Chemical Evolution Processes on Earth and Beyond“ (*Радијационохемијски процесима еволуције на Земљи и у Ваиони*).

Ниже ће бити представљени и анализирани неки од ових радова, с циљем да се истакне идеја коју је Иван Драганић доследно заступао кроз истраживања хемије појединих једињења, скрећући пажњу на улогу јонизујућих зрачења као извора енергије за ове промене у раном периоду развоја наше планете. Томе је посветио велики део своје каријере. Радови су настали у истраживањима спроведеним у сопственој лабораторији у Институту у Винчи, као и кроз сарадњу са истраживачким центрима у САД, Данској, Тајланду и Мексику. Показано је да седамдесетак биолошки значајних молекула, међу којима су аминокиселине и пептиди, могу настати процесима радијационо-хемијске синтезе у условима који су владали на раној Земљи [101].

ЦИЈАНО-ЈЕДИЊЕЊА (ЦИЈАНОГЕНИ)

То су једињења која садрже троструку везу угљеник-азот ($C\equiv N$), за коју се сматрало да би могла имати значаја за хемијску еволуцију у пребиолошкој ери. Има неколико радова који се баве овом групом једињења,

посебно њиховим једноставним облицима типа $R-C\equiv N$, где R представља различите хемијске структуре, углавном у облику разблажених водених раствора. Треба имати у виду да је И. Драганић био веома 'вичан' радијационој хемији воде.

Рад [48] из 1971. године, објављен у познатом часопису, је први међу њима. Значајно је рећи да је он резултат боравка И. Драганића на Департману за хемију Националне лабораторије у Брукхејвену, те да је урађен коришћењем пулсних извора зрачења, акцелератора електрона енергије 2 MeV, са трајањем пулса 0,1, односно 60 μ s, зависно од тога који је извор коришћен. Истраживано је понашање једињења $N\equiv C-C\equiv N$, тј. $(CN)_2$, што је, иначе, први рад са овим једињењем у раствору. Закључено је да је његова реакција са хидратисаним електроном (e_{aq}^-)¹⁵ као примарним производом радиолитске воде, веома брза, док су реакције са H и OH радикалима споре. То имплицира да вода углавном прима примарни 'удар' радијације, а да се цијаногени трансформишу у даљим процесима релаксације система након проласка зрачења, кроз реакције с примарним продуктима. Ово ће даље бити мало више, мада не потпуно експлицирано у неким каснијим радовима.

Наредни важан рад на сличну тему [57], објављен у врло цењеном америчком часопису *Journal of the American Chemical Society*, а у потпуности урађен у Винчи, односио се на понашање водених раствора више једињења RCN типа при озрачивању мањим дозама (< 10 krad¹⁶) гама зрачења. Истраживани су: HCN, CH₃CN, C₂H₅CN, CH₂(CN)₂ и (CH₂CN)₂, углавном са циљем да се одреде брзине и механизми појединих ступњева процеса изазваног зрачењем. Нађено је да је цијано-група главна мета слободних радикала који настају као примарни продукти радиолитске воде, без обзира на то каква је природа остатка R који је за њу закачен. Показало се да је *слободнорадикалски модел*, којим се Драганић бавио током година, веома добро средство и за тумачење понашања цијано-група у озраченој води, уз закључак да би хемијске врсте чије је настајање констатовано могле да играју значајну улогу у пребиотичкој хемији на

¹⁵ Хидратисани (или акватисани) електрон (e_{aq}^-) је хемијска врста која настаје када примарно створени електрон, који је резултат јонизације средине кроз коју зрачење прође, преференцијално буде окружен са неколико молекула воде, уместо да се закачи за неки молекул и начини га јоном. С обзиром на то да је електрон негативно наелектрисан, као и да су молекули воде поларни, ови последњи су својим позитивним крајевима оријентисани ка електрону, те тако чине релативно стабилну структуру, која се понаша као посебан хемијски ентитет. Јако је редукционо средство, има свој апсорпциони спектар, на основу кога се најчешће и констатује његово присуство у раствору.

¹⁶ 1 rad = 0,01 Gy.

раној Земљи, посебно с обзиром на постојање значајне терестријалне радиоактивности у том периоду.

Испитивање радиолитичког понашања разблаженог воденог раствора најједноставнијег цијанидног једињења (цијановодоника HCN), због чега се такав систем може сматрати као модел за све сличне системе, при озрачивању великим дозама гама зрачења (до 16 Mrad) [61] показало је висок проценат разлагања (до 90%). При томе су настајали амонијак (NH₃), формалдехид (HCHO), водоник (H₂) и угљен-диоксид (CO₂), али је констатовано и присуство чак седам аминокиселина, међу којима се с највећим приносом стварао глицин. Све ово је указивало на настајање пептидног материјала у озрачиваним узорцима, чије је стварање било иницирано слободним радикалима насталим у реакцијама HCN са H и OH радикалима, који опет настају као примарни производи радиоллизе воде. То још једном указује на улогу радијације у пребиотичкој хемијској еволуцији.

Веома је занимљив рад [63], у којем се опет ради о истим, једноставним цијанидним једињењима изучаваним у [57], посебно у техничком смислу. У потпуности је урађен у Институту у Винчи са веома софистицираном техником – пулсно озрачивање, брза детекција насталих врста, те компјутерска обрада података на тада јединственом рачунару CDC 3600, што говори не само о европском нивоу опремљености у Винчи већ и о компетенцијама њених сарадника. Иван Драганић је у томе имао кључну улогу. Систем је озрачиван кратким пулсевима електронског зрачења из винчанског *Febetrona 707*, а онда праћен тада веома напредном техником *брзе кинетичке сјектирофотометрије*, овде коришћене за одређивање апсорпционих спектра краткоживућих прелазних врста, чија су времена живота реда милионитог дела секунде. Ове врсте настају у реакцијама молекула RCN са хидратисаним електронима или радикалима H и OH. Нађено је да све три врсте апсорбују у ултраљубичастом делу спектра и нестају брзинама које су у Драганићевим радовима успешно измерене.

Даље потврде настајања аминокиселина нађене су у узорцима који су садржавали HCN, NH₄CN, NaCN, CH₃CN односно C₂H₅CN озрачиваним гама зрачењем [66, 67]. Констатовано је више протеинских аминокиселина, али и неколико оних које се не налазе у природним протеинима. И ови су радови на трагу Драганићевих доказивања улоге радијације у пребиолошкој хемијској еволуцији. Занимљиво је да су они настали као резултат сарадње са колегама баш из *Лабораторије за хемијску еволуцију* Мерилендског универзитета САД (Laboratory of Chemical Evolution, University of Maryland), а да су објављени у часопису *Origin of Life* (Порекло живота). Поред основног циља они показују разгранату мрежу сарад-

ника коју је Драганић брижљиво стварао, увек имајући у виду развој својих занимљивих идеја, мада о наведеној сарадњи он није оставио трага у својим биографским текстовима.

Олигомери који се уз помоћ зрачења формирају у воденим цијанидним растворима су, између осталог, окарактерисани и методом инфрацрвене спектроскопије [65], са циљем да се нађу додатне потврде за њихово настајање. Даље, вршена је и ензимска карактеризација пептидних материјала изолованих из водених раствора који су били изложени зрачењу [76], увек с истим циљем – доказивање улоге јонизујућих зрачења у хемијској еволуцији на раној Земљи. Детаљнији опис неких аспеката хемијске еволуције и хемије цијаноједињења на српском језику може се наћи у *Гласнику Хемијској групиштва Београд* [60].

УЛОГА РАДИОАКТИВНОГ КАЛИЈУМА

Из сарадње с данском групом посебно се истиче рад [95] из 1991. године. У њему су анализирани могућности радиолизе океанске воде раних океана и настанка кисеоника и оксидујућих врста пре 3,8 милијарди година, зрачењем које потиче из радиоактивног распада калијумовог изотопа $^{40}\text{K}^{17}$. Концентрација елемента калијума у океанској води је око 0,01 mol/L, а његовог споменутог радиоизотопа данас у природном калијуму има око 0,0118%. У периоду који је разматран га је било десетак пута више, али се његова количина распадом смањила. Рад се своди на компјутерску симулацију процеса, која се базира на слободнорадикалском моделу радиолизе воде, којим се Драганић интензивно бавио у току већег дела своје каријере, а полази од доступних геолошких података о хемијском саставу воде раног океана и присуству у њој споменутог изотопа калијума.

Према налазима о саставу неких стена на Гренланду, које су настале таложењем у морској води, утврђен је хемијски састав воде раних океана, што је олакшало да се сагледају могуће хемијске реакције, па и оне под утицајем споменутог зрачења. У раду је показано да је рани океан имао значајан оксидациони потенцијал захваљујући радиолизи воде, поред других фактора који су томе доприносили (фотодисоцијација и фотосинтеза, захваљујући ултраљубичастом зрачењу које је било врло обилно, али је имало само површински ефекат, док је калијумов изотоп деловао по целој дубини). Количина разложене воде и насталих оксидационих врста зависе само од концентрације ^{40}K . Процењено је да је годишња брзина

¹⁷ Калијум-40 је примордијарни изотоп калијума, настао са настанком Земље. Има време полураспада од 1,25 милијарди година.

генерисања била 10^{-12} до 10^{-11} мола по литру годишње, што није велико, али је могло утицати на формирање услова у којима су се могли појавити организми толерантни на кисеоник. Иначе, раширено је мишљење да је појава живота на Земљи везана за рану појаву кисеоника.

Могло би се још говорити надуго и нашироко о радовима Ивана Драганића на сличне теме, али у оваквој врсти текста то није неопходно. Читаоци који су заинтересовани за то могу погледати одговарајуће Драганићеве публикације дате на крају овог текста. Међутим, било би недопустиво не навести да је већина тих радова настала у сарадњи великог броја људи и институција које је Иван Драганић окупљао око својих идеја. Што је још важније, у свим тим истраживањима он је учествовао активно и непосредно, кроз директни, свакодневни рад у лабораторији, као научник а не као менаџер или шеф. Само списак земаља с чијим је лабораторијама највише сарађивао и у којима је дуже боравио, довољно говори о свему: Француска, Данска, Тајланд, САД, Мексико. Лако је запознати необичну чињеницу да су све те земље веће или важније од Југославије из које је Драганић долазио. Његова харизма, упоран рад, објективност и одсуство предрасуда, те поштен однос према науци су могућно објашњење за то. Поред Француске и Данске, о којима је већ било доста речи, и боравак у Мексику се истиче својим значајем.

МЕКСИКО – РАДИЈАЦИОНА ХЕМИЈА И КОМЕТНО ЈЕЗГРО

Драганић: „Сматра се да су кометарна језира добро сачувани остаци пресоларне мајлине и да ујознајни њихов хемијски састав значи добити увид у састав међузвездане облака из које је настао Сунчев систем. Пројекти космичких агенција су усмерени на узимање узорака аутоматским лансирањима, које би требало да приђу једној унапред одабраној комети, изабаче харџун који ће продрети до шри метара у њовршински слој комете, узму узорак за анализу и донесу га у лабораторије на Земљи. Истраживања скрећу пажњу на значај хемијских промена које су се у пресоларном материјалу морале одијати током животова комете: излањањем њовршине кометарне језира космичком зрачењу и материјала унутар језира зрачењима радиоактивних нуклида (изотопа) уграђених приликом рађања језира комете. С обзиром да је временска скала озрачивања дуа (милијарде година), хемијске промене могу да буду значајне и при слабир интензитетима јонизујућег зрачења“.

Ово је тематика којом се И. Драганић углавном бавио након одласка у пензију, у коју је отишао са педесетседам година старости, дакле у

пуној истраживачкој снази, с огромним искуством и веома развијеним односима с многим значајним светским центрима за радијациону хемију. Као слободан истраживач, одлучио је да са супругом Зорицом оде у Мексико, на тамошњи Национални универзитет Мексика¹⁸, где му је понуђено да буде директор Департмана за радијациону хемију у Институту нуклеарних наука (Instituto de ciencias nucleares). „Отишли смо на јодину дана. Остали смо четири јодине. Иако странац, добио сам формално поштовање за директора лабораторије и финансијска средства која сам тражио да су приоритетна. За набавку опреме је утрошено око 300 000 долара. За нама је остала добро опремљена лабораторија и добро уходан тим. Животи и рад у тој средини, колико друкчијој од свега што смо знали, одушевљавао нас је. Био је повољан и пријатан у сваком погледу, чак нам ни 2300 метара надморске висине рада у којем смо боравили нису сметали. Па ипак, на изненађење наших домаћина, решили смо да боравак приведемо крају. Најпросто, нисмо хтели да будемо далеко од Београда док нам одраста четиоро унучади. Али смо са UNAM-ом остали у контакту и сарадња је настављена“.

Значај оваквим истраживањима даје, између осталог, веома раширено мишљење, изражено као хипотеза, да је највећи део воде данашњих океана на Земљи пореклом из комета. Из Драганићевих истраживања у области радијационе хемије у кометама и међузвезданом простору је настало седам-осам квалитетних радова, као и једна докторска дисертација одбрањена на Универзитету у Београду 1985. године. Драганић је на ову тему по позиву говорио на више међународних научних скупова, међу којима су и три пленарна излагања на конференцијама COSPAR-a (Cosmic Space Research).

У оквиру истраживања у Винчи, и са колегама у Мексику, вршени су симулациони експерименти. Озрачивани су водени раствори чији хемијски састав одговара пресоларној маглини, а који је већ био познат из радова других аутора, замрзнути или у течном стању. Кометно језгро, наравно, има сложен хемијски састав, али су у Драганићевим истраживањима [86, 97] одабирани само неки могући конституенти, једноставнија органска једињења у концентрационим односима који су нађени у међузвезданом облаку, $\text{HCN}/\text{CH}_3\text{OH}/\text{CH}_3\text{CN}/\text{C}_2\text{H}_5\text{CN}/\text{HCOOH}=1:0,6:0,2:0,1:0,05$, а с којима је он одраније имао велико искуство. Нађено је да се основни облик радиоллизе течних система јавља и код узорака смрзнутих на температури течног азота (-196 °C), али с хемијским приносима који су нижи за један до два реда величине, уз закључак да је то од значаја за хемију течне

¹⁸ Universidad Nacional Autonoma de Mexico (UNAM). То је најстарији, најславнији и највећи универзитет Латинске Америке и водећи универзитет шпанског говорног подручја. И. Драганић наводи да је тада имао око 250 000 студената и око 25 000 запослених.

унутрашњости комете и залеђене површине њеног језгра. Дакле, показано је да треба очекивати да је кометни материјал, у зависности од дубине слоја, мање или више хемијски измењен. Штавише, указано је и на могућност радијационе синтезе низа органских молекула значајних за процесе на путу ка постанку живе материје. Претходно су вршене процене доприноса протона енергије изнад 1 MeV, који потичу из космичког зрачења, апсорбованој дози на површини комете [88], узимајући у озбир неке јонизационе и нуклеарне губитке. Предложена је и формула помоћу које се лако процењује апсорбована доза на било којој дубини, све до 20 метара од површине. Али не само то, касније су вршене процене доприноса космичког зрачења као таквог, и зрачења која потичу од радиоактивних изотопа који се налазе у комети, укупној апсорбованој дози и радијационој хемији у језгру мете [89, 90]. Постоје два чланка И. Драганића на српском језику написана на ову тему на популаран начин [108, 109], па се читалац који жели општи увид у тему упућује на њих.

ПРОСВЕТНА И НАСТАВНА АКТИВНОСТ

Као човек великог научног ауторитета, а са јединственим искуствима у доба након открића фисије атомског језгра, које је донело револуционарни преокрет у науци и технологијама у различитим областима и када су нуклеарне науке доживеле незамисливу експанзију, И. Драганић је био веома драгоцен учитељ у средини која је педесетих и шездесетих година XX века, као претежно аграрна земља, тежила да уђе у свет индустријализације и развоја. Тада је било мало људи који су уопште знали да научно мисле, али зачудо оних који су успешно овладавали нуклеарним знањима већ крајем педесетих је био завидан број. Ово највише захваљујући изузетној друштвеној амбицији тога доба, овде израженој кроз невероватне напоре проф. Павла Савића да у Винчи направи нуклеарни институт европског нивоа. Иван Драганић је био један у низу најбољих. Оно по чему се он разликовао од многих других је спој лакоће усвајања нових научних знања и лакоће препознавања потреба развоја, посебно кроз ширење тих знања. Имао је такође, још као веома млад, велику храброст да у све то уђе и веома изражен дар да то и организује. Требало је тада људима објашњавати практично 'од нуле', шта је радиоактивни распад, шта су изотопи, шта је јонизујуће зрачење, какве ефекте оно изазива, како се мери итд., све до описа нуклеарних машина као што су реактори или акцелератори.

Већ је речено да је Драганић организовао прве специјалистичке курсеве у Југославији за стручњаке који у својој професионалној актив-

ности користе радиоизотопе и зрачења (лекаре, инжењере), у оквиру „Школе за изотопе“, за чије је потребе морао припремити и одговарајућу литературу.

Али то није све. Он је био ангажован и у универзитетској настави кроз различите курсеве на факултетима, а посебно кроз израде магистарских и докторских теза, не само код нас већ и у иностранству.

На Катедри за физичку хемију Природно-математичког факултета у Београду И. Драганић је педесетих година прошлога века организовао вежбе из радиохемије. То је био први практикум из нуклеарних наука на Универзитету у Београду, а његов већ спомињани УВОД У РАДИОХЕМИЈУ [110] је први универзитетски уџбеник из радиохемије на нашим просторима. Године 1959. је, опет за потребе образовања у тада изузетно експанзивној области нуклеарне хемије и радиохемије, изашла књига сличног садржаја под насловом „РАДИОХЕМИЈСКИ ПРАКТИКУМ: РАДСА РАДИОАКТИВНИМ ИЗОТОПИМА“ [113], чији су уредници били И. Драганић, О. Гал и М. Радотић, а сам Драганић је био аутор неколико поглавља у тој књизи. Веома је занимљиво да је Комисија за атомску енергију САД-а ову књигу за своје потребе превела на енглески језик већ 1962. године [120].

Био је главни уредник, али и коаутор низа прилога у већ споменутом тротомном уџбенику РАДИОАКТИВНИ ИЗОТОПИ И ЗРАЧЕЊА. Ове књиге су коришћене и као помоћни уџбеници из нуклеарних наука на универзитетима у Југославији, од Љубљане до Скопља, а посебно на курсевима радиохемије на физичкој хемији Природно-математичког факултета Универзитета у Београду, где су и данас драгоцену литературу. Педесетих година Драганић је такође држао и предавања из радијационе хемије на истом факултету, а седамдесетих предавања из кинетике брзих процеса на Технолошко-металуршком факултету Универзитета у Београду, где је био и изабран за редовног професора универзитета по позиву.

Но, најважнији део наставних активности И. Драганића био је да је он у оквиру својих истраживања руководио израдом десетак докторских дисертација као и двадесетак магистарских и дипломских радова који су брањени на Универзитету у Београду. Његово искуство и подршку су у своме раду користили и докторанди на другим универзитетима у тада заједничкој земљи (Загреб, Љубљана, Скопље) као и у другим земљама – на универзитетима у Бордоу (Француска), Лунду (Шведска) и Банкоку (Тајланд). Детаљни подаци о овим докторандима налазе се у његовим биографским записима.

Све што је наведено јасно потврђује да је проф. Иван Драганић у ствари имао своју ‘школу радијационе хемије’, која је била препознатљива и у најширим међународним оквирима.

ПОПУЛАРИЗАЦИЈА НАУКЕ И НАУЧНОГ МИШЉЕЊА

Иван Драганић спада у људе који су сматрали да наука треба да служи друштву и његовом напретку и да је стога посебно важно да се та врста мишљења приближи што ширем кругу људи. Он је то радио у разним приликама и на различите начине, јер је веровао, као уосталом и веома амбициозне генерације којима је припадао, а које су задивљујућом енергијом градиле југословенско друштво након Другог светског рата, да су наука и култура кључне полуге којима друштвена заједница може остварити свеопшти прогрес, наравно под условом да та заједница има свест о потреби сопственог развоја. Такво мишљење у другој половини XX века није недостајало.

ПОЛИТИКА ONLINE

За суботу 30. јануар 2010.

Најстарији дневни лист на Балкану.
Први број изашао 25. јануара 1904.
Оснивач Владислав Рибњикар.

Спектар Наука

Интервју
Нисмо једина разумна створења

Не ужасавате ме бесконачност простора у васиони којој припадамо, и у мултиверзуму о којем размишљају астрономи. Не сумњам да у космосу нисмо сами и да ће одговоре добијати генерације које долазе, наглашава професор др Иван Драганић, наш водећи физико-хемичар, који деценијама проучава хемијску (пребиотичку) еволуцију која је претходила биолошкој



Иван Драганић (Фото Драган Јевремовић)

Потрага за животом у васиони заухтава се сваки новим астрономским открићем. За сада је извесно да се појавио на Земљи, пре отприлике четири милијарде година, али шта му је претходило?

Професор др Иван Драганић (86), један од ретких преосталих утемељивача Нуклеарног института „Винча“, десетлеђима изучава хемијске услове који су утрли пут појави првих органских једињења. Свејевремено је са својом супругом Зорицом, сада почившом, усталисала светску научну заједницу увођењем још једног битног зорочника и чиниоца – космичког зрачења.

Наш водећи физико-хемичар и један од одашћених најцитиранијих научника (око 2.000 цитата) докторирао је на Сорбони, а као гостујући професор предавао на америчким, европским и азијским универзитетима. И дан-данас је исцрпна и надахнута књига „Радијације и радиоактивност на Земљи и у васиони“, коју је написао са супругом и чувеним француским истраживачем Жан-Пјер Адолфом, незаобилазни уџбеник на последипломским студијама у САД.

Зашавши дубоко у девету деценију и даље неуморно чита и пише научне чланке и популарне написе, понекад и за „Политику“. Сваком свом ученику, а извео је многе у научничка звања, увек је говорио: „Кад кренеш у бели свет, увек купи повратну карту“. Никада тај завет није прекршио, иако су му често нудили да остане у иностранству.

Зна ли се до тачно како се одиграла пребиотичка еволуција? Који су хемијски елементи и промене били неизбежни да се, уопште, започне живот?

Миленијумима човек је у религијама тражио одговор на питање о постанку живота а у свету који га окружује. Крвационизам полази од тога да је живот створила виша сила. У науци одговор почиње интензивно да се тражи половином stoleћа које је за нама. Полазна основа је вода и присуство једноставних једињења угљеника на нашој планети. Изучавања могућих процеса су у току, поступно се сагледава општа слика, али коначан одговор још није при руци.

Зашто је еволуција морала да започне и на Земљи и у космосу? Следи ли то из физико-хемијских законитости које јој претходе?

Сл. 11. Насловна страна једног интервјуа који је И. Драганић дао *Политици*

Са циљем популаризације науке, као и на тему односа друштва и науке, објавио је стотинак чланака у дневној и недељној штампи (*Политика, Борба, НИН, Галаксија*), као и стручним часописима (*Природа, Техника, Хемијски преглед*). Своје ставове изнео је и кроз више интервјуа датих за новине или часописе. Своје погледе на различите теме, науку, друштво, свет око нас, историју, будућност итд., али и причу о свом животу, изнео је у оквиру обимног интервјуа РАЗГОВОРИ СА ВИНЧАНЦИМА из 1998. године [148], из којег је нешто коришћено и за овај текст. Са својим прилозима учествовао је у бројним емисијама научних програма на радију и телевизији. Писао је сценарија за научно-документарне филмове (1960) и емисије на телевизији (1973, 1978, 1995). Био је аутор и водитељ телевизијске серије РАДИЈАЦИЈЕ И РАДИОАКТИВНОСТ, шест емисија на I програму Радио-телевизије Србије (РТС), за коју је Образовно-научни програм добио посебну награду РТС за 1995. годину.

Ипак, од посебног значаја за ову област су његове књиге: РАДИОАКТИВНИ ЗРАЦИ (И. Г. Драганић, 1957) [11], КРОЗ СВЕТ РАДИЈАЦИЈА И РАДИОАКТИВНОСТИ (И. Г. Драганић, 1996) [146], ПОРЕКЛО И ИСТОРИЈА ЖИВОТА НА ЗЕМЉИ (Н. Пантић, И. Драганић, Д. Вујошевић, 1998) [147], Радијациона хемија воде, глава 3 у РАДИОАКТИВНОСТ (И. Г. Драганић, 1998) [149], те БЕЛЕШКЕ (И. Г. Драганић, 1998) [150].

О ДРАГАНИЋЕВИМ КЊИГАМА

Резултати истраживачког рада у природним наукама се најчешће објављују у научним часописима, јер они омогућују брз и поуздан пут до читалаца и корисника. Књиге углавном служе да би се уобличио концепти, средили добијени резултати и евентуално промовисали нови правци. Из тих разлога њих по правилу пишу истраживачи са искуством и они који су успели да направе продоре обимом и квалитетом својих радова. За Драганића је уочљиво да је написао велики број књига, што чисто научних, што популарних.

Као што ће ниже бити наведено у статистици његових радова, Иван Драганић је објавио укупно 70 публикација у категорији *књије – њаве у књијама – ревијски чланци*, од чега је само књига 21, што најбоље говори колико је он био плодан и у овом домену. О већини његових књига је кроз овај текст довољно говорено различитим поводима. На пример, доста пажње је посвећено његовим књигама којима се популаризује наука, као и веома важним уџбеничким књигама. У вези с последњим требало би истаћи, да је у Америци још 1962. године преведена на енглески језик

књига-практикум [120], уз констатацију да највећа нуклеарна сила света користи литературу из једне мале али амбициозне земље, која је увелико била загазила у нуклеарне науке одмах након Другог светског рата. Тиме се мало која друга мала земља могла похвалити, поготову у то доба. Такође, по мишљењу писца овог текста требало би додатно истаћи већ описану књигу „THE RADIATION CHEMISTRY OF WATER“, као и књигу „RADIATION AND RADIOACTIVITY ON EARTH AND BEYOND“, написану заједно са З. Драганић и Ј. П. Адлофом, у којој је дат општи поглед на радијације и радиоактивност, а која је имала два америчка издања на енглеском језику (1990, 1993) [141,143], једно на српском (1991) [142] и једно на јапанском (1996) [145].

Као један од пионира у области радијација и радиоактивности, позван је да својим прилогом (Nuclear Reactor as a Source of Radiation: Chemistry and chemical dosimetry in the fifties at Chatillon, Saclay and Vinca – Нуклеарни реактори као извори зрачења: Хемија и хемијска дозиметрија педесетих година у Шатијону, Саклеју и Винчи) учествује у писању историје радијационе хемије, коју је објавило Краљевско хемијско друштво Велике Британије [140]. Такође, један је од тридесет научника међународне репутације који су позвани да обележе стогодишњицу открића радиоактивности својим прилогом у специјалном броју часописа *Radiochimica Acta* и у монографији „One Hundred Years after the Discovery of Radioactivity“ [144], где је написао поглавље под насловом *Radioactivity and Radiation Chemistry of Water* (Радиоактивност и радијациона хемија воде). Ту се Иван Драганић нашао у друштву са тако великим именима као што су Глен Сиборг¹⁹ или Готфрид Минзенберг²⁰. У свом прилогу Драганић је, поред осталог, потцртао своја виђења улоге радијације у пребиолошкој хемијској еволуцији, али је писао и о једном изузетном феномену, о феномену Окло. Наиме, у Габону у западној Африци, у месту Окло је откривено да су се тамо пре око две милијарде година били стекли услови да проради природни нуклеарни реактор. Процењено је да је тај реактор ‘радио’ око милион година. Концентрација фисилног изотопа уранијума (235-U), који је гориво нуклеарних реактора, која је данас око 0,7% је пре 2,5 милијарди година била око 5%, што је довољно да, у комбинацији са водом (која би била модератор фисионих неутрона), а то је било мочварно подручје, настану услови за ланчану реакцију фисије уранијумовог

¹⁹ Glen T. Seaborg, добитник Нобелове награде за хемију 1951. године, који је обогатио Периодни систем открићем десет нових (вештачких) елемената, међу њима и плутонијума (Pu).

²⁰ Gottfried Münzenberg, кључна личност у открићима фузије тешких елемената, као и открићима елемената *доријума, хасијума, мајјнеријума, гармшиаијијума, ренђенијума и којерницијума*.

језгра, какву имамо у реакторима. Драганић је, опет, посебну пажњу обратио на утицај радијација из тог реактора, као и из радиоактивних фисионих производа који су у њему настајали и касније мигрирали, на подземне воде и њихов оксидациони капацитет у том подручју. Ово би могло помоћи у евентуалном проналажењу сличних природних реактора који су, можда, постојали у геолошкој прошлости Земље.

МЕЂУНАРОДНЕ АКТИВНОСТИ

У периоду од 1952. до 2001. године, као учесник на конференцијама, гост-научник, гостујући професор или експерт УН, боравио је 87 пута у иностранству.

Тематика научних скупова на којима је учествовао (44), и саопштења која је дао (62), били су из области дозиметрије, радијационе хемије и хемијске еволуције. Семинаре са темама из области својих истраживања држао је по позиву у:

- Национална лабораторија Оук Риџ (Oak Ridge National Laboratory), Оук Риџ, Тенеси, САД;
- Национална лабораторија Аргон (Argonne National Laboratory), Чикаго, САД;
- Универзитет Нотр Дам (University of Notre Dame), Чикаго, САД;
- Национални биро за стандарде (National Bureau of Standards), Вашингтон, САД;
- Универзитет Чикаго (University of Chicago), Чикаго, САД;
- Калифорнијски институт за технологију (California Institute of Technology), Пасадена, САД;
- Академија наука СССР (Москва);
- Нуклеарни истраживачки центар (Nuclear Research Center), Техеран, Иран;
- Нуклеарни центар Тромбај (Nuclear Center Trombay), Бомбај, Индија;
- Универзитет Чулалонком (Chulalongkorn University), Банкок, Тајланд;
- Универзитет у Стразбуру (Université de Strasbourg), Стразбур, Француска;
- Институт за радијум (Institut du radium) Париз, Француска;
- Центар за нуклеарну енергију Саклеј (Centre d'énergie nucléaire Saclay), Париз, Француска;
- Национална лабораторија Рисо (Risø National Laboratory), Данска.

Као гост-професор држао је специјалистичке курсеве на универзитетима у Мексику, Вашингтону и Банкоку.

Мада је о томе већ било речи, посебне пажње су вредни сарадња са француским нуклеарним центрима Шатијон и Саклеј, која је омогућила улазак у свет нуклеарне енергије, као и са данским центром Рисо и Националном лабораторијом Брукхејвен у САД, који су поседовали врхунске технике свога времена. Ништа мање нису били корисни тимски рад и солидна материјална база на Националном универзитету Мексика.

О И. ДРАГАНИЋЕВИМ ПОЗНИМ ДАНИМА

Супруга Зорица је рано умрла, што му је тешко пало и запао је у вишегодишњу тугу, јер су њих двоје били веома везани једно за друго и емотивно и професионално. По речима њиховог унука Душана, *било је то баш у граду Мексику, да је Зорици изненада љозлило на некој свадби која је трајала до дубоко у ноћ, ња су се држе-доље враћили у Београд, где је она и умрла. И ћерка Софија је умрла пре њега. Надживео га је син Милан и четворо унучади. До смрти 2012. године живео је сам у свом стану у улици Светога Саве у Београду.*

Ипак, остао је веома активан у науци, али и иначе. Непрекидно је писао, учествовао у радио и телевизијским емисијама, трибинама, а одлазио је и на научне скупове на које је позиван. Кад сам последњи пут био код њега причао ми је да свој дневник, који води од пре Другог светског рата, а то су били краћи записи о протеклом дану писани стенографским знацима, преводи на *'нормалан језик како би моја унучад мола да ја читају кад мене огнесу на Централно тробље'*.

Ево како се његов унук Душан Вујошевић сећа свог деде Вање и његове неугасиве потребе за шетњама: *Мој деда Иван Драганић целога је свој животиња редовно одлазио у шетње. Оне су му, чини ми се, и омогућиле дуи и леи животи.*

Омиљена руџа била му је од Славије до Калемејдана. На Калемејдану би најравио велики круи њо тврђави и, ако би ја ми унуци ираишли у шетњи, неретко би нам љоворио о њеној бурној љрошлости. Волео је да закључи како, у неким крајевима светиња, људи живе на љрусном љилу склоном земљољресима, а ми љак живимо на љрусном љилу исљорије. Смаљирао је да није у светињу не љосљоји усред љрада љолика и љаква тврђава, као шљо је наш Калемејдан, и био је врло љоносан.

Од свој љира до Калемејдана није одуслиао ни у данима највеће љује љосле смрти суљрује. Доживљавао ја је као куљање у љомили, љрилику да се, љосмаљирајући људе и смешећи се дечици, не осећа сам. У своје шетње је



Сл. 12. Иван Драганић на Калемегдану уочи Нове 2004. године

укључивао, нарочито када бисмо му се ми унуци моли придружити, по-сеће ликовним слицима у галеријама САНУ и УЛУС-а, у Цвијети Зузорић и иде јој да су се одвијале. Водио ме је на промоције књија, на изложбене изјаве, на балете, у оперу, на филмске фестивале. Све ја је занимало и у свему је умео да ужива. У сјају је сјајно пуштао музику.

Из осамдесетих година прошлог века памтим, као предивну успомену из детињства, како би бака и он, нас четворо унука стрпали у ауто и водили у шетње. На Ушће, у Земун, код блока 70 на Новом Београду, у Топчидер, на Кошутњак, на Авалу, на Дунавски кеј на Дорћолу...

Вања је радо причао како је уживао шетајући се по булеварима, пијацама и музејима Париза, када је у њему боравио педесетих и шездесетих година двадесетог века. У Банскоку је, лутајући, једном на некаквом острвцу доспео на неко венчање, где су га сватови гостопримљиво позвали и посадили за сто. У граду Мексику су он и Зорица имали дневни ритуал шетње по парку Тлалпан који је личио на прашуму, а мене, који сам имао пет година кад смо их посетили, нарочито су импресионирале многобројне лијане у том парку.

Последњих година живота, Вања је све чешиће тражио да се шетамо по Земуну. Тако је свака друга наша шетња постала шетња по Земуну. Њему се, ипак, чинило да Одавно нисмо били у Земуну. Био је, наиме, веома везан за крај у коме је одрастао између Првог и Другог светског рата, где му је тата Гена, рођен у Лици, радио у речном бродарству, док је мама

Софија, Сремица, била домаћица. Доста су се селили, па би ми Вања током шетњи показивао куће у којима су живели. Међу њима се нарочито истицала једна која и данас стоји на кеју, а која је, у доба његовог детињства, била врло луксузна и чак имала водени клозет. Но баш у тој кући, близу које је по Дунаву возио свој кајак када је запао у вир елисе неког великог брода из Беча и толико се уплашио да је продао кајак и купио гитару.

Током шетњи, деда ми је поносито причао и о дешавањима у којима је неустрашиво исказивао своје мишљење и терао по своме. То по своме значило је да га занима само, и пре свега, наука, те да не мари много за друштвене конвенције. Услед таквог става, заобишле су га многе друштвене обавезе и признања, али је оставио за собом значајну научну и стручну продукцију. Захваљујући ходању, а и здравој исхрани коју је пожртвовано, до своје смрти, две године пре његове, припремала кћерка му Софија, Вања је, и поред вишедеценијског дијабетеса, доживео лепу старост, дуг живот и квалитетне последње дане. Додуше, пред крај живота су му се шетње скраћивале, па се и свеле на кругове по Светосавском платоу.

Иван Драганић је био и универзитетски професор, мада није био ангажован ни на једном универзитету као стални члан, већ као професор по позиву. Можда баш због тога су његови доприноси настави били драгоцени, јер је он био научник 'који је имао шта да каже', захваљујући свом непоновљивом искуству у области радиоактивности и радијационе хемије, стицаном на разне начине и у институцијама широм света. Поврх свега тога био је човек који је добро и занимљиво говорио, чак и када је причао о сасвим ненаучним стварима. У Српској академији наука и уметности је остала веома запажена његова надахнута беседа о свом уваженом професору Павлу Савићу 2010. године, некадашњем председнику САНУ, када је кроз реч савременика говорио приликом обележавања сто година од Савићевог рођења.

Мала статистика Драганићевих резултата, ово 'мала' је употребљено овде да се не би застранило у статистику, јер се њоме често вулгаризују нечија достигнућа, показује следеће:

- по сопственој евиденцији о својим публикацијама, у периоду 1951–2003. имао је 166 референци: књиге 21, главе у књигама и ревијски чланци 49, стручни и научни радови 96;
- према подацима Citation Index-а, закључно са априлом 2002. године, радови су били цитирани 1205 пута. Данас је то, вероватно, вишеструко више;
- главнина радова, посебно научних, објављена је на светским језицима (углавном француски и енглески), али је он доста публиковао и на српском, с уверењем да је то допринос култури

- сопственог народа, мада те публикације нису довољно „видљиве“ за ширу научну јавност;
- године 1973. Иван и Зорица Драганић добили су Седмојулску награду Србије. У образложењу се спомињу фундаментална изучавања радијационе хемије воде;
 - добитник је два Ордена рада са златним венцем;
 - добитник је годишње награде Института за нуклеарне науке „Борис Кидрич“ – Винча 1966. године (заједно са З. Драганић и М. Косанићем);
 - био је почасни председник Друштва физикохемичара Србије.

Све у свему, мислим да би се уместо закључка могло рећи да је професор Драганић од најраније младости па до краја живота имао свој пут, јасно је знао шта хоће и како до тога да дође. Његови кључни ‘инструменти’ на том путу били су упорност, непрекидан рад, вера у себе, јасно разлучивање битног од небитног (посебно у науци), поштовање других чак и кад они нису превише поштовали његова достигнућа, приврженост друштву из којег је потекао и оданост породици. Као талентован истраживач, проницљив дух и веома добар организатор, он је скоро у свему што је радио био пионир. На самом почетку своје каријере је схватио да је наука глобална тајна и да је повезивање људи и институција у њој незаобилазан тренд. Тако, као веома млад је почео да сарађује са светским центрима у областима свог интересовања. Лако је препознавао нове и квалитетне идеје и развијао их. Веома је заслужан што је једна нова врста науке ‘стекла право грађанства’ у земљи која је била неразвијена, како кроз сопствени научни рад тако и кроз организовање образовања, писање књига, уџбеника и приручника, стварање нових лабораторија и кадрова итд. Могао је направити једнако велику или чак већу каријеру у важним иностраним научним центрима, али он то није хтео, заиста. Хтео је да буде ‘ВИНЧАНАЦ’.

БИБЛИОГРАФИЈА РАДОВА ИВАНА Г. ДРАГАНИЋА

Научни и стручни радови

1951

1. П. Савић, И. Драганић, *Флуориметријско одређивање урана*, Глас САН ЦЦ 4, 47 (1951).

1952

2. P. Savic, I. Draganic, *A New Method for the Determination of the Fluorescence Intensity of Uranium Traces*, Bull. Acad. Serbe des Sciences, IV Sc. Naturelles No. 2 (1952).
3. I. Draganic, *Fluorimetrische Uranbestimmung in Erzen*, Rec. Trav. Inst. Rech. Struct. Matiere 1, 89 (1952).

1953

4. I. Draganic, *A Study of the Extraction of Europium Nitrate Traces Using Radioactive Eu-125 as Indicator*, Rec. Trav. Inst. Rech. Struct. Matiere 2, 73 (1953).

1954

5. I. G. Draganic, Z. D. Draganic, Z. I. Dizdar, *Sur l'emploi des échangeurs d'ions pour la détermination des traces d'impuretés dans l'uranium*, Bull. Nucl. Sci. Inst. Boris Kidric 4, 37 (1954).

1955

6. J. Sutton, I. Draganic, H. Herring, *Techniques de dosimétrie des neutrons thermiques et du rayonnement gamma dans les piles*, Actes de la Conférence Internationale sur l'utilisation de l'énergie atomiques à des fins pacifiques (tenue à Genève, Nations unies) 14, 170 (1955).
7. I. Draganic, *Décomposition d'acide oxalique en solution aqueuse aérée sous l'influence de doses très élevées*, J. Chim. Phys. 52, 511 (1955).
8. I. Draganic, *Action des rayonnements ionisants sur les solutions aqueuses d'acide oxalique*, J. Chim. Phys. 52, 595 (1955).
9. I. Draganic, J. Sutton, *Effets chimiques de l'irradiation par des particules lourdes: emploi du system sulfate ferreux-sulfate de lithium comme dosimètre simultané des neutrons thermiques et de radiations ionisantes*, J. Chim. Phys. 52, 327 (1955).

1957

10. Z. Draganic, I. Draganic, *Spectrophotometric Determination of Microgram Quantities of Oxalic Acid Using a Cu-Benzidine Complex*, Bull. Nucl. Sci. Inst. Boris Kidric 7, 53 (1957).

11. I. Draganic, B. Radosavljevic, N. Milasin, *Laboratory cobalt-60 source of 60 curies*, Bull. Nucl. Sci. Inst. Boris Kidric 7, 151 (1957).

1958

12. И. Драганич, М. Симич, Н. Милашин, Б. Радак, *Действие протонов низких энергий: I. Окисление ионов двухвалентного железа в дозиметре Фрике*, Труды I. Всесоюзного совещания по радиационной химии, Академия наук СССР, 64–69 (1958), Москва.
13. И. Драганич, М. Симич, *Действие протонов низких энергий (менее 0,7 MeV) на водные растворы: II. Разложение щавелевой кислоты*. Труды I. Всесоюзного совещания по радиационной химии, Академия наук СССР, 70–72 (1958), Москва.

1959

14. I. Draganic, *Action des rayonnements ionisants sur les solutions aqueuses de l'acide oxalique: Acide oxalique aqueux utilisé comme dosimètre chimique pour les doses entre 1,6 et 160 Mrad*, J. Chim. Phys. 56, 9 (1959).
15. I. Draganic, *Action des rayonnements ionisants sur les solutions aqueuses d'acide oxalique: Radiolyse en présence d'oxygène*, J. Chim. Phys. 56, 16 (1959).
16. I. Draganic, *Action des rayonnements ionisants sur les solutions aqueuses d'acide oxalique: Influence du pH sur le rendement de la radiolyse en l'absence d'oxygène*, J. Chim. Phys. 56, 18 (1959).

1961

17. B. Radak, V. Markovic, I. Draganic, *Radiation dosimetry of the reactor RA at Vinca – Measurements by isothermal calorimeter*, Bull. Nucl. Sci. Inst. Boris Kidric 12, 7 (1961).
18. I. Draganic, N. Holm, J. Maul, *Laboratory Manual for Some High-Level Chemical Dosimeters: Ferrous Sulphate, Oxalic Acid, Ceric Sulphate, Polyvinyl-Chloride foils*, Report No. 22, July 1961, Danish AEK Nuclear Center Riso.
19. J. Maul, N. Holm, I. Draganic, *The Use of Polyvinyl-Chloride Film for cobalt-60 radiation dosimetry*, Report No. 31, November 1961, Danish AEK Nuclear Center Riso.
20. М. Косанић, И. Драганић, *Коришћење испрошених јоривних елемената нуклеарних реактора као извора зрачења*, Техника 11, 1908 (1961).

1962

21. O. Gal, S. Pribicevic, S. Konstantinovic, I. Draganic, *Radiation Dosimetry of the Reactor RA at Vinca – Measurements by Chemical Dosimeters*, Bull. Nucl. Sci. Inst. Boris Kidric 13, 53 (1962).
22. B. Radak, I. Draganic, *The 2 kCi cobalt-60 radiation unit of the Boris Kidric Institute at Vinca*, Bull. Nucl. Sci. Inst. Boris Kidric 13, 272 (1962).

23. Љ. Антић, М. Симић, И. Драганић, *Полифенили у реакторској техници-I*, Техника 17, 644 (1962).
24. Љ. Антић, М. Симић, И. Драганић, *Полифенили у реакторској техници-II*, Техника 17, 846 (1962).

1963

25. I. Draganic, *Oxalic Acid: The Only Aqueous Dosimeter for In-Pile Use*, Nucleonics 21, 33 (1963).
26. Lj. Josimovic, I. Draganic, *A Note on the Action of Gamma Rays on an Aqueous Solution of Oxalic Acid*, Sci. Pap. Inst. Phys. Chem. Res. Japan 57, 29 (1963).
27. И. Драганић, *Радијациона хемија у Институту за нуклеарне науке „Борис Кидрич“ у Винчи*, Техника 18, 805 (1963).

1964

28. Lj. Petkovic, M. Kosanic, I. Draganic, *Determination of CO₂, H₂ and O₂ in Aqueous Solutions by Gas Chromatography*, Bull. Nucl. Sci. Inst. Boris Kidric 15, 9 (1964).
29. Z. Draganic, I. Draganic, M. Kosanic, *Radiation Chemistry of Oxalate Solutions in the Presence of Oxygen over a Wide Range of Acidities*, J. Phys. Chem. 68, 2085 (1964).

1965

30. N. Raisic, I. Draganic, *A status report on in-pile dosimetry techniques in Yugoslavia*, in IN-PILE DOSIMETRY, Technical report series No. 46, International Atomic Energy Agency, Vienna, 1965.
31. I. G. Draganic, B. B. Radak, V. M. Markovic, *Absorbed dose measurements of mixed pile radiation in aqueous radiation chemistry*, in IN-PILE DOSIMETRY, Technical report series No. 46, International Atomic Energy Agency, Vienna, 1965.
32. I. Draganic, B. Radak, V. Markovic, *Measurement of Absorbed Dose of Mixed-Pile Radiation in Aqueous Radiation Chemistry*, Int. J. Appl. Radiat. Isot. 16, 145 (1965).
33. D. Ovcin, O. Micic, I. Draganic, *Some Electrochemical Measurements in Aqueous Solutions of Oxalic Acid with Dropping Mercury and Platinum Electrodes during Gamma Irradiation*, Radiat. Res. 24, 324 (1965).

1966

34. O. Micic, I. Draganic, *A Study of Some Free-Radical Reactions in Aqueous Gamma Radiolysis by Direct Measurements of Cu⁺ Intermediates during Irradiation*, J. Phys. Chem. 70, 2212 (1966).
35. Z. Draganic, I. Draganic, M. Kosanic, *Radiolysis of Oxalate Alkaline Solutions in the Presence of Oxygen*, J. Phys. Chem. 70, 1418 (1966).

36. З. Драганић, И. Драганић, *Разлагање воде под дејством зрачења*, Нуклеарна енергија 3, 11 (1966).

1967

37. I. Draganic, *Recent Work on the Use of Oxalic Acid, in Aqueous Solutions or in Solid State, for Chemical Dosimetry in the Multi-Megarad Region*, In PROCEEDINGS OF THE SECOND TIHANY SYMPOSIUM ON RADIATION CHEMISTRY, Academiai Kiado, Budapest, 1967.
38. I. Draganic, *Some Competition Studies in Gamma Irradiated Aqueous Solutions at Various pH*, In PROCEEDINGS OF THE SECOND TIHANY SYMPOSIUM ON RADIATION CHEMISTRY, Academiai Kiado, Budapest, 1967.
39. I. Draganic, K. Sehested, N. Holm, *Influence of Dose Rate at High Absorbed Dose on the Oxalic-Acid Dosimeter*, Danish AEK Riso, Report No. 112 (1967).
40. N. W. Holm, E. Bjergbakke, K. Sehested, I. Draganic, *An Investigation of the Oxalic Acid System for Co-60 Dosimetry*, Danish AEK Riso, Report No. 111 (1967).

1968

41. O. Gal, Lj. Petkovic, Lj. Josimovic, I. Draganic, *The Radiolysis of Solid Oxalic Acid and Ammonium Oxalate Induced by Mixed Pile and Co-60 Gamma Radiation*, Int. J. Appl. Radiat. Isot. 19, 645 (1968).
42. V. Markovic, I. Draganic, *New Possibilities for Routine Use of Oxalic Acid Solutions in Multimegarad Dosimetry – Part I. Cobalt-60 Gamma Rays*, Radiat. Res. 35, 587 (1968).
43. V. Markovic, I. Draganic, *New Possibilities for Routine Use of Oxalic Acid Solutions in Multimegarad Dosimetry – Part II, Mixed Pile Radiation*, Radiat. Res. 35, 588 (1968).
44. N. W. Holm, I. Draganic, *Some New Aspects on the Use of the Oxalic Acid Dosimeter*, Atompraxis 14, 1 (1968).

1969

45. I. G. Draganic, M. T. Nenadovic, Z. D. Draganic, *Radiolysis of HCOOH + O₂ at pH 1.3 – 13 and the Yields of Primary Products in Radiolysis of Water*, J. Phys. Chem. 73, 2564 (1969).
46. Z. D. Draganic, I. G. Draganic, *On the Origin of Primary Hydrogen Peroxide in the γ Radiolysis of Water*, J. Phys. Chem. 73, 2571 (1969).
47. O. Micic, I. Draganic, *Some Reactions of Hydrated Electron in Acid Medium (pH 0.6 – 4.0)*, Int. J. Radiat. Phys. Chem. 1, 287 (1969).

1971

48. I. G. Draganic, Z. D. Draganic, R. A. Holroyd, *Pulse Radiolysis of Aqueous Cyanogen Solution*, J. Phys. Chem. 75, 608 (1971).

49. O. S. Gal, I. G. Draganic, *Solid Oxalic Acid as a Chemical Dosimeter for Mixed Pile Radiation in Multimegarad Range (100–1000 Mrad)*, Int. J. Appl. Radiat. Isot. 22, 753 (1971).
50. Z. D. Draganic, I. G. Draganic, *Studies on the Formation of Primary Yields of Hydrogen Peroxide and Molecular Hydrogen (GH_2O_2 and GH_2) in the Gamma-Radiolysis of Neutral Aqueous Solutions*, J. Phys. Chem. 75, 3950 (1971).
51. I. G. Draganic, O. S. Gal, *Radiation Chemistry of Oxalic Acid and Oxalates*, Radiat. Res. Rev. 3, 167 (1971).

1972

52. Z. D. Draganic, I. G. Draganic, *Studies on the formation of Primary Hydrogen Atom Yield (GH) in the Gamma-Radiolysis of Water*, J. Phys. Chem. 76, 2733 (1972).
53. M. T. Nenadovic, Z. D. Draganic, I. G. Draganic, *Radiolysis of $\text{HCOOH} + \text{O}_2$ at $\text{pD } 1.3\text{--}13$ and the Yields of Primary Products in D_2O* , In PROCEEDINGS OF THE THIRD TIHANY SYMPOSIUM ON RADIATION CHEMISTRY, Academiai Kiado, Budapest, 1972.
54. M. M. Kosanic, I. G. Draganic, *The Correlation between the Yields of Primary H_2O_2 in Water Gamma-Radiolysis and the Halide Ion Reactivities ($\text{pH } 0.5\text{--}6.0$)*, In PROCEEDINGS OF THE THIRD TIHANY SYMPOSIUM ON RADIATION CHEMISTRY, Academiai Kiado, Budapest, 1972.

1973

55. Z. D. Draganic, I. G. Draganic, *Studies on the Formation of Primary Yields of Hydroxyl Radical and Hydrated Electron in the Gamma Radiolysis of Water*, J. Phys. Chem. 77, 765 (1973).
56. Z. D. Draganic, I. G. Draganic, *Prehydration Scavenging of e_{aq}^- and the Yields of Primary Reducing Products in Water Gamma-Radiolysis*, J. Phys. Chem. 77, 2691 (1973).
57. I. Draganic, Z. Draganic, Lj. Petkovic, A. Nikolic, *The Radiation Chemistry of Aqueous Solutions of Simple RCN Compounds*, J. Am. Chem. Soc. 95, 7193 (1973).
58. Lj. Josimovic, I. Draganic, *The Radiolysis of Acetic Acid in Aqueous Solutions and Acetic Acid-Water Mixtures*, Int. J. Radiat. Phys. Chem. 5, 505 (1973).

1975

59. Z. D. Draganic, I. G. Draganic, *Formation of Primary Reducing Yields (Ge_{aq} and GH_2) in the Radiolysis of Aqueous Solutions of Some Positive Ions*, Int. J. Radiat. Phys. Chem. 7, 381 (1975).
60. И. Г. Драганић, З. Д. Драганић, *Неки аспекти хемијске еволуције и хемије цијано једињења*, Гласник Хемијског друштва Београд 40, 577 (1975).

1976

61. Z. Draganic, I. Draganic, M. Borovicinan, *The Radiation Chemistry of Aqueous Solutions of Hydrogen Cyanide in the Megarad Dose Range*, Radiat. Res. 66, 42 (1976).
62. I. Draganic, Z. Draganic, M. Shushtarian, *The Radiation Chemistry of Aqueous Solutions of Acetonitrile and Propionitrile in the Megarad Dose Range*, Radiat. Res. 66, 54 (1976).
63. I. Draganic, Z. Draganic, V. Markovic, *The Pulse Radiolysis of Aqueous Solutions of Simple RCN Compounds*, Int. J. Radiat. Phys. Chem. 8, 339 (1976).

1977

64. Z. D. Draganic, I. G. Draganic, V. Niketic, *The Radiation Chemistry of Aqueous Solutions of Ammonium and Sodium Cyanides in the Megarad Dose Range*, Radiat. Res. 69, 223 (1977).
65. I. G. Draganic, Z. D. Draganic, S. Jovanovic, S. V. Ribnikar, *Infrared Spectral Characterization of Peptidic Material Produced by Ionizing Radiation in Aqueous Cyanides*, J. Mol. Evol. 6, 102 (1977).
66. Z. Draganic, I. Draganic, A. Shimoyama, C. Ponnampereuma, *Evidence for Amino Acids in Hydrolysates of Compounds Formed by Ionizing Radiations – I. Aqueous Solutions of HCN, NH₄CN and NaCN*, Origins of Life 8, 371 (1977).
67. I. Draganic, Z. Draganic, A. Shimoyama, C. Ponnampereuma, *Evidence for Amino Acids in Hydrolysates of Compounds Formed by Ionizing Radiations – II. Aqueous Solutions of CH₃CN and C₂H₅CN*, Origins of Life 8, 377 (1977).

1978

68. I. Draganic, Z. Draganic, K. Sehested, *A Pulse Radiolysis Study of Aqueous Cyanamide Solutions*, J. Phys. Chem. 82, 757 (1978).
69. Z. Draganic, I. Draganic, S. Jovanovic, *The Radiation Chemistry of Aqueous Solutions of Cyanamide*, Radiat. Res. 75, 508 (1978).

1979

70. Z. Draganic, I. Draganic, K. Sehested, *The Radiation Chemistry of Aqueous Solutions of Dicyandiamide*, J. Phys. Chem. 83, 220 (1979).
71. I. Draganic, Z. Draganic, *Radioactivity and Radiation Chemistry of the Early Earth in CONFERENCIAS PLENARIAS DE II SIMPOSIO SOBRE QUIMICA NUCLEAR, RADIOQUIMICA Y QUIMICA DE RADIACIONES*, C. Archundia (edit.), Universidad Autonoma de Mexico, Ciudad Mexico, 1979.

1980

72. I. G. Draganic, Z. D. Draganic, *Radiation-Chemical Aspects of Chemical Evolution and Radiation Chemistry of Simple Cyano Compounds*, Radiat. Phys. Chem. 15, 195 (1980).

73. Z. D. Draganic, V. Niketic, S. Jovanovic, I. G. Draganic, *The Radiolysis of Aqueous Ammonium Cyanide: Compounds of Interest to Chemical Evolution Studies*, J. Mol. Evol. 15, 239 (1980).
74. I. G. Draganic, S. Jovanovic, V. Niketic, Z. D. Draganic, *The Radiolysis of Aqueous Acetonitrile: Compounds of Interest to Chemical Evolution studies*, J. Mol. Evol. 15, 261 (1980).

1981

75. I. G. Draganic, Z. D. Draganic, *A Survey of Compounds Formed by Radiolysis of Aqueous Solutions of Simple Cyanides and Nitriles in PLENARY LECTURES, III SYMPOSIUM ON NUCLEAR CHEMISTRY, RADIOCHEMISTRY AND RADIATION CHEMISTRY*, A. Negron, G. Albarran (editors), Universidad National Autonoma de Mexico, Ciudad Mexico, 1981.

1982

76. V. Niketic, Z. Draganic, S. Neskovic, I. Draganic, *Enzymatic Characterization of Peptidic materials isolated from Aqueous Solutions of Ammonium Cyanide (pH 9) and Hydrocyanic Acid (pH 6) Exposed to Ionizing Radiation*, J. Mol. Evol. 18, 130 (1982).
77. S. Jovanovic, S. Neskovic, V. Spiric, Z. Draganic, I. Draganic, *The Radiolysis of Aqueous Propionitrile: Compounds of Interest to Chemical Evolution Studies*, J. Mol. Evol. 18, 337 (1982).

1983

78. I. G. Draganic, Z. D. Draganic, D. Altiparmakov, *Natural Nuclear Reactors and Ionizing Radiation in Precambrian*, Precambrian Res. 20, 283 (1983).
79. V. Niketic, Z. D. Draganic, S. Neskovic, S. Jovanovic, I. G. Draganic, *The Radiolysis of Aqueous Solutions of Hydrogen Cyanide (pH~6): Compounds of Interest in Chemical Evolution Studies*, J. Mol. Evol. 19, 184 (1983).
80. A. Negron-Mendoza, Z. D. Draganic, R. Navarro-Gonzales, I. G. Draganic, *Aldehydes, Ketones and Carboxylic Acids Formed Radiolytically in Aqueous Solutions of Cyanides and Simple Nitriles*, Radiat. Res. 95, 248 (1983).

1984

81. I. G. Draganic, Z. D. Draganic, S. I. Vujosevic, *Some Radiation Chemical Aspects of Chemistry in Cometary Nuclei*, ICARUS 60, 464 (1984).
82. I. G. Draganic, Z. D. Draganic, *Radiation-Chemical Experiments Relevant to Studies of Cometary Nuclei: Remarks on Working Conditions*, Adv. Space Res. 4, 115 (1984).

1985

83. I. G. Draganic, V. Beltran-Lopez, Z. D. Draganic, S. I. Vujosevic, *Stable Free Radicals Produced Radiolytically in Aqueous Solutions of Acetonitrile and Propionitrile*, Radiat. Phys. Chem. 26, 247 (1985).

84. S. Castillo-Rojas, A. Negron-Mendoza, Z. D. Draganic, I. G. Draganic, *The Radiolysis of Aqueous Solutions of Malic Acid*, Radiat. Phys. Chem. 26, 437 (1985).
85. Z. D. Draganic, I. G. Draganic, J. A. Azamar, S. I. Vujosevic, M. D. Berber, A. Negron-Mendoza, *Radiation Chemistry of Overirradiated Aqueous Solutions of Hydrogen Cyanide and Ammonium Cyanide*, J. Mol. Evol. 21, 356 (1985).
86. Z. D. Draganic, S. I. Vujosevic, A. Negron-Mendoza, J. A. Azamar, I. G. Draganic, *Radiation Chemistry of a Multicomponent Aqueous System Relevant to Chemistry in Cometary Nuclei*, J. Mol. Evol. 22, 175 (1985).

1986

87. Z. D. Draganic, I. G. Draganic, A. Negron-Mendoza, K. Sehested, R. Navarro-Gonzales, M. G. Albaran-Sanchez, *Radiolysis of Aqueous Solutions of Ammonium Bicarbonate over a Large Dose Range*, Riso Report M-2621, Riso National Laboratory, Denmark, 1986.
88. M. P. Ryan Jr., I. G. Draganic, *An Estimate of the Contribution of High Energy Cosmic-Ray Protons to the Absorbed Dose Inventory of a Cometary Nucleus*, Astrophys. Space Sci. 125, 49 (1986).

1987

89. I. G. Draganic, M. P. Ryan Jr., Z. D. Draganic, *Radiation Dosimetry and Chemistry of a Cometary Nucleus*, Adv. Space Res. 7, 13 (1987).
90. I. G. Draganic, Z. D. Draganic, *Radiation Chemistry under Unconventional Conditions: Dosimetry and Aqueous Radiolyses Relevant to Comet Nuclei and Early Earth Structure*, Radiat. Phys. Chem. 29, 227 (1987).
91. Z. D. Draganic, K. Sehested, I. G. Draganic, E. Bjergbakke, *Pulse radiolysis of aqueous solutions of halides in the presence of hydrocyanic acid or potassium cyanide*, J. Serb. Chem. Soc. 52, 429 (1987).

1988

92. I. G. Draganic, Z. D. Draganic, *Radiation-chemical approaches to comets and interstellar dust*, J. Chim. Phys. 85, 55 (1988).

1989

93. E. Bjergbakke, Z. D. Draganic, K. Sehested, I. G. Draganic, *Radiolytic Products in Waters – Part I. Computer Simulation of Some Radiolytic Processes in the Laboratory*, Radiochim. Acta 48, 65–71 (1989).
94. E. Bjergbakke, Z. D. Draganic, K. Sehested, I. G. Draganic, *Radiolytic Products in Waters – Part II. Computer Simulation of Some Radiolytic Processes in Nature*, Radiochim. Acta 48, 73–77 (1989).

1991

95. I. G. Draganic, E. Bjergbakke, Z. D. Draganic, K. Sehested, *Decomposition of ocean waters by potassium-40 radiation 3800 Ma ago as a source of oxygen and oxidizing species*, Precambrian Res. 52, 337–345 (1991).
96. Z. D. Draganic, A. Negron-Mendoza, K. Sehested, S. I. Vujosevic, R. Navarro-Gonzales, M. G. Albarran-Sanchez, I. G. Draganic, *Radiolysis of Aqueous Solutions of Ammonium Bicarbonate over a Large Dose range*, Radiat. Phys. Chem, 38, 317–321 (1991).

1992

97. A. Negron-Mendoza, E. Chacon, R. Navarro-Gonzales, Z. D. Draganic and I. G. Draganic, *Radiation-induced syntheses in cometary simulated models*, Adv. Space. Res. 12, (4)63-(4)66 (1992).

1993

98. I. Draganic and S. I. Vujosevic, *Ionizing Radiation and Chemical Processing of Waters on early Earth (Review art.)*, in: CHEMICAL EVOLUTION AND THE ORIGIN OF LIFE, C. Ponnampertuma and J. Chela-Flores (Eds), A. Deepak, Publ. (USA), 1993.

1995

99. Иван Драганић, *Осврћ на сталеће ајтомске ере*, ФЛОГИСТОН, часопис за историју науке 1, 11–32 (1995).

1996

100. Иван Г. Драганић, *Радијациона хемија воде и процеси хемијске еволуције*, Хемијски преглед 37, 99–105 (1996).

1998

101. I. G. Draganić, S. I. Vujošević, *Compounds observed in some radiation chemical simulation experiments relevant to prebiotic chemistry*, in: PROCEEDINGS of the International Conference on “The Role of Radiation in the Origin and Evolution of Life”, Viva Origino 26, 85–101 (1998).
102. И. Г. Драганић, *У свећу радијационе хемије*, ФЛОГИСТОН, часопис за историју науке 4, 183–206 (1998).
103. И. Драганић, *Радијационохемијски процесима хемијске еволуције на Земљи и у Космосу*, Хемијски преглед 39, 53–62 (1998).

2000

104. I. G. Draganić, *The Role of Radiation in the Origin and Evolution of Life*, Book Review Radiation Research 154, 353 (2000).

2002

105. И. Г. Драганић, *Нуклеарна енергија и здравље човека*, Хемијски преглед, број 1, 2002.

2003

106. I. G. Draganić, *Radiation chemical processes of extraterrestrial life*, In: *FRONTIERS OF LIFE. Proceedings of the XIIth rencontres de Blois*, Eds., Celnikier L. M. and Tran Thanh Van J, The Gioi Publishers, Hanoi, Vietnam, 2003.

2005

107. Ivan G. Draganić, *Radiolysis of water: a look at its origin and occurrence in the nature*, *Radiat. Phys. Chem.* 72, 181–189 (2005).
108. Иван Г. Драганић, *Радијациона хемија и комејте*, Хемијски преглед, 46, 88–91 (2005).

2007

109. Иван Г. Драганић, *Пресоларна материја у рукама хемичара*, Хемијски преглед, број 5, 2007.

Књиге и поглавља у књигама

1957

110. И. Драганић, *УВОД У РАДИОХЕМИЈУ – ЕКСПЕРИМЕНТАЛНЕ ОСНОВЕ*, Научна књига, Београд, 1957.
111. И. Драганић, *РАДИОАКТИВНИ ЗРАЦИ*, Рад, Београд, 1957.

1958

112. I. Draganic, *ACTION DES RAYONNEMENTS IONISANTS SUR LES SOLUTIONS AQUEUSES D'ACIDE OXALIQUE – Thèse présentée a la Faculté des Sciences de l'Université de Paris pour obtenir le grade de Docteur ges sciences physiques*, Université de Paris, Paris, 1958.

1959

113. И. Драганић, О. Гал, М. Радотић (уредници), *РАДИОХЕМИЈСКИ ПРАКТИКУМ: РАД СА РАДИОАКТИВНИМ ИЗОТОПИМА*, Научна књига, Београд, 1959.
114. И. Драганић, Б. Радак, *Енергија ајсорбована у озраченим материјалима. Јединице и принципи мерења. Глава XX у РАДИОХЕМИЈСКИ ПРАКТИКУМ: РАД СА РАДИОАКТИВНИМ ИЗОТОПИМА*, И. Драганић, О. Гал, М. Радојић (уредници), Научна књига, Београд, 1959.

115. И. Драганић, Б. Радак, *Приказ више дозиметара. Глава XXI у РАДИОХЕМИЈСКИ ПРАКТИКУМ: РАД СА РАДИОАКТИВНИМ ИЗОТОПИМА*, И. Драганић, О. Гал, М. Радојић (уредници), Научна књига, Београд, 1959.
116. И. Драганић, Б. Радак, *Израчунавање доза. Глава XXII у РАДИОХЕМИЈСКИ ПРАКТИКУМ: РАД СА РАДИОАКТИВНИМ ИЗОТОПИМА*, И. Драганић, О. Гал, М. Радојић (уредници), Научна књига, Београд, 1959.
117. Б. Радак, И. Драганић, *Рад са неким дозиметрима за X и γ зрачење. Глава XXIII у РАДИОХЕМИЈСКИ ПРАКТИКУМ: РАД СА РАДИОАКТИВНИМ ИЗОТОПИМА*, И. Драганић, О. Гал, М. Радојић (уредници), Научна књига, Београд, 1959.
118. И. Драганић, *Природа радијационохемијских процеса. Глава XXVIII у РАДИОХЕМИЈСКИ ПРАКТИКУМ: РАД СА РАДИОАКТИВНИМ ИЗОТОПИМА*, И. Драганић, О. Гал, М. Радојић (уредници), Научна књига, Београд, 1959.
119. И. Драганић, *Неке радијационохемијске реакције значајне за индустрију. Глава XXIX у РАДИОХЕМИЈСКИ ПРАКТИКУМ: РАД СА РАДИОАКТИВНИМ ИЗОТОПИМА*, И. Драганић, О. Гал, М. Радојић (уредници), Научна књига, Београд, 1959.
120. I. Draganic, O. Gal, M. Radotic (editors), *RADIOCHEMICAL PROCEDURES: WORK WITH RADIOACTIVE ISOTOPES*, AEC-tr-4499, United States Atomic Energy Commission, Division of Technical Information, Washington, 1962. (Превод књиге РАДИОХЕМИЈСКИ ПРАКТИКУМ: РАД СА РАДИОАКТИВНИМ ИЗОТОПИМА, Научна књига, Београд, 1959).

1962

121. И. Драганић (гл. уред.), *РАДИОАКТИВНИ ИЗОТОПИ И ЗРАЧЕЊА, Књига I – Оштии појмови*, Научна књига, Београд, 1962.

1963

122. З. Драганић, И. Драганић, *Радијационо-хемијски процеси. Глава V у РАДИОАКТИВНИ ИЗОТОПИ И ЗРАЧЕЊА, књига I, Драганић (гл. уред.)*, Научна књига, Београд, 1963.
123. И. Драганић (гл. уред.), *РАДИОАКТИВНИ ИЗОТОПИ И ЗРАЧЕЊА, Књига II – Радне технике*, Научна књига, Београд, 1963.
124. Б. Радак, И. Драганић, *Дозиметрија зрачења. Глава XV у РАДИОАКТИВНИ ИЗОТОПИ И ЗРАЧЕЊА, Књига II, И. Драганић (гл. уред.)*, Научна књига, Београд, 1963.
125. И. Драганић (гл. уред.), *РАДИОАКТИВНИ ИЗОТОПИ И ЗРАЧЕЊА, Књига III – Примена*, Научна књига, Београд, 1963.

1968

126. И. Драганић (гл. уред.), РАДИОАКТИВНИ ИЗОТОПИ И ЗРАЧЕЊА, *друго издање, књига I. Ойшии појмови*, Научна књига, Београд, 1968.
127. З. Драганић, И. Драганић, *Радијационо-хемијски процеси. Глава V у РАДИОАКТИВНИ ИЗОТОПИ И ЗРАЧЕЊА, друго издање, књига I. Ойшии појмови. И. Драганић (гл. уред.)*, Научна књига, Београд, 1968.
128. И. Драганић (гл. уред.), РАДИОАКТИВНИ ИЗОТОПИ И ЗРАЧЕЊА, *друго издање, књига II. Радне технике*, Научна књига, Београд, 1968.
129. Б. Радак, И. Драганић, *Дозиметрија зрачења. Глава XV у РАДИОАКТИВНИ ИЗОТОПИ И ЗРАЧЕЊА, друго издање, књига II. Радне технике, И. Драганић (гл. уред.)*, Научна књига, Београд, 1968.

1971

130. I. G. Draganic, Z. D. Draganic, *THE RADIATION CHEMISTRY OF WATER*, Academic Press, New York, 1971.
131. I. Draganic, B. Radak, V. Markovic, *Chemical Dosimetry, Chapter 8 in DETERMINATION OF ABSORBED DOSES IN REACTOR*, IAEA Technical Report Series No. 127, International Atomic Energy Agency, Vienna, 1971.

1973

132. I. G. Draganic, B. L. Gupta, *Current tendencies in Chemical Dosimetry, In DOSIMETRY IN AGRICULTURE, INDUSTRY AND MEDECINE*, International Atomic Energy Agency, Vienna, 1973.

1974

133. I. G. Draganic, *Liquid Chemical Dosimeters, in STERILIZATION BY IONIZING RADIATION*, E. Gaughran, A. J. Goudie (Eds.), Multiscience Publication, Montreal, 1974.

1981

134. И. Г. Драганић (гл. уред.). РАДИОАКТИВНИ ИЗОТОПИ И ЗРАЧЕЊА, ИБК (Институт „Борис Кидрич“), Београд, 1981.
135. П. Бојовић, И. Драганић, *Извори зрачења Глава III, у РАДИОАКТИВНИ ИЗОТОПИ И ЗРАЧЕЊА, И. Драганић (гл. уред.)*, ИБК (Институт „Борис Кидрич“), Београд, 1981.
136. З. Драганић, И. Драганић, *Радијационохемијски процеси, Глава VI у РАДИОАКТИВНИ ИЗОТОПИ И ЗРАЧЕЊА, И. Драганић (гл. уред.)*, ИБК (Институт „Борис Кидрич“), Београд 1981.
137. О. Јовановић, И. Драганић, *Радиохемија и нуклеарна хемија – ойшии појмови, Глава VIII у РАДИОАКТИВНИ ИЗОТОПИ И ЗРАЧЕЊА, И. Драганић (гл. уред.)*, ИБК (Институт „Борис Кидрич“), Београд, 1981.

1985

138. И. Г. Драганић (гл. уред.), *РАДИОАКТИВНИ ИЗОТОПИ И ЗРАЧЕЊА, књига II. Радне технике. Треће издање*, ИБК (Институт „Борис Кидрич“), Београд, 1985.
139. И. Г. Драганић, З. Д. Драганић, *Радиоактивни изотопи и зрачења, у ХЕМИЈСКО-ТЕХНОЛОШКИ ПРИРУЧНИК, књига III. Физичко-хемијске методе*, Н. Радошевић (уред.), ИРО Рад, Београд, 1985.

1989

140. I. G. Draganic, *Nuclear Reactor as a Source of Radiation: Chemistry and Chemical Dosimetry in the Fifties at Chatillon, Saclay and Vinca, Chapter 7 in EARLY DEVELOPMENTS IN RADIATION CHEMISTRY*, J. Kroh. (ed.), 91–98. Royal Society of Chemistry, Cambridge, 1989.

1990

141. Ivan G. Draganic, Zorica D. Draganic, Jean-Pierre Adloff, *RADIATION AND RADIOACTIVITY on Earth and Beyond*, CRC PRESS, Boca Raton FL (USA), 1990.

1991

142. Иван Г. Драганић, Зорица Д. Драганић, Жан Пјер Адлоф, *РАДИЈАЦИЈЕ И РАДИОАКТИВНОСТ на Земљи и у Вациони*, Дечје новине, Горњи Милановац, 1991.

1993

143. I. G. Draganic, Z. D. Draganic and J. P. Adloff, *RADIATION AND RADIOACTIVITY on Earth and Beyond, Second Edition*, CRC Press Inc., USA, 1993.

1996

144. I. G. Draganić, *Radioactivity and Radiation Chemistry of Water, Chapter in: ONE HUNDRED YEARS AFTER THE DISCOVERY OF RADIOACTIVITY*, P. Adloff, K. Lieser, G. Stöcklin (Eds.), R. Oldenbourg Verlag, Munchen, 1996.
145. Prevod na japanski, prof. Tatsuo Matsuura i saradnici, str. 282, Japanese Scientific Society Press (JSSP), Tokyo 1996: Ivan G. Draganić, Zorica D. Draganić and Jean Pierre Adloff, *RADIATION AND RADIOACTIVITY on Earth and beyond*, 2nd edition.
146. Иван Г. Драганић, *КРОЗ СВЕТ РАДИЈАЦИЈА И РАДИОАКТИВНОСТИ*, Музеј науке и технике САНУ и Завод за издавање уџбеника Србије, Београд, 1996.

1998

147. Н. Панћић, И. Драганић, Д. Вујошевић, *ПОРЕКЛО И ИСТОРИЈА ЖИВОТА НА ЗЕМЉИ*, *Савремена диологија*, Мала библиотека св. 11, Београд, 1998.

148. И. Драганић, у: *М. Јевџић, РАЗГОВОРИ СА ВИНЧАНЦИМА*, Институт за нуклеарне науке Винча, Београд, 1998.
149. И. Драганић, *Радијациона хемија воде*, у: С. Јокић (уредник) – РАДИОАКТИВНОСТ, Београд, 1998.
150. И. Драганић, *БЕЛЕШКЕ из суйџраињице – о свејџу око нас*, Клуб НТ, Београд, 1998.

2000

151. I. G. Draganić, *Radiation chemical approaches to chemical evolution processes, Chapter 5 in: THE ROLE OF RADIATION IN THE ORIGIN AND EVOLUTION OF LIFE*, Ed. by Akaboshi et al, Kyoto University Press, Kyoto, Japan, 2000.

2008

152. Иван Г. Драганић, *БЕЛЕШКЕ О КОСМИЧКОМ ДВОРИШТУ*, Београдска књига, Београд, 2008.

ЗАХВАЛНИЦА

Аутор се најтоплије захваљује др Душану Вујошевићу, унуку проф. Ивана Драганића, на времену издвојеном за разговоре, а посебно на прикупљању и припреми свих битних материјала коришћених у овом чланку, списка радова, копија чланака и књига, фотографија итд. Такође, он дугује велику захвалност руководству Института „Винча“, посебно др Бојану Радаку, што му је омогућен увид у радни досије проф. И. Драганића и што су му уступљене неке занимљиве фотографије.

НАЈВАЖНИЈИ ИЗВОРИ КОРИШЋЕНИ ЗА ПИСАЊЕ ОВОГ ТЕКСТА (поред научних и стручних радова и књига)

1. Неколико (неформалних) биографских текстова И. Драганића до којих је аутор дошао преко његовог унука Душана Вујошевића.
2. Казивања унука Душана о свом деди.
3. Олга Млађеновић, *Школа – њрвих десет ђодина рада*, Институт за нуклеарне науке „Винча“, Београд, 1996.
4. Монографија „*Пола века Инстџијџуџа Винча (1948–1998)*“, Институт за нуклеарне науке „Винча“, Београд 2000.
5. Телевизијске емисије.
6. Приватни разговори с аутором.

IVAN DRAGANIĆ

(1924–2012)

Students of natural sciences – and especially physical chemistry – at the University of Belgrade have used a series of textbooks in the fields of radiochemistry and radiation chemistry that were collectively referred to as the “Draganić” since the early 1960s. “Draganić” was an institution of a sort, but most of its readers did not know who was the person that co-authored and edited the famous textbook on *Radioactive Isotopes and Radiations*.

Ivan Draganić was born on September 10th 1924 to father Gedeon (who was a state clerk) and mother Sofija. He grew up in Zemun, and his family was of modest means. In 1939, the family moved to Petrovgrad (today Zrenjanin), where Ivan finished high school during the German occupation. In 1944, as the antifascist fronts approached Zrenjanin from the east and the south, Ivan Draganić joined the war effort. The news of the Allied victory reached him in Osijek, where his Third Army was on its way to Slovenia; following his demobilization, he strongly intended to dedicate himself to studies at the University of Belgrade.

Draganić started his studies in physical chemistry in 1946 at the Department of Philosophy of the University of Belgrade. His motivation was to enter the area of nuclear sciences, which have witnessed an explosion of interest since the discovery of nuclear fission in 1939. Classes in this field were taught by the famous professor Pavle Savić. It was through Savić’s influence that Draganić secured a position at the Nuclear Institute in Vinča in 1949, shortly before graduation. He stayed at Vinča until his retirement in 1981, but during that time he held sabbatical and long-term positions at several research centers throughout the world, totaling more than 12 years.

Scientific opus of Ivan Draganić includes the development of chemical dosimeters for ionizing radiations, studies in radiation chemistry – especially in the context of water and aqueous solutions, and the importance of ionizing radiation in the chemical evolution processes on the early Earth and in the cores of comets – both of which are related to the origins of life. His research contributions are matched by his pedagogical activity, interest in the popularization of science and scientific methods of thinking, as well as his international activities.

Vinča: The Early Days. Draganić’s first task upon joining the Vinča institute was to develop a method for fluorimetric determination of uranium in various samples. In less than a year, this original procedure was developed and the apparatus built that allowed serial measurements. This method was

later included in the first USSR textbook on the analytical chemistry of uranium (1962).

In late 1952, the Institute in Vinča started radiation training for the users coming from factories, institutes, and clinics. In 1956, in response to a request from the Federal Commission for Nuclear Energy, Draganić established the famous School of Isotopes which is still in existence; he served as its Founding Director until 1962.

France. In 1953, Draganić worked in the nuclear center Chatillon in Paris, France. During his stay in France, he was immersed in *radiation chemistry*, a subdiscipline which was then in its infancy. Draganić will continue his work in radiation chemistry virtually throughout his career that spanned several decades. This represented a departure from his early work in Vinča. His work in Paris was focused on the development of chemical dosimeters for high radiation doses, with a particular focus on oxalic acid solutions. Part of these investigations will later become the basis of his doctoral dissertation entitled *Influence of Ionizing Radiation on the Aqueous Solutions of Oxalic Acid*, which he applied for in 1955 at the Sorbonne as the prestigious state doctoral dissertation. Draganić dedicated his doctoral thesis to his professor Pavle Savić, and defended it in 1958. The results of these first investigations were published at the inaugural *UN International Conference on the Peaceful Uses of Atomic Energy* (Geneva, 1955), as well as in the prestigious French *Journal de Chimie Physique*.

While in Paris, Draganić dreamt of establishing his own lab in Vinča. In 1955, he founded the Division of Radiation Chemistry at the Institute; at first, since Vinča initially did not have high-quality radiation sources, his laboratory closely collaborated with French colleagues. The focus of lab's investigations was radiation chemistry of water, which was used as the model system. Simultaneously, the researchers within the lab studied the chemistry and dosimetry of high doses of mixed radiation emanating from nuclear reactors. The Division has since grown into the Laboratory for Radiation Chemistry, which is still in existence today.

Draganić worked on the models for water radiolysis and published close to twenty articles in this field between 1964 and 1975. Perhaps more importantly, in 1971, Ivan and Zorica Draganić published a reference book titled *The Radiation Chemistry of Water* (Academic Press, New York). In addition to this, Draganić published approx. 70 books, book chapters, and review articles – out of which twenty are books. Several of them were aimed at popularizing science, and others were important textbooks. It is noteworthy that his textbook on *Radiochemical Procedures: Work with Radioactive Isotopes* was published in an English translation in the USA (1962), and that his joint book on *Radiation and Radioactivity on Earth and Beyond* (with Z. Draganić and J. P. Adlof) was published in English, Serbian, and Japanese editions.

Starting in 1960, Draganić had an intensive collaboration with the Risø National Laboratory in Denmark. This collaboration was in the field of dosimetry, with the particular focus on the dosimetric calibration of instruments connected to the new electron accelerator that was just being brought online. This practical collaboration evolved into a research-based one, which resulted in several reports produced for the *Danish Commission on Atomic Energy*, as well as in a dozen articles in scientific journals.

Radiolysis and Prebiotic Chemical Evolution. Ivan Draganić got interested in this area as an already experienced radiation chemist. A relatively well-accepted theory is that prebiotic Earth had numerous inorganic molecules, especially water, and an abundance of sources of energy to cause chemical transformations of these molecules. Draganić wrote: “we noticed the underestimated role of the radiation chemistry in these processes”. Most attention was devoted to the radiation chemistry of cyano compounds and water. Through the collaboration with the Danish group, Draganić put forward a hypothesis that the radiolysis of early ocean water – caused by the radiation that arose from the radioactive decay of a potassium isotope – could have produced oxygen under prebiotic conditions 3.8 billion years ago. Between 1979 and 1991, around thirty publications appeared in this area. In addition, two doctoral dissertations at the University of Belgrade, and two master’s theses – one in Thailand and one in Mexico – were defended in the same field. Draganić published the results of investigations from his own lab in the Vinča Institute, as well as those from collaboration with research centers in the United States, Denmark, Thailand, and Mexico. In these papers, Draganić consistently brought attention to the importance of ionizing radiation in the chemical changes during our planet’s early history. It was shown that approx. seventy biologically relevant molecules – including amino acids and peptides – can be formed using such radiation chemistry-mediated synthesis, under the conditions that existed on the prebiotic Earth.

Radiation Chemistry and Cores of Comets. This is a theme that Draganić pursued chiefly after he retired from Belgrade and took a position at the National Autonomous University of Mexico, where he acted as the director of the Department of Radiation Chemistry within the Nuclear Science Institute (Instituto de ciencias nucleares); he stayed in Mexico for four years. It is considered that cores of comets represent a relatively well-preserved residues of the presolar cloud; thus, their chemical composition offers insights into the composition of the interstellar cloud that ultimately gave rise to the Solar system. These studies suggested the possibility that radiation-mediated synthesis could have resulted in a series of organic molecules of relevance for the processes involved in the origin of life. The results of this work were summarized in eight journal articles and one doctoral dissertation, defended

at the University of Belgrade. Draganić presented this work in invited talks at several international conferences, including three plenary presentations at COSPAR (*Cosmic Space Research*) conferences. International conference on the *Role of Radiation in the Origin and Evolution of Life* (held in Osaka, Japan, in 1998) opened with Draganić's talk on *Radiation Chemical Approaches to Chemical Evolution Processes on Earth and Beyond*.

Popularization of Science. Ivan Draganić held a belief that science should serve the society, and that science and culture present key levers through which a society can achieve true progress. This belief translated into the notion that scientific method of thinking should be introduced to the general public. He published more than a hundred articles in daily and weekly magazine, as well as scientific journals, dealing with the themes of popularization of science, and the relationship between the society and science. In addition, Draganić presented his views in several interviews. Finally, he collected his views on various topics – including science, society, the world at large, history, future, as well as his own life – in a voluminous interview titled *Conversations in Vinča*. He wrote screenplays for scientific documentaries and TV shows, and he was also the author of the TV series *Radiations and Radioactivity*, for which the Education & Scientific Program of the Serbian National TV received a special award in 1995.

Educational Activities. Ivan Draganić was a precious teacher in the area of nuclear sciences. He organized the first specialist courses in Yugoslavia for experts that used radioisotopes and radiation. He was engaged in university-level education. However, his most significant education contribution was the supervision of approx. ten doctoral dissertations and approx. twenty master's and Diploma theses which were defended at the University of Belgrade. His vast experience was drawn upon by doctoral students at other universities in Yugoslavia and abroad. In fact, Prof. Draganić established a school of radiation chemistry, whose work was recognized in broad international circles.

International Activities. Between 1952 and 2001, Draganić went on 87 trips abroad, as either a participant in conferences, visiting professor, or a UN expert. He attended scientific meetings in the areas of dosimetry, radiation chemistry, and chemical evolution. He gave invited seminars at the Oak Ridge and Argonne National Laboratories, the University of Notre Dame, the National Bureau of Standards, the University of Chicago, and the California Institute of Technology (all in the United States); at the USSR Academy of Sciences in Moscow; at the Nuclear Research Center in Iran; at the Nuclear Center Trombay in India; at the Chulalongkorn University in Thailand; at the Université de Strasbourg, Institut du radium, and Centre d'énergie nucléaire Saclay (all in France), and at the Risø National Laboratory in Denmark. As a

visiting professor he taught specialist courses at universities in Mexico City, Washington, and Bangkok.

Throughout his long career, Professor Draganić had a clear path ahead of him; he knew what he wanted and how to get it. His key tools on this path were persistency, incessant work, self-confidence, a keen ability to distinguish the relevant from the irrelevant, high respect for his peers, and loyalty to the society that he came from and his family. As a talented and curious researcher, and an excellent manager, he was a pioneer in virtually every field he worked in. He was highly involved in establishing a new branch of science in a country where that kind of science was virtually unknown. He could easily bring people together with his ideas – and his charisma, hard work, and an honest relationship with science are probably the reasons why he could do so repeatedly.