



*Живот 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

ДРАГОЉУБ К. ЈОВАНОВИЋ
(1891–1970)

Славко Ментус



Драгољуб Јовановић је дипломирао хемију на Филозофском факултету Београдског универзитета 1919. године. У периоду 1920–1928, борао је у Институту за радијум у Паризу, где је 1925. под руководством Марије Кири (Marie Skłodowska Curie, 1867–1934), двоструке добитнице Нобелове награде за област радиоактивности, стекао титулу доктора физичких наука. Његови најважнији научни резултати су из области хемије радиоактивних елемената и физике атомског језгра, постигнути у прелазном периоду од класичне радиохемије ка модерној нуклеарној физици и открићу вештачких нуклеарних трансформација. Објављени су у престижним светским научним часописима, а дали су допринос разјашњењу хемијске природе елемената радиоактивног низа торијума и обогатили познавање енергетског спектра бета емитера тог низа. Увео је и калориметријску методу мерења енергије емитоване радиоактивним зрачењем. Као директор Института за радиологију и физику Медицинског факултета у Београду, са сарадницима са Медицинског факултета бавио се истраживањем утицаја радиоактивног зрачења на живе организме, природном радиоактивношћу термалних извора бањских лечилишта и другим тада актуелним проблемима физике. Дао је немерљив допринос настави физике на Београдском универзитету, као наставник студентима медицине и сродних факултета, а после Другог светског рата још и студентима физике. Носилац је већег броја друштвених одликовања и признања, у које спада и избор за члана Српске академије наука 1948. године.

ОСНОВНИ БИОГРАФСКИ ПОДАЦИ

Драгољуб К. Јовановић, српски научник светског гласа, живио је, школовао се и радио у врло тешком временском раздобљу у коме су се одиграла два разорна светска рата, тако да је своје радно место професо-

ра и научника два пута практично дизао из пепела. Такве несрећне околности нису ишле на руку формирању и чувању документације, па је врло оскудна изворна документација по којој је писана ова сажета верзија његовог животног пута, као и каснија поглавља у којима су детаљније приказани важнији периоди живота.

Најпоузданији подаци, у форми збирке биографских есеја које су сакупили његови потомци прве генерације¹ кажу да је Драгољубова мајка, Перса Димитријевић (1864–1924) одрасла у Параћину са сестром Станијом и братом Николом. Перса је била домаћица и шваља, коју је живот два пута направио удовицом. Први пут се удала за службеника Ђорђа Чолаковића са којим је имала ћерку Живку (касније удату за Милана Вучинића, земљопоседника и власника фотографске радње и биоскопа у Јагодини). После смрти првог мужа, Перса се удала за Косту Јовановића (1835–1911) занатлију, са којим је имала троје деце, Драгољуба, Милеву и Димитрија, од којих је Драгољуб постигао највише образовање и најзначајнију каријеру. Персина сестра, Станија Димитријевић (1864–1924) удала се за параћинског занатлију Сретена Живановића, са којим је имала шесторо деце, Тому, Димитрија, Светолика, Жарка, Градимира и Ангелину. Брат од тетке Драгољубов, Тома, такође је постигао високо образовање, дипломирао је на Правном факултету у Београду 1906, докторирао право на Paris School of Law 1908, примљен за доцента на београдском Правном факултету 1909, где је изабран за ванредног професора 1914, и редовног 1920. Изабран је 1922. за дописног а 1926. за редовног члана Српске краљевске академије.

Драгољуб је у родном Параћину завршио основну школу. Средњу школу је похађао у Јагодини, Крагујевцу и у Београду, где је матурирао 1910.

После матуре, 1910, Д. Јовановић се уписао на хемијску групу наука Филозофског факултета у Београду. Студије хемије прекинуо му је Први светски рат, у коме је новембра 1915. као добровољац, пучки архивар, заробљен и у логору у Ашаху (Aschach), Аустрија, задржан до краја рата 1918. Време у заробљеништву користио је да другим заробљеницима, својим друговима, махом средњошколцима добровољцима, држи часове хемије, физике и математике, уз помоћ књига које је од својих средстава набављао преко Црвеног крста. У заробљеништву је научио и да свира виолончело, и наклоност ка овом инструменту га је држала до краја живота. По повратку, почетком 1919. привео је крају студије хемије, радио неко кратко време као средњошколски професор, и затим, као асистент на Филозофском факултету у Београду.

¹ Stanka Jovanović: *Life of a physicists*, DJ Publishing, Portland, Oregon 2015.

У периоду 1920–1928 радио је у Институту за радијум у Паризу, на тему изоловања и испитивања другог потомка у низу хемијских елемената радиоактивне породице торијума, званог тада мезоторијум-2. У том периоду објавио је и своје најзначајније научне радове у водећим светским научним часописима који су му већ тада обезбедили високу препознатљивост на међународном нивоу. Докторску тезу је одбранио 3. јула 1925, међутим на молбу Марије Кири наставио је истраживања у Паризу до краја септембра 1928. Током боравка у Паризу постао је члан француског Друштва физичара.

Године 1927, по препоруци декана Медицинског факултета у Београду, изабран је за ванредног професора физике, и истовремено постао директор Института за радиологију и физику Медицинског факултета, и те дужности је преузео по повратку из Париза, 1928. Поред обезбеђивања услова за научни рад у Београду, и бављења научним радом колико су услови дозвољавали, држао је наставу из физике великом броју студената – студентима медицине, стоматологије, фармације и ветерине. У редовног професора унапређен је 1939. Други светски рат је довео до скоро потпуне обуставе универзитетске наставе, и тај период је провео у Соко Бањи. После ослобођења, од 26. јуна 1945. наставио је да ради као професор физике на Медицинском факултету, али убрзо 25. децембра 1945. постављен је за професора физике на Филозофском факултету (касније Природно-математичком факултету). Оснивач је и дугогодишњи члан Друштва математичара, физичара и астронома СР Србије. Дао је и значајан допринос проучавању природне радиоактивности у водама бањских лечилишта Југославије. Иницирао је 1955. серију Семинара медицинске физике, одржаваних сваке друге године, у којима су учествовали физички институти медицинских, ветеринарских, фармацеутских и стоматолошких факултета широм Југославије. На семинару одржаном у Сарајеву 1966. изабран је за доживотног председника Координационог одбора физичара медицинске физике.

Пензионисан је 1961, али је наставио хонорарно да ради у Институту за физику до 1964, и као професор физике на Медицинском факултету до 1967. Преминуо је 17. фебруара 1970, а сахрањен на Новом гробљу у Београду.

Своју супругу Мирјану Трбојевић (1902–1982) срео је почетком јануара 1927. Она је била ћерка Манојла Трбојевића, среског лекара града Београда, директора Градске поликлинике. Мирјана је дипломирала 1925. у Београду примарно филозофију, секундарно физику. Касније је студирала ликовну уметност прво у Минхену, па у Београду. Знала је да свира клавир, говорила француски и енглески, што је Дра-

гољуба фасцинирало. Венчали су се 25. фебруара 1929. Медицински факултет им је обезбедио стан у згради Института за патологију где су живели до 1935. Тад су се преселили у кућу у Хаџи Милентијевој, а 1937. у стан у улици Краља Петра, где су остали до краја живота. Имали су два сина, који су рођени 1930. и 1933. Старији син, Драшко, дипломирао је физику у Београду 1953, а докторску тезу је урадио на Универзитету Чикага, 1959. Као физичар високих енергија каријеру је провео на Калифорнијском универзитету у Сан Дијегу, у Националној лабораторији у Аргону и Фермијевој националној лабораторији. Пензионисан је 1997. Њихови потомци су такође универзитетски образовани, старија ћерка је професор психологије на калифорнијском Политехничком универзитету, а млађа лекар у Портланду, у Орегону. Млађи син, Манојло-Лека, дипломирао је шумарство у Београду, мастер тезу из биологије рибарства је одбранио на Универзитету Мичиген у Ann Arbor-у. Пензионисан је као водећи истраживач корпорације Oil-Dri. И његови потомци су стекли високо образовање: син је доктор електротехнике, а ћерка дипломирани ликовни уметник.

ДРУШТВЕНА ПРИЗНАЊА

Према писању проф. др Драгице Кирић, блиске сараднице и наследнице Д. Јовановића на месту директора Института за физику (*In memoriam*, у Српском архиву за целокупно лекарство)², прво друштвено признање Д. Јовановић је добио пре Другог светског рата: за своје радове о радиоактивности бањских вода Југославије одликован је Орденом Светог Саве трећег степена, са образложењем: ради успешног истраживања радиоактивних појава у нашој земљи.



Сл. 1. Кућа Д. Јовановића у Соко Бањи

² Dragica M. Kirić, *Srpski arhiv za celokupno lekarstvo*, 98 (4) 659–663 (1970).

Општинске власти Соко Бање су Д. Јовановићу у знак захвалности за популаризацију бања кроз научне радове о радиоактивности вода, 1934. године доделиле плац (по његовом избору) на брду близу Озрена, са погледом на Ртањ. Ту је саградио камену кућу у којој је радо боравио преко летњих распуста. Слика 1 приказује поглед из суседног хотела на кућу Д. Јовановића у Соко Бањи.

На Скупштини Српске академије наука 18. марта 1948, Д. Јовановић је изабран за дописног члана. Предлог за избор поднео је Павле Савић, који је тада био дописни члан (па није могао да предложи редовне чланове), а образложење је гласило овако:

СРПСКОЈ АКАДЕМИЈИ НАУКА

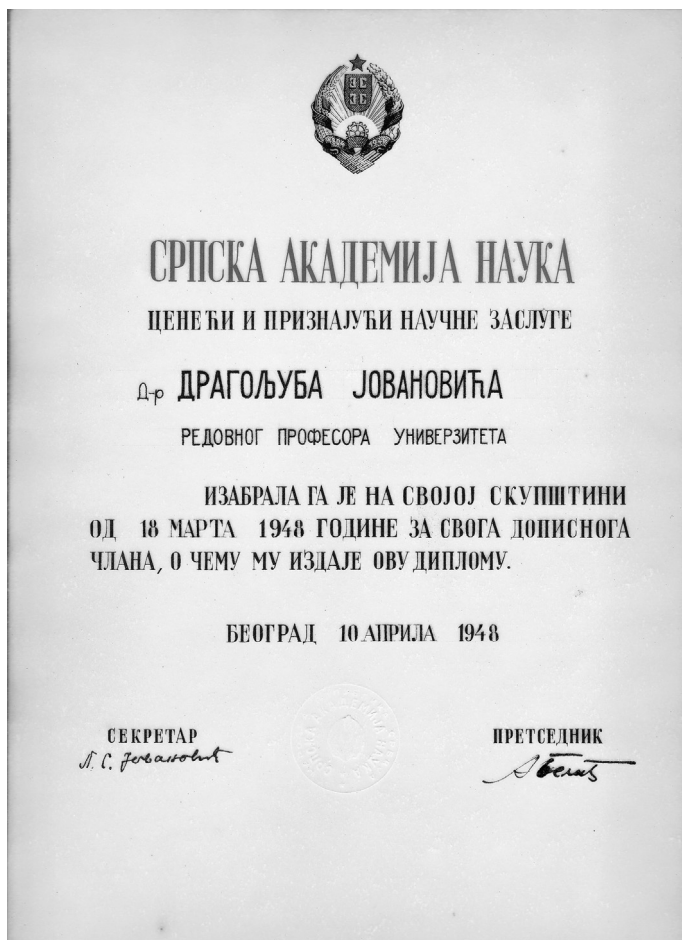
У вези објављеног конкурса за избор редовних и дописних чланова Академије наука, сматрам за дужност да учиним Академији предлог за избор др Драгољуба К. Јовановића, професора физике, за редовног (*руком исправљено: дописној*) члана Академије природних наука. Др Драгољуб К. Јовановић објавио је низ радова из области радиоактивности, који се одликују високим квалитетима и представљају прилоге трајне научне вредности у тој области. Његови радови, које желим нарочито да истакнем, односе се на испитивање врло брзих електрона, које испуштају радиоактивни елементи при њ распаду ($MsTh-2$), чија се брзина мало разликује од брзине светлости, због чега представља предмет врло живог интереса за таласну механику, као и теорију њ распада. Сматрам за непотребно да Академији наука исцрпније излажем радове професора Јовановића, који је дугогодишњи професор на нашем Универзитету, а о чијим је радовима дата правилна оцена од најмеродавнијих стручњака у области радиоактивности. Прикази његових радова налазе се у *Handbuch der Experimentalphysik B. XV, Kohlrausch K. W. F. – Radioaktivität*, стране 203, 206, 397, 621, 768, 685, 174, 397, 626, 56, 57, 179, 224, 222, 228.

Чинећи овај предлог Српској академији наука, уверен сам да ће правилно схваћен, пружити и с те стране заслужено признање једном нашем научнику, а Академији природних наука дати члана од драгоцене помоћи.

Смрт фашизму – Слобода народу

Павле Савић

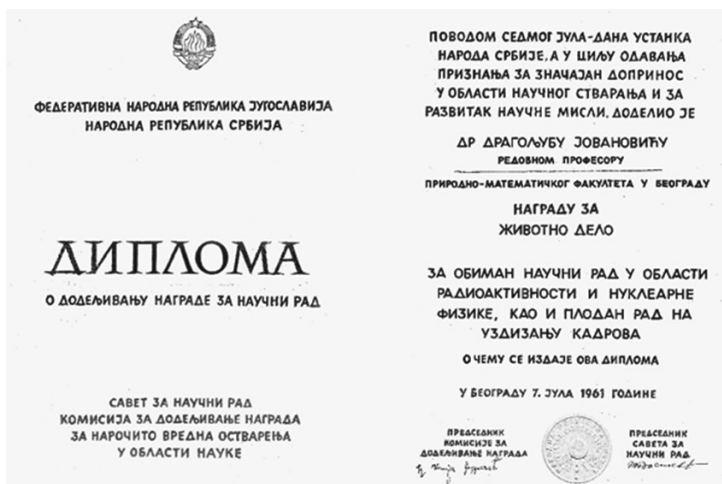
27. 2. 48, Београд



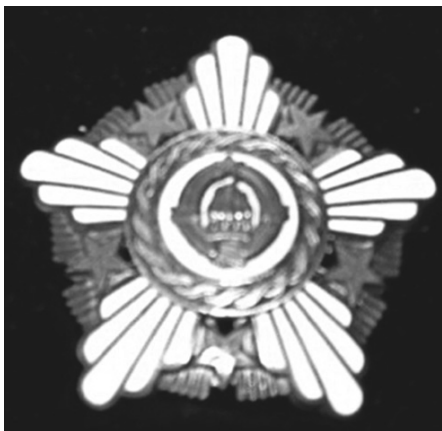
Сл. 2. Документ о избору Д. Јовановића за дописног члана Српске академије наука

Године 1961. Д. Јовановић је награђен Седмојулском наградом за животно дело у области радиоактивности и нуклеарне физике и уздицању кадрова, од стране Савета за научни рад СФРЈ-НР Србија, Комисије за додељивање награда за нарочито вредна остварења у области науке (слика 3).

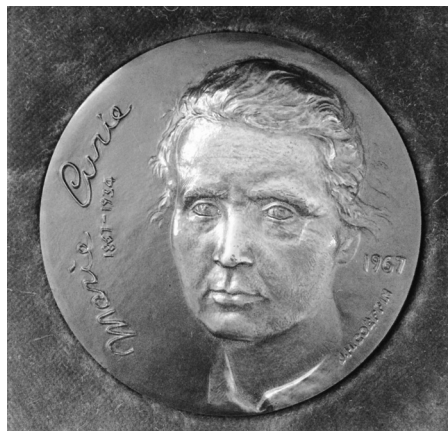
Четири године касније, 1965, добио је Орден Републике са сребрним венцем поводом 20-годишњице ослобођења, а за дугогодишње заслуге у области науке, културе и просвете и уздицању кадрова. На пропратној повељи стајало је образложење:



Сл. 3. Документ о Седмојулској награди за животно дело проф. Д. Јовановићу



Сл. 4. Орден Републике са сребрним венцем



Сл. 5. Комеморативна медаља с ликом Марије Кири издата приликом обележавања стогодишњице њеног рођења

„Указом председника Социјалистичке Федеративне Републике Југославије, Јосипа Броза Тита, од 26. новембра 1965. године, поводом двадесетогодишњице ослобођења, а за нарочите заслуге стечене дугогодишњим радом на пољу науке, културе и просвете и за постигнуте успехе на уздизању стручних и научних кадрова чиме

је учињен допринос социјалистичком развоју земље, одликован је др Драгољуб К. Јовановић, професор универзитета, Орденом Републике са сребрним венцем, о чему се издаје ова Повеља.

Канцеларија Ордена у Београду, 26. новембра 1965.
Шеф Канцеларије ордена (потпис шефа Канцеларије).“

На позив Министарства спољних послова Француске, Д. Јовановић је 1967. присуствовао прослави стогодишњице рођења М. Кири. На церемонији која је трајала 24–27. октобра 1967, додељена му је комеморативна медаља са ликом Марије Кири.

Као један од оснивача и активних чланова управе и дугогодишњи председник Друштва математичара, физичара и астронома Социјалистичке Републике Србије, које је издавало часопис Весник, Д.



Сл. 6. Повеља Друштва математичара, физичара и астронома СР Србије



Сл. 7. Плоча на улазу у Институт за физику
Медицинског факултета



Сл. 8. Поштанска марка са
ликом Д. Јовановића

Јовановић је добио постхумно године 1978. Повељу Друштва. У Повељи пише: „Друштво математичара, физичара и астронома СР Србије, прослављајући тридесет година свог рада, додељује Повељу свом заслужном члану др Драгољубу Јовановићу, професору Универзитета у Београду, у знак признања за дугогодишње учешће у раду Друштва.

Београд, 26. јануар 1978.“

(Потписао председник Друштва др Војин Дајовић, универзитетски професор).

9. децембра 1970. на прослави 50-годишњице Медицинског факултета, Институт за физику добио је назив „Институт за физику проф. др Драгољуб К. Јовановић.“ (Када је 1977. преименован у Институт за биофизику, задржао је у називу име проф. Јовановића).

Као допринос кампањи против рака, Завод за израду новчаница Србије је 2010. издао поштанску марку са ликом Д. Јовановића и пропратним текстом „Рак је излечив“.

Универзитет у Београду, Физички факултет и генерација физичара уписана пре 1950, 1951, 1952, 1953 и 1954, прославу уписа на студије одржану 1–3. октобра 1999. посветили су свом професору Драгољубу Јовановићу.

Градске управе родног града Параћина, као и Соко Бање, дале су по једној од градских улица назив Др Драгољуба Јовановића (Параћин), односно, Професора Драгољуба Јовановића (Соко Бања).

СТУДИЈЕ ХЕМИЈЕ И ПРВО ЗАПОСЛЕЊЕ

После матуре, 1910, Д. Јовановић се уписао на хемијску групу наука у Хемијском заводу Филозофског факултета у Београду. Још од 1905, када је Велика школа прерасла у Универзитет, (са факултетима Филозофским, Техничким, Правним и Богословским) предмети Филозофског факултета били су подељени у 15 студијских група, од којих је хемијска група, под бројем 7, укључивала предмете: неорганска хемија, органска хемија, физика и технологија. Студије хемије је тада водио професор Сима Лозанић (1847–1935). Настава се изводила у просторијама Капетан Мишиног здања, у кога је, у приземље у задњем делу зграде, још 1863. била усељена хемијска лабораторија првог српског професора хемије, Михајла Рашковића. Сима Лозанић је у наставу ушао 1872, после докторских студија у иностранству, тако да је у време када се Д. Јовановић уписао на студије, имао велико педагошко искуство мерено скоро 40-годишњим стажом у настави. Захваљујући дугогодишњем раду С. Лозанића, Рашковићева лабораторија је временом реорганизована и модернизована, па је имала слушаоницу са око 60 седишта и студентску лабораторију са 12 радних места, и била опскрбљена водоводом, аналитичким теразијама, пламеницима, пећима за елементарну анализу, хемијским посуђем, колекцијама реагенаса распоређеним по радним местима, и библиотеком са важнијим светским хемијским часописима. С. Лозанић је написао и већину уџбеника хемије по којима се тада студирало: Неорганска хемија (1873), Органска хемија (1875), Упутство за извођење квалитативних хемијских анализа (1873), Аналитичка класификација метала и њихове важније реакције (превод, 1875), Хемијска технологија (I и II део 1887, III део 1892, IV део 1894). Сви уџбеници доживели су по више издања. Сам Лозанић објавио је преко стотину радова у водећим европским часописима и у *Гласнику Српског ученог друштва* (27) и *Гласнику Српске краљевске академије* (18), који се односе на различите гране хемије, али су најзначајнији радови из органске хемије и електрохемије. Асистенткиња која му је помагала од 1913. до 1924. била је Персида Илић-Вулић. Од 1908. у наставу се укључио и доцент Миливоје Лозанић који је држао специјалне области хемије: аналитичку хемију, стереохемију, угљене хидрате и боје. У Хемијском заводу од 1903. радио је и Милоје Стојиљковић као доцент физичке хемије.

Д. Јовановић се по успешности истицао још као студент, па је 1914. помагао Марку Леку у Државној хемијској лабораторији (која се налазила у згради на данашњој адреси Његошева 12).

Студије му је пред сам крај завршне године прекинуо Први светски рат, који је донео и знатне промене у државном устројству. Рат је почео нападом Аустроугарске и других централних сила на Краљевину Србију,

и трајао од 28. јула 1914. до капитулације Аустроугарске 3. новембра 1918. године. Београд је ослобођен 1. новембра 1918. Захваљујући српским војним победама и дипломатији створена је Краљевина Срба, Хрвата и Словенаца.

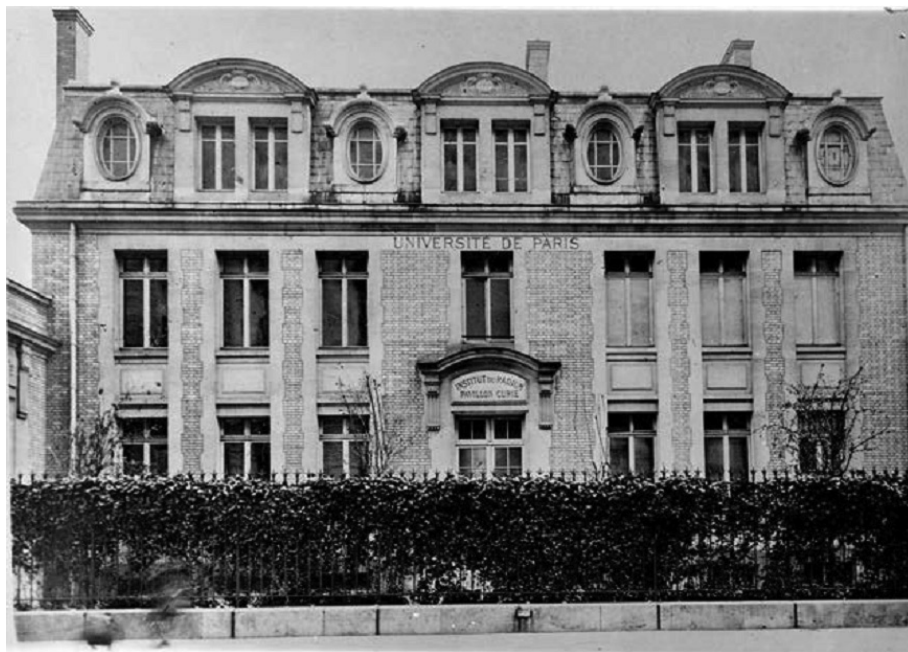
Д. Јовановић се почетком рата са мноштвом другова из генерације пријавио у добровољце, али је заробљен и у логору Ашах, граду на Дунаву у Аустрији, провео је до краја рата. По завршетку рата и повратку из заробљеништва, почетком 1919. привео је крају студије хемије. Одмах, 1. априла 1918, Министарство просвете га је распоредило на радно место професора физике у гимназији у Јагодини, али је крајем исте године, 15. децембра, изабран за асистента на Филозофском факултету у Београду на студијској групи Хемија код проф. Симе Лозанића. Његов асистентски стаж трајао је мање од годину дана, јер је идуће године од Универзитета тражио и добио једногодишњу државну стипендију за студијски боравак на Сорбони у Паризу, где је отпутовао у јесен 1920.

ДОКТОРСКЕ СТУДИЈЕ НА СОРБОНИ

Професори Београдског универзитета пре Другог светског рата били су махом школовани на утицајним иностраним универзитетима, тако да су студенти од њих добијали солидно образовање, не много лошије него на западним универзитетима. Међутим, у Србији није било услова за научни рад на нивоу докторских студија, и подразумевало се да се докторске студије раде у иностранству.

Као асистент почетник и стипендиста Универзитета, у септембру 1920. Д. Јовановић одлази у Француску. Имао је намеру да постдипломске студије настави код проф. Жана Перена (Jean Baptiste Perrin, 1870–1942), мотивисан његовом књигом „Атоми“. После срдачног пријема и разговора, Перен га је писмом препоручио Марији Кири, да ради у њеном Институту за радијум у Паризу, где је срдачно примљен и одмах започео рад и сарадњу са појединим члановима интернационалне екипе Института. Кад му је после годину дана рада истекла стипендија Београдског универзитета, на препоруку Марије Кири, у периоду 1922–1924. плаћала га је фондација Карнеги–Кири, у својству запосленог асистента-истраживача, па је неометано наставио рад. Од 1924. примао је стипендију Међународне комисије за образовање.

Институт за радијум у саставу Универзитета у Паризу – Сорбони (слика 9), био је у то време водећа установа у свету за истраживање радиоактивности, опремљена за то најсавременијом опремом. Французи су у тој области били тада водећи светски ауторитети. Француски профе-



Сл. 9. Зграда Института за радијум у Паризу, слика из 1914. године

сор Антоан Анри Бекерел (Antoine Henri Becquerel, 1852–1908) је петнаестак година пре Јовановићевог доласка, 1896, објавио откриће да уранова једињења емитују зраке способне да продру кроз заклон од црног папира и закрне фотоплочу. Марија Кири, тада са девојачким презименом Склодовска (Skłodowska), Пољакиња, студирала је хемију и физику на Сорбони, где је касније постала прва жена – предавач. На Сорбони је упознала и удала се за Пјера Кирија (Pierre Curie, 1859–1906), који је ту такође био професор. Заинтересовани за откриће Бекерела, Марија и Пјер Кири заједно су проучавали уранове руде и 1896. су објавили да продорни зраци које зрачи уран диоксид, а које је открио Бекерел потичу од неке непознате хемијске компоненте овог оксида присутне у незнатним концентрацијама. Главне потешкоће у истраживању радиоактивних компоненти потицале су из чињенице да материјали који су били главни носиоци радиоактивности нису могли да се добију ни у приближно довољним количинама да би се могли подвргавати класичним хемијским анализама ради утврђивања основних хемијских особина, и о њима се закључивало углавном путем проучавања природе зрачења и времена живота у одређеној радиоактивној форми. После мукотрпног пречишћавања неколико тона руде урана, коју је чинио углавном уран диоксид („уранов смоли-

нац“), превођењем у водени раствор, и методама сепарације које су сами у ходу разрађивали, изоловали су и одредили место у Периодном систему елемената два до тада непозната хемијска елемента, високе радиоактивности, које су назвали полонијум и радијум, што су објавили 1898, дакле само две године после Бекереловог открића радиоактивног зрачења. Због екстремно малих концентрација радиоактивних елемената у инертној минералној маси, развили су пионирске методе повлачења трагова радиоактивних елемената из раствора помоћу инертних једињења сличне хемијске природе, додатих у довољном вишку да се од њих добију мерљиве количине талога. Марија Кири, Пјер Кири и Анри Бекерел су 1903. године заједно добили Нобелову награду за физику, „за изузетне заслуге које су исказали заједничким истраживањем природног радиоактивног зрачења, којег је открио професор А. Бекерел“. Недуго затим, 1911, Марија Кири је добила по други пут Нобелову награду, овај пут самостално, „за откриће радијума и полонијума и проучавање њихових особина“. Умрла је 1934. од леукемије, вероватно од последица дуготрајног излагања дејству радиоактивности, чије штетно дејство није правремено схватила. Велика слава помогла је Марији Кири да за живота добије средства да у Паризу оснује Институт за радијум и врхунски га опреми јаким изворима активности и најсавременијим инструментима за то доба. У њему је, за време Јовановићевог боравка, радило око тридесет истраживача из свих крајева света. Са некима од њих је Д. Јовановић успоставио блиску сарадњу и објављивао заједничке радове, а њихови најосновнији биографски подаци поменути су касније у овом тексту у оквиру анализе радова.

Увођење термина радиохемија, као науке о трансформацијама елемената и њиховој сепарацији и идентификацији, приписује се енглеском истраживачу Фредерику Соддију (Frederick Soddy, 1877–1956) (добитник Нобелове награде за хемију 1921). Године 1913. Содди³ је дао дефиницију изотопа, као елемената исте врсте али различитих атомских маса, а Казимир Фајанс (Kazimierz Fajans, 1887–1975)⁴ и Содди су открили правило радиоактивних трансформација елемената једних у друге, да емисија алфа честице помера место елемента два редна броја ниже (улево) у Периодном систему, а емисија бета честице (β - распад) за једно место удесно. Та открића била су увод у објашњење настанка три серије природних радиоактивних елемената, које имају увек полазни врло слабо активан („дуго-живећи“) елемент (то су два изотопа урана и један изотоп торијума), и после низа узастопних распада емисијама алфа или бета честица завршавају се неким стабилним изотопом.

³ F. Soddy, *Chemical News* 107, 97–99 (1913).

⁴ K. Fajans, *Physikalische Zeitschrift* 14, 131–136 (1913).

У периоду 1989–1911 интензивно су истраживани радиоактивни елементи у природи, минералима и води и атмосфери, па су осим већ поменутих полонијума и радијума из 1989, касније откривени још и природни радиоактивни елементи названи радон, актинијум и протактинијум. Тако је актинијум, 1899. открио француски физичар Андре Луј Дебјерн, (André-Louis Debierne, 1874–1949), (један од чланова комисије на одбрани докторске тезе Д. Јовановића) и изоловао из остатака раствора из кога су претходно Пјер и Марија Кири екстраховали радијум.

Од велике важности за Јовановићев будући истраживачки рад било је откриће које је публикувао Пјер Кири са сарадницима 1903⁵, да су једињења радијума константно за неки степен топлија од околине. Измерили су да је ампула са смесом радијум и баријум хлорида са активношћу 1/6 активности чистог радијума, у односу на ампулу са истом количином чистог баријум хлорида, топлија за 1,5 °С. С обзиром на мале концентрације природно радиоактивних елемената, из тога се наслућивало да је радиоактивност, посматрано по једном атому, праћена врло великим енергетским ефектима.

У периоду 1914–1933, неколико светских ауторитета у области радиохемије открило је важна правила о хемијском понашању радиоизотопа у екстремно разблаженим растворима и гасовима, која су била корисна за праксу изоловања и концентровања радиоактивних супстанци помоћу већих количина инертних носача. Током тог периода тројка Склодовска–Кири–Панет (Friedrich A. Paneth, 1887–1958) испитивали су формирање колоида са радиоизотопима, и аналитичке проблеме због формирања агломерата и адсорпције на зидовима. Откривена је и изотопна измена и дистрибуција елемената између раствора и кристала. Ото Хан (Otto Hahn, 1879–1968) је унапредно знања о емисији гасова („еманаџи“) из изотопа радијума.

За тему докторске дисертације Д. Јовановић је добио изоловање потомка званог мезоторијум-2 у радиоактивном низу торијума. Елемент торијум открио је скоро век раније, 1829, славни хемичар Јенс Јакоб Берцелијус (Jöns Jacob Berzelius, 1779–1848), али радиоактивност његових минерала откривена је тек у склопу открића других природно радиоактивних елемената. Оно што је о низу торијума било познато из литературе пре започињања рада Д. Јовановића на докторској тези, види се из табеле приказане у њеном уводном делу (табела 1). Наиме знало се да породицу торијума сачињава осим полазног торијума, бар још 10 елемената, који по правилу које су открили Фајанс и Соди, системом узастопних алфа и бета емисија прелазе један у други, а били су идентификовани

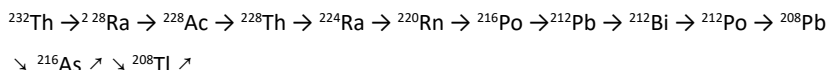
⁵ P. Curie et A. Laborde: Compt. Rend. 136, 673 (1903).

на основу времена полураспада. Као ни за друга два радиоактивна низа у то време, није било познато о којим елементима Периодног система се ради, па су добијали привремена имена, на пример, као што табела приказује: мезоторијум-1, мезоторијум-2, радиоторијум, торијум X, торијумова еманација, торијум А, торијум В, торијум С итд.

Ради лакшег праћења овог текста, испод табеле копиране из тезе Д. Јовановића, дат је паралелан приказ егзактних симбола елемената радиоактивне серије торијума, са исправним местима гранања, оформљен доста касније, када је усавршавање масене спектрометрије омогућило тачно одређивање изотопног састава свих елемената Периодног система.

Табела 1. Схема радиоактивних трансформација у торијумовом радиоактивном низу, са њиховим типом распада (радијације) и временима полураспада, копирана из уводног дела докторске тезе Д. Јовановића. Испод ње је савремен изглед серије ²³²Th.

Substance	Th	MsTh	MsTh II	RTh	ThX	EmTh	ThA	ThB	ThC	ThC'	ThC''	Ω
Radiation	α	β	βγ	α	α	α	α	β	αβγ	α		β
Period	1.65 x 10 ¹⁰ years	6.7 years	6.2 hours	1.9 years	3.64 days	5.5 sec	0.14 sec	10.6 hours	60.8 min	10 ⁻¹¹ sec		3.2 minutes



У уводу докторске тезе Јовановић наводи да је први радиоактивни елемент који торијум производи својим распадом мезоторијум-1, чије хемијско понашање је слично радијуму (тј. земноалкалним елементима).

Под стручним називом „мезоторијум“ тада је подразумеван мезоторијум-1 заједно са производима његовог распада, мезоторијумом-2 и радиоторијумом, с којима, после дужег временског периода, доспева у равнотежу. Мезоторијум-1 у чистом облику, без присуства његовог изотопа радиоторијума, требало је за потребе докторске тезе да се добије хемијском сепарацијом из старих соли чистог торијума.

Прво проучавање сепарације мезоторијума-2, објавио је Ото Хан који је овај назив и увео у литературу⁶. Он је користио таложење цирко-

⁶ O. Hahn, Phys. Z 9, 1908, (246, 392).



Сл. 10. Д. Јовановић у лабораторији Института за радијум 1922. године

нијум хидроксида амонијаком да би из раствора са мезоторијумом-1 повукао мезоторијум-2. Испитујући промену активности добијеног талога са временом, израчунао је период полураспада мезоторијума-2, установивши да он износи 6,2 часа ⁷.

Хидроксидни талог који је добијао Хан није био довољно чист, па је Јовановић за тезу планирао да нађе методу сепарације којом би добио чистији препарат мезоторијума, довољно брзу да се мезоторијум-2 не распадне у међувремену, а у циљу проучавања хемијских својстава и енергетског спектра бета зрака овога бета емитера. Код планирања и саме израде дисертације, Јовановићу је од несумњивог значаја било претходно стечено квалитетно образовање из хемије, код професора такође светског реномеа, Симе Лозанића.

Уоквирена шема копирана из превода докторске тезе на енглески приказује операције водене хемије које је Јовановић осмислио ради сепарације мезоторијума-2. Процедура се састоји у таложењу мезоторијума-2 из раствора старих узорака мезоторијума-1 у хлороводоничној киселини, коме је додат баријум хлорид, па је концентровањем раствора под утицајем HCl искристалисао BaCl_2 , који је повукао главнину (хемијски сличан) мезоторијума-1, а у раствору је остао мезоторијум-2 и његов потомак

⁷ O. Hahn, Phys. Z, 9, 392, 1908.

	Barium salts Radium and its active deposit Mesothorium I Mesothorium II Radiothorium Thorium X Active deposit of thorium	Initial product	The concentrated aqueous solution is precipitated over heat using concentrated HCl.
(11) }			
<i>Precipitate</i> BaCl ₂ crystals Radium Mesothorium I Thorium X (1)			<i>Decanted liquor</i> Mesothorium II Active deposit of radium Active deposit of thorium Radiothorium Traces of BaCl ₂ Ra, MsTh I
			} (1)
Evaporate until almost dry, add a trace of rare earths. Precipitate over heat with ammonia. Filter.			
<i>Filtered liquor</i> Ammonium salts Barium salts Traces of Ra and MsTh I			<i>Precipitate</i> Mesothorium II Active deposit of radium Active deposit of thorium Radiothorium Traces of rare earths
			} (1)
Dissolve the precipitate in HCl and reprecipitate. Final elimination of RTh by precipitation with a trace of Th(NO ₃) ₄ using H ₂ O ₂ . Redissolve the precipitate (containing only MsTh II and the active deposit of Ra) in HCl. Add 1 cubic centimeter of a 5% solution of Bi(NO ₃) ₃ and Pb(NO ₃) ₂ and precipitate using H ₂ S. Filter.			
<i>Precipitate</i> Bi and Pb sulfides Active deposit of Ra			<i>Filtered liquor</i> Mesothorium II Traces of rare earths
			}
Final precipitation in oxalate form			
11 Only if HCl purifications have not been performed for a month.			

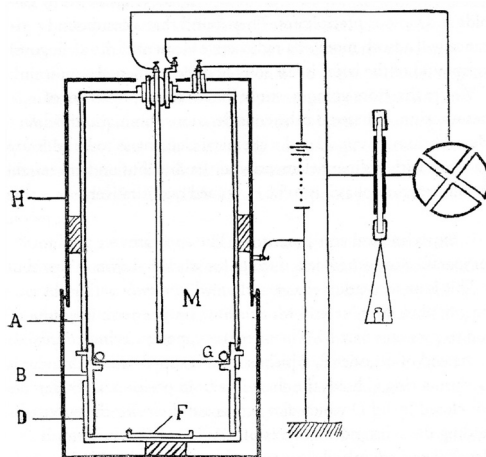
радиоторијум са осталим траговима примеса. Овде треба обратити пажњу да се од самог почетка кроз опис процедуре провлачи термин „активни депозит торијума“, под којим аутор, што се може видети пажљивим

читањем уводног дела, подразумева скуп краткоживећих али зато врло активних елемената насталих распадом гасовитог продукта „торијумове еманације“ $EmTh$, од којих су релативно најдугочечнији елементи привремених ознака ThB и ThC . Упаравањем, додатком лантанида и таложењем амонијаком, у талогу се добија $MsTh-2$, и радиоторијум. Талог се раствара у HCl , поново таложи амонијаком и поново раствара, па се из раствора издваја радиоторијум додатком мало торијум (III) нитрата и таложењем торијум (IV) хидроксида амонијаком уз додатак водоник пероксида. Овај талог се прелива са HCl при чему $MsTh-2$ прелази у раствор. Потом се потомци распада RTh повлаче додатком бизмут и олово нитрата и њиховим таложењем водоник сулфидом. Из преосталог раствора практично чистог $MsTh-2$ овај се повлачи додатком цер хлорида и таложењем оксалном киселином. Минимална количина оксида ретких земаља потребна за копреципитацију била је око 0,5 mg. Процедура је могла да се спроведе у задовољавајуће кратком временском периоду, од отприлике 1,5 сата, да би овај продукт времена полуживота од само око 6 сати могао детаљно да се испита.

Логику сепарационих процеса које је користио Д. Јовановић, много лакше је пратити имајући у виду данашња знања да је мезоторијум-1 у ствари изотоп радијума, атомске масе 228, који припада групи земноалкалних метала, а мезоторијум-2 је изотоп актинијума, атомске масе 228, који настаје из изотопа радијума 228, и припада групи елемената 3б (са ретким земљама скандијумом и итријумом).

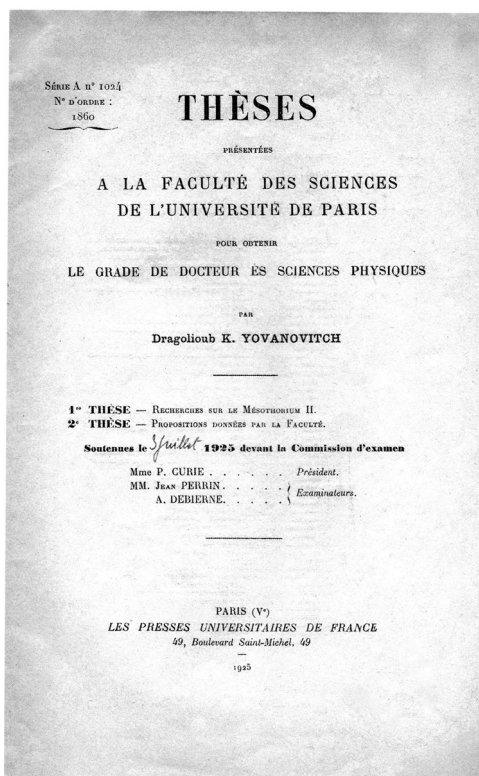
Талог са мезоторијумом-2 послужио је за испитивање хемијског понашања овог елемента. Извршена је читава серија испитивања могућности копреципитације помоћу хидроксида, оксалата, сулфатних и нитратних двојних соли разних елемената. У овом разматрању, Д. Јовановић је користио став публикован од стране Фајанса и сарадника⁸: ако дати реагенс изврши преципитацију носача, а истовремено дође до таложења и самог радиоактивног елемента, то значи да ће и сам радиоактивни елемент, ако би био присутан у мерљивој количини, створити нерастворно једињење са овим реагенсом. Утврђено је да се мезоторијум-2 квантитативно таложи са хидроксидима оксалатима и двојним солима Ce , La , Pr , Nd , Sm , Yt и Er . Најмања употребљена количина носећег елемента, мерена у форми оксида, износила је 1 мг. Критеријум да је дошло до преципитације био је да у посудици у којој је упарен заостали раствор није констатована радиоактивност. Из ових експеримената је закључено да мезоторијум-2 по свој прилици припада лантанидима.

⁸ K. Fajans, P. Beer, *Beichte der deutschen Chem. Ges.*, 46, 3489, 1913; 48, 700, 1915.



Сл. 11. Апаратура за мерење интензитета радиоактивних извора

Апаратура којом је проверавано да ли је неки од добијених продуката (талог, раствор) радиоактиван или не, био је тада обична јонизациона комора, повезана са статором и ротором квадрантног електрометра, приказана на слици 11. Према шеми приказаној у докторској тези, комора је подељена алуминијумском или оловном фолијом на два дела, услед чега до дела М може да допре само бета и гама зрачење мезоторијума-2, а не и алфа зрачење евентуално заосталих трагова других чланова низа торијума. Ова фолија држи се на прстену G, који је причвршћен за крај цилиндра В, који је, опет повезан са цилиндром А. Цилиндар В затвара се поклопцем D, на којем у лежишту F стоје лабораторијске посуднице са испитиваном супстанцом. Апаратура је уземљена преко цинканог омотача H. Шипка M, у ствари колекторска електрода, повезана је с квадрантом електрометра. Напон између колекторске електроде и кућишта коморе одржава се батеријом, чији негативан пол је везан са кућиштем, тако да је колекторска електрода позитивна и сакупља негативне јоне из атмосфере. Наелектрисање настало јонизацијом атмосфере преко колекторске електроде долази на квадранте електрометра и изазива његово скретање, али се оно компензује наелектрисањем које се добија оптерећењем пиезоелектричног кристала кварца. Тако се јачина радиоактивног извора (број распада у јединици времена, који производи одређену јонизациону струју) прати индиректно посредством количине електрицитета произведеног пиезоелектричним ефектом.



Сл. 12. Насловна страна докторске тезе
Д. Јовановића

Талог са мезоторијумом-2 послужио је надаље за проверу времена полураспада и снимање спектра енергија бета зрачења. Време полураспада одређивано је помоћу јонизационе коморе, мерењем јонизационе струје током времена, која је слабила када је слабила активност извора. Енергија бета зрачења мерена је на основу радијуса путање снопа бета зракова у хомогеном једносмерном магнетном пољу. Јовановић је утврдио да спектар енергија бета зрака, осим до тада познатих седам линија, има још тридесет шест нових линија. То је касније потврђено у Кембриџу, у Радерфордовој (Ernest Rutherford, 1871–1937) лабораторији. Значајно је напоменути да је у овом спектру Јовановић утврдио линије које одговарају брзинама електрона од 299400 km/s, дакле незнатно мање од брзине светлости. У тумачењу резултата ових испитивања Јовановић је користио тада актуелна сазнања о корпускуларној природи електромагнетног зрачења и модел атома Нилса Бора (Niels Bohr, 1885–1962). О значају ових

испитивања за теорију структуре атома сведочи чињеница да је 1923. увелико постојала дилема ког је порекла уопште бета зрачење: из језгра, или електронског омотача.⁹

На позив Радерфорда, Јовановић је извесно време провео у Кембриџу, где је излагао своје резултате на испитивању апсорпције врло брзих бета зрака мезоторијума-2. Његови резултати побудили су својевремено велико интересовање и били су коришћени од многих других истраживача у области границе бета спектра. Поред публикација, Јовановић је одржао неколико предавања у Societe Francaise de Phisique, у коме је био члан, и на састанцима Societe Francaise de Chimie Phisique.

Јовановић је докторску тезу одбранио 3. јула 1925. и стекао диплому доктора физичких наука Универзитета у Паризу – Сорбоне. Врло еминентну комисију за одбрану чинили су тада већ двострука добитница Нобелове награде Марија Кири, Жан Перен, добитник Нобелове награде за физику следеће, 1926. године, и као трећи члан, чувени хемичар, проналазач елемента актинијума, и активан сарадник М. Кири, Андре-Луј Дебјерн. Везано за тезу, објавио је двадесетак радова у водећим светским часописима, највише у *C. R. de l'Acad. des Sciences*. То време било је отприлике завршни период класичног истраживања проблематике природно радиоактивних елемената, а ова теза оставила је резултате трајне вредности. О високом реномеу радова сведочи чињеница да су сви радови Јовановића из тог периода наведени у књизи *Handbuch der Experimental – Physik Wien–Harmsa*, Т. XV, Radioaktivitat, под редакцијом К. W. F. Kohlrausch-a.

НА МЕДИЦИНСКОМ ФАКУЛТЕТУ ИЗМЕЂУ ДВА СВЕТСКА РАТА

Као већ афирмисан научник, 1927, Д. Јовановић је прихватио позив тадашњег декана Медицинског факултета Универзитета у Београду, Ђорђа Јоанновића, професора опште патологије и патолошке анатомије и управника Института за патологију и патолошку анатомију, да постане наставник физике и помогне у својству директора, развој новооснованог Института за радиологију Медицинског факултета. Избор за ванредног професора физике извршен је 1927. Ипак на захев Марије Кири, у Институту за радијум остао је да ради до краја септембра 1928.

У закључку реферата којим је образложен захтев за избор у наставничко звање чији су потписници професори др Ђорђе Јоанновић, декан, и др Рихард Буријан наводи се:

⁹L. Meitner, *Zeitschrift f. Physik*, 17, 154, 1923.

„На основу његових експерименталних студија дошао је Д. Јовановић до главних закључака од научног значаја, који се већ користе у литератури као основе за даље истраживање у физици и физичкој хемији. Поред његових општих научних квалификација које Јовановић показује у свом истраживању, Јовановић има и таленат за технике потребне у савременом експерименталном раду у својој специјалности. Апарат, који је Јовановић дизајнирао и направио за своје истраживање, усвојен је и користи се на Институту Curie у Паризу, као и у другим институтима у другим земљама. Други доказ о томе колико су Јовановићеве научне способности препознате и поштоване у Институту на којем је откривен радијум, јесте чињеница да је Madame Curie Јовановића одабрала за сарадника. Из поверења и поштовања које Јовановић ужива у Institut du Radium, јасно је да он није само цењен као научник, већ и по свом карактеру и личним квалитетима.

Још једно признање Јовановићевих научних достигнућа види се у чињеници да је добио грантове од новоосноване Фондације Rockefeller која подржава само афирмисане научнике. Оно што је најважније за наш Медицински факултет, ако не од пресудне важности, је да је паришка медицинска научна заједница, изван Института за радијум, препознала Јовановићев рад и тражила његову сарадњу. Међу првима који су тражили сарадњу са Јовановићем био је Institut Pasteur. Јовановић је био срећан да одговори на њихов захтев и припремио ампулусе за лечење својих пацијената. Затим је тражио његову помоћ професор Fournier, познати дерматолог. Осим његовог савета из своје научне области, Јовановић је успио показати професору Fournier-у на једноставан начин да утврди да ли је препарат за лечење сифилиса учинио или није продирао у централни нервни систем. Још једно велико признање Јовановићевих научних способности је чињеница да је професор Fournier, научник свјетске класе, саветовао свом сину да сарађује са Јовановићем.

Из овог кратког извештаја види се да је Јовановић већ признат научник, са доказаном научном репутацијом и да има дар и за успешну примену свог професионалног знања у медицини.

Стога, доле подписани, моле Савет Медицинског факултета да изабере Др Драгољуба Јовановића за ванредног професора физике и физичке хемије радиоактивних једињења. Овај Департман ће бити оснивач Института за радијум Медицинског факултета.“

Оснивањем Института за радиологију руководство Медицинског факултета планирало је да реши неколико проблема. Један је био што је настава физике, као и других фундаменталних наука за студенте медицине, држана на Филозофском факултету у удаљеној згради Капетан Мишиног здања заједно са студентима физике. Оснивањем Института



Сл. 13. Зграда Института за општу патологију и патолошку анатомију, основаног 1926.
– прва локација Института за радиологију и физику Медицинског факултета
(у периоду 1927–1935)

за физику и радиологију настава би могла да се премести на Медицински факултет. Тиме би се смањила потреба за путовање студената између удаљених зграда, а осим тога омогућило би се формирање специфичних курсева више оријентисаних ка потребама студената медицине. Тако је на пример, настава хемије од 1925. измештена из надлежности професора Филозофског факултета, Симе и Миливоја Лозанића, и организована у оквирима Хемијског института Медицинског факултета, у коме је управник и први наставник хемије био др Петар Матавуљ. У позадини оснивања била је и идеја да се у оквиру тог института обављају истраживања утицаја свих врста зрачења на људски организам. У првом плану ту се подразумевао утицај снимања рендгенским апаратима. Осим тога, било је познато да је Марија Кири током Првог светског рата пропеграла употребу мобилне радиографије у лечењу рањених војника. Године 1921. је широм САД где је била тријумфално дочекивана прикупљала средства за истраживање радијума, али је касније показивала забринутост због неопрезног коришћења радиоактивних материјала од стране лекара и козметичара.

По постављењу за директора Института за радиологију Јовановић је пар година провео на његовом оспособљавању за науку и наставу. Тре-

бало је да предаје и организује вежбе из физике готово без средстава, чак и најнужнијих. Институт је у почетку располагао само два просторијама од преграђеног ходника у згради Института за општу патологију и патолошку анатомију. У једној, мањој, сместио је свој кабинет и библиотеку, а у другој је била вежбаоница планирана за рад са студентима. Апарате и приборе за студентска вежбања градио је сам од стакла и најчешће их импровизовао. Још на Сорбони савладао је све вештине стаклодувачког заната, и то издашно користио у Београду. Већ првих дана почео је да гради свој компензациони микрокалориметар, по угледу на исти који је направио у Институту за радијум. На том апарату наставио је да врши мерења апсорпције зрачења, одмах по повратку у Југославију. Долазак професора Јовановића на Универзитет у Београду донео је ентузијазам средине из које је дошао. Његова оданост према послу и склоност хумору и непосредан приступ у комуникацији привлачили су млађе и полако ширили круг сарадника.

Да би се стекао дубљи увид у околности у којима је Д. Јовановић започео рад у настави, треба напоменути да је и сам Медицински факултет тад био млад, наиме, основан 1920, само седам година пре него је Јовановић примљен за наставника.¹⁰ Отварање факултета обележило је прво предавање које је одржао Милан Јовановић Батут у свечаној сали Универзитета 9. децембра 1920. У првој години имао је 286 уписаних студената. Из деканског извештаја за 1923/24. годину, на Медицинском факултету радило је 19 наставника: 6 редовних и 8 ванредних професора, два доцента и три хонорарна наставника, а Факултет је имао у организационом саставу 8 института и 11 клиника. Број новоуписаних студената се 1925/26. спустио на мање од 160 и до 1932/33. ретко је прелазио 150. За предавања медицинских предмета, наставници Медицинског факултета налазили су се како су знали, у почетку по постојећим болницама, а касније су постепено добијане или зидане наменске зграде за институте и клинике.

Први дипломирани лекари промовисани су 1926. Од прве генерације помовисано је 49 студената (стр. 229 Хронике МФ). Школске 1927/28. имао је већ 32 наставника (још нема асистената), и 29 наставних предмета. После око 11 година, школске 1938/39, када је Јовановић изабран за редовног професора (стр. 247 Хронике МФ) број новоуписаних студената већ је био 313, дипломирало је 93, рекордан број до тада, а Медицински факултет је имао 8 редовних и 18 ванредних професора, 12 доцената, 7 приватних доцената, 2 хонорарна професора, 29 асистената, 9 волонтера асистената и 23 асистента дневничара.

¹⁰ Др Снежана Вељковић, *Хроника Медицинског факултета у Београду 1920–2010*, Издавач Медицински факултет, Београд 1910. (У даљем тексту: Хроника МФ).

Факултет се релативно брзо ширио кадровски и просторно. На стр. 277 Хронике МФ за школску 1938/39, међу 29 института и клиника, и три катедре (једна од њих је за клиничку радиологију и рендгенографију), наведен је под бр. 23 Физички институт, коме је управник био Д. Јовановић, асистент Павле Савић и асистент дневничар др Никола Златаров.

Што се тиче наставе физике, иако се очекивало да је Д. Јовановић преузме одмах по избору, она је одржавана све до 1932. на Филозофском факултету. Како је настава физике тамо изгледала? Филозофски факултет је од 1873, док је још био део Велике школе, био подељен на Филолошко-историјски и Природно-математички одсек. У саставу Природно-математичког одсека била је Катедра за физику са Физичким институтом. Задатак Филозофског факултета је био да спрема наставнике за гимназије. Наставни планови садржали су главни, помоћни и споредни предмет, а од споредних неки су били обавезни а неки изборни. Планом из 1911. главни предмет на Катедри физике била је Експериментална физика, помоћни предмет Физичка хемија, од споредних Основи више математике, и по избору Хемија или Метеорологија или Минералологија. У периоду 1905–1913. на Катедри експерименталне физике проф. Ђорђе Станојевић је држао наставу из Физике I – енергетику, статику, кинетику и акустику, из Физике II – топлоту, светлост, магнетизам и електрицитет, а Милорад Поповић (доцент од 1906) специјалне курсеве: електростатику, електродинамику, математичку теорију магнетизма и електрицитета. За време Првог светског рата није било наставе, а и Физички завод је демолиран. Провизорна настава је после рата почела у априлу 1919, али је нормализована тек од 1923/24. После смрти Ђ. Станојевића 1921, Милорад Поповић није више држао специјалне курсеве због великих обавеза са курсом експерименталне физике на Филозофском, Медицинском и Техничком факултету.

Главни уџбеник био је његов превод књиге *Lehrbuch of Experimentalphysik*, од Eugene von Lommel-a (издавач Walter König), која је дуго била и једини уџбеник физике на Београдском универзитету, а генерацијама средњошколаца служио је његов уџбеник средњошколске физике. Године 1928/29. за доцента је изабран Сретен Шљивић, који је држао специјалне курсеве, а после смрти Поповића 1932. преузео је курс експерименталне физике на Филозофском, Техничком, Пољопривредно-шумарском и Медицинском факултету.

Из распореда часова за прву годину студената медицине за школску 1924/25. (страна 225 Хронике МФ) види се да су предавања из физике под називом Експериментална физика одржавана сваког дана од понедељка до петка од 11 до 12 h. Упоредо са предавањима рађене су вежбе. Студенти медицине морали су да користе уџбенике и практикуме студената Филозофског факултета.



Сл. 14. Д. Јовановић у канцеларији Института за радиологију и физику 1933. године

Услови да се настава физике за медицинаре дислоцира са Филозофског факултета у овај Институт стекли су се тек од 1932, после смрти професора Милорада Поповића. Те исте године Институт је преименован у Институт за радиологију и физику, а од 1939. зове се Институт за физику Медицинског факултета. Поред шефа Драгољуба Јовановића, на раду у Институту се налазио од почетка Никола Златаров асистент-дневничар. Године 1929. додат је овом Институту на рад Братислав Деметровић, који је претходно радио као гимназијски професор. На молбу краљу Александру I за отварање једног асистентског места, која му је услишена, 1933. Д. Јовановић је примио за асистента Павла Савића, који се као члан Института води између 1933. и 1939.¹¹

Од 1932, када је настава физике за студенте медицине пребачена у Институт за радиологију и физику, под пуну надлежност проф. Д. Јовановића, он је располагао са пет просторија од којих је једна служила за држање радијума и инструмената са њим у вези. Наиме, 1930. Физичко-хемијска секција Института за радиотерапију Државне опште болнице, у којој су се до тада чували препарати радијума, придодата је Институту за радиологију, под надлежност директора Д. Јовановића.

После преласка наставе физике у надлежност Института, курсу физике придодате су лекције из радиологије.

¹¹ По препоруци Д. Јовановића, П. Савић је период 1935–1939 провео у Институту за радијум, где је радио на проблемима вештачке радиоактивности под руководством Ирене Кири (Irene Joliot Currie, 1897–1956), и постао је други славни српски радиохемичар. Резултати П. Савића са Иреном Кири су непосредно претходили открићу нуклеарне фисије.



Сл. 15. Зграда Института за физиологију и хистологију пре Другог светског рата – локација Института за радиологију и физику Медицинског факултета од 1935. године

Осим наставе, која је чинила битну делатност Института, циљ је био и развој радиологије и радијационих наука, које су тада биле важне гране физике.

Према писању *Полијике* од 18. новембра 1932. под насловом „Шест месеци радијум-терапије у Београду“, доста афирмативно је описана метода озрачивања пацијената помоћу радијумских игала, већ у то време практикована у третирању канцера на око 540 пацијената у Институту за радиотерапију Државне опште болнице. Како је уопште радијум стигао у Београд? У чланку се помиње да је проф. Д. Јовановић пре неколико година донео радијум кога је Српска влада купила у Чехословачкој, и чувао га у свом Институту, док лекари у мају 1932. нису почели да га примењују за терапију. Ову нову врсту терапије је за потребе Медицинског факултета требало истраживати и усавршавати.

У оквиру делатности Института била су и испитивања радиоактивности у бањама, Нишкој, Соко бањи и бањи Топуско.

Институт је пресељен 1935. у зграду Института за физиологију и хистологију, где је добио више простора. Две године касније преименован је у Институт за физику Медицинског факултета, и тај назив је задржао до 1977, када је добио своје садашње име Институт за биофизику Медицинског факултета.

У Хроници МФ на страни 282, у листи од 33 института и клинике у години 1940/41, наводи се Физички институт, коме је управник био редовни професор Д. Јовановић.

До Другог светског рата, две лабораторије Института биле су намењене студентским вежбама, а неколико за истраживачки рад. Од важнијих инструмената коришћених за истраживачки рад ту се налазио рендгенски спектрограф купљен уз помоћ Рокфелерове фондације и дијагностички рендген апарат. Затим, ту је био микрокалориметар, апарат за испитивање радиоактивности вода, и апарат за издвајање племених гасова из ваздуха, сви конструисани од стране Д. Јовановића. Било је још и ситније опреме: електромагнет, кварцни пиезометар и прецизни галванометар, ...

Настава физике у организацији Д. Јовановића била је континуитет наставе Експерименталне физике са Филозофског факултета. Осим предавања, држане су вежбе, које по структури одговарају општим курсевима физике за студенте којима је ово општеобразовни предмет. О озбиљности овог курса може се судити из програма које су студенти радили као допуна предавањима, а који је укључивао чак 37 вежби.¹²

Скоро комплетан списак тих вежби (а укључивао је основна физичка мерења из области агрегатних стања, акустике, оптике, електростатике, једносмерне електричне струје, термодинамике) радили су у послератном периоду и раде и данас студенти физике. Из радиоактивности, у програму је било одређивање коефицијента апсорпције радиоактивног зрачења у олову и бакру, као и демонстрација рендгенског зрачења.

О броју студената који су пролазили курс у почетним годинама рада Института може се просуђивати на основу записника о успеху студената у периоду 1932–1935:

Школска год.	Одустало		П о л о ж и л о с а					
			5 6		7	8	9	10
1931/32.	м. ж.	7	8 3	23 9	13 4	12 4	3 2	6 1
1932/ 33.	м. ж.	8 2	16 6	13 10	33 10	6 2	7 3	8 5
1933/34.	м. ж.	35 7	27 16	41 15	11 4	11 2	5 3	6 1
1934/35.	м. ж.	49	26 4	34 13	8 1	8 1	5 1	9

¹² Медицински факултет Универзитета у Београду 1920–1935, изд. Медицински факултет Београд 1935, стр. 18–20.

Захваљујући залагању Д. Јовановића, и познавању светских трендова у физици, Институт је имао библиотеку и примао седам страних часописа.

Драги Јовановић је 1939. изабран за редовног професора физике (247. страна Хронике МФ). На стр. 284 Хронике МФ стоји податак да је у Медицинском прегледу за 1940. наведено да је ванредни професор радиологије Драгољуб Јовановић одржао приступно предавање под насловом „Прогрес физике за последњих 30 година“.

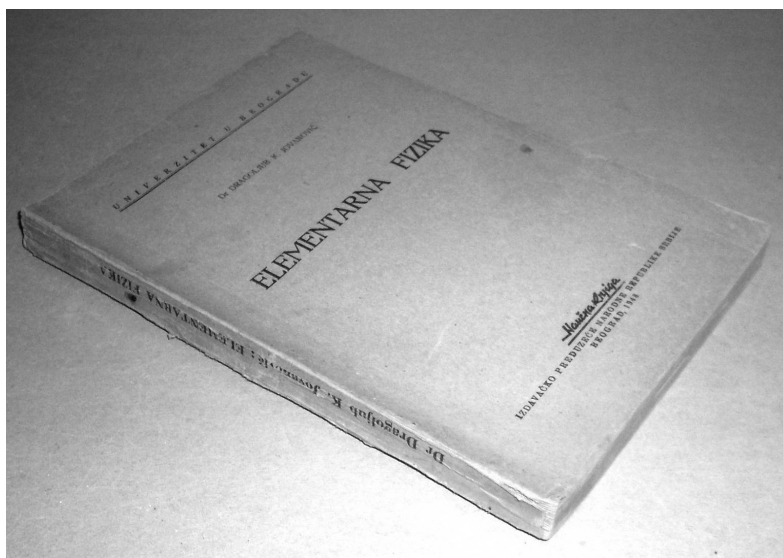
ДРУГИ СВЕТСКИ РАТ И ПОСЛЕРАТНИ ПЕРИОД

У току априлског бомбардовања 1941. Институт за физику Медицинског факултета је разорен и изгорео у пожару. Активности Универзитета готово су обустављене под окупационом влашћу, уз сталан прогон наставника за које се сумњало да нису наклоњени властима. Настава готово није одржавана, осим повремено организованих дипломских испита. На стр. 302 Хронике МФ пише да је Д. Јовановић одведен у Бањички логор 5. новембра 1941. У одсуству и минималних услова за рад у настави Д. Јовановић је до ослобођења Београда провео у Соко Бањи.

По ослобођењу, враћен је на посао на Београдски универзитет. О повратку постоји следећа забелешка (монографија С. Јовановић): Почетком новембра 1944, дошла су у Соко Бању кола по њега и професора психологије Борислава Стевановића, који је такође године рата провео у Соко Бањи, да би се укључили у рад Комисије за обнову Универзитета, коју је 1. новембра 1944. основао Народно-ослободилачки одбор Србије. Комисија је требало да процени стање, води послове и предузме мере за обнову Универзитета, пошто су одлуком НОО Србије суспендовани чланови руководства Универзитета који су водили Универзитет у условима окупације.

После ослобођења, остаци опреме Института за физику Медицинског факултета премештени су 1945. у Институт за физичку хемију Природно-математичког факултета (ПМФ) уз сагласност директора П. Савића. Када је опрема, такође, разрушеног Института за физику Филозофског факултета, а привремено смештена у просторије Правног факултета, враћена у своје просторије обновљене после бомбардовања, инвентар Института за физику Медицинског факултета премештен је у једну просторију овог обновљеног Института.

Драги Јовановић је 26. јуна 1945. наставио у новим, послератним околностима наставу физике за студенте Медицинског факултета. Међутим, у годинама непосредно после рата Институт за физику Медицинског факултета није функционисао, те због тога није било услова да се настава



Сл. 16. Јовановићева Елементарна физика, издање 1948. године

физике одржава у његовим просторијама. Стога, од 1945. предавања за студенте медицине фармације и ветерине одржавана су заједно у свечаној сали Коларчевог универзитета, а вежбе по групама у виду демонстрација и консултација, у амфитеатрима Медицинског факултета, у време кад нису биле заузете другом наставом, док су испити обављани у просторијама Института за физику или физичку хемију ПМФ-а. На стр. 473 Хронике МФ стоји (др Срећко Недељковић, сећање) да је 1946. на првој години било уписано 1200 студената, и да је на првом часу предавања из физике, професор Д. Јовановић упозорио студенте да његов предмет не потцењују „ако желе да буду лекари, а не бербери“. Ради слушања предавања, студенти су били подељени у шест група, учило се из скрипата, није било услова за практичне вежбе. Због великог броја студената и недовољног броја асистената од 1945. су се обављали само усмени испити.

Из наставног плана прве године Медицинског факултета за школску 1949/50. (Хроника МФ, стр. 431), види се да је физика држана 6+2 часа у првом семестру, што значи да су поред предавања почеле да се држе и демонстрационе вежбе. Ово је био само део наставне активности проф. Јовановића на Медицинском факултету, пошто је исти обим наставе држао и студентима стоматологије.

Када је 1949. обновљена порушена зграда Института за физиологију и хистологију, Институт за физику Медицинског факултета у њој је

поново добио своје просторије, на првом спрату које су временом прошириване собама на другом спрату, али због недостатка финансија није освајао нове области науке. Опрема која је пре рата коришћена за студентске вежбе електронике и радиоактивности није се могла рестаурирати, нити је било средстава за набавку нове.

Д. Јовановић и Д. Кирић обновили су апаратуру за лабораторијско и теренско испитивање радиоактивности вода и научни рад се одвијао углавном у тим оквирима. Млађи сарадници су се касније оријентисали ка теоријској биофизици, математичком моделирању и биолошким системима. (Касније, 1977, је чак преименован у Институт за биофизику).

Услови за практичне вежбе из физике у Институту нису се поново стекли све до 1963/64. године, од када се испити поново састоје из усменог и практичног дела.

Наставним обавезама проф. Јовановића крајем 1945. придодате су нове обавезе. Наиме, 5. октобра 1945. изабран је и за продекана новооснованог Фармацеутског факултета, а 25. децембра 1945. због велике оскудице квалификованог наставног кадра, и за редовног професора физике на Катедри за физику Филозофског факултета. Због тога је на Медицинском факултету радио по уговору на одређено време, водећи рачуна и о обнови разрушеног Института за физику. На Филозофском факултету, (из кога се 1947. и формално издвојио Природно-математички факултет), био је 1946. постављен за шефа Катедре за физику. На катедри поред Д. Јовановића радили су још и др Сретен Шљивић (који је те године прешао из звања ванредног у звање редовног професора) и доцент др Витомир Павловић. До 1949. радили су по наставном плану физике из 1937/38, који је укључивао предмете: Физика, као главни предмет, Рационална механика и Теоријска физика као помоћни, а споредни Виша математика, Хемија и Метеорологија или Практична астрономија.

После промене наставних планова 1949. наставни план је укључивао предмете: Експериментална физика (општа физика I, општа физика II, електроника, осцилације и таласи, радиоактивност и физика језгра, и специјални курс оптике), Теоријска физика (теоријска механика, теорија електрицитета и магнетизма, статичка физика и увод у квантну механику), Физичка хемија (општи курс физичке хемије и атомистика), Математика (мат. I и II), Хемија (неорг. и орг.). Од тога Д. Јовановић је држао предмете општа физика II, радиоактивност и физика језгра и теоријска физика (осим теоријске механике), Шљивић општу физику I и специјални курс оптике, а доцент Павловић електронику, и осцилације и таласе.

И поред свих обавеза у настави, Д. Јовановић је сматрајући то као обавезу и помоћ студентима, стигао да напише неколико уџбеника. Године 1932. издао је уџбеник Основи радиологије (о раку), а 1940, Елементи

физике, оба за студенте медицине и стоматологије. Уџбеник Елементарне физике написао је 1946. године, и он је доживео још два издања, 1948. и 1952. године. У наставку наведен је садржај издања из 1948. (Научна књига, Београд), из кога се види да се ради о уџбенику који би без великих модификација, уз мала термилошка усавршавања (нпр. зрачна топлота → инфрацрвено зрачење), могао и данас да се користи као општеобразовни уџбеник физике.

Садржај уџбеника Елементарна физика (издања од 1948, са назначеним бројем страна):

Увод (5–11)

Механика (12–17): а) Статика чврстих тела 18–24; б) Кинетика (динамика) чврстих тела (24–38)

Механика течних и гасовитих тела (39–54): а) Статика течних и гасовитих тела: 1) Статика нестишљивих течности (39–42) и 2) Статика гасова (42–45); б) Динамика течних и гасовитих тела (45–48); ц) Таласно кретање (49–54)

Молекуларне појаве (56–62)

Акустика (62–72)

Топлота: Мерење топлотног стања (температуре) (73–78); Калориметрија – специфичне топлоте (79–82); Термодинамика – механичка теорија топлоте (82–88); Промене агрегатног стања (89–96); Одвођење топлоте путем конвекције, спровођења и зрачења (97–98)

Електричне и магнетне појаве: Електростатика (99–126); Магнетичност (126–128); Дејство струје на магнете (129–136); Индукована магнетичност (137–138); Магнетна индукција (139–145); Електричне струје (145–164); Пондеромоторно дејство магнетног поља (166–168); Електромагнетна индукција (168–171); Наизменичне струје (172–181); Појаве које се објашњавају помоћу електронске теорије; Електрична спроводљивост гасова. Јони. Електрони (190–196); Динамоелектричне машине (196–199)

Радијације електромагнетне природе

Увод (201); Светлосна (оптичка) геометрија (203–222); Природа светлости изражена појавама апсорпције и трансформације (225–229); Природа светлости изражена појавом брзине простирања (230–232); Природа светлости изражена појавама интерференције и дифракције (233–243); Природа светлости изражена појавама поларизовања одбијањем и поларизовања двојним преламањем (244–248)

Електрични таласи (249–251)

Зрачна топлота (251–253): Теорија о светлосним квантима (251); Изотермичке радијације (252)

Основа модерне атомистике (Niels Bohr) (254–257)

Фотоелектрични феномен (А. Einstein) – Светлосни квант (258–264)

Ултраљубичасти зраци (265-267)

X-зраци (268-282)

Радиоактивност (М. и Р. Curie, Rutherford) (283-302)

Вештачка радиоактивност (I. Curie, F. Joliot) (302-314)

Осим горенаведених, 1948. објавио је уџбенике: Топлота и термодинамика I и II, и Теоријски основи електричних и магнетних појава; 1954. објавио је Основни курс физике, а 1955. уџбеник Основи теорије релативитета (специјалне и опште). Са др Драгицом Кирић написао је 1960. уџбеник Физика за медицинаре и стоматологе I, који је доживео још два издања 1962. и 1966, и на даље, 1961, уџбеник Физика за медицинаре и стоматологе II, који је поново издат и 1966.

У току Јовановићевог наставничког стажа на ПМФ-у, наставни планови студија физике су додатно пар пута мењани и допуњавани 1954, 1956. и 1958, што је отежавало континуитет наставе и захтевало додатно време за састанке и консултације. Нова промена наставног плана десила се 1961, али је проф. Јовановић те године пензионисан као наставник ПМФ-а, са напуњених 70 година живота. Међутим, наставио је да ради на Медицинском факултету до 1967, као хонорарни професор, односно до 1964, као директор Института за физику Медицинског факултета. Од 26. марта 1964. на месту директора Института за физику заменила га је др Драгица Кирић. На Стоматолошком факултету је држао физику од 1948. до 1968. Година пензионисања на ПМФ-у, 1961, позната је и по томе што је настава природних наука тада пресељена из зграде Филозофског факултета у Капетан Мишином здању, у новоизграђену зграду Природно-математичког факултета, на данашњој адреси Студентски трг 12-16, тако да је последња предавања одржао у новом амфитеатру студијске групе за физику.

Настава је за проф. Јовановића била светиња, и никаква болест нити друге околности нису га спречавали да редовно долази на часове, а увек добро расположен и склон духовитим опаскама. Колико је проф. Јовановић био поштован и омиљен код студената и сарадника сведочи свечани испраћај какав се не памти да је некеме организован, кога му је приредила генерација студената којој је до 1960. држао двогодишњи курс физике. Наиме када је као по обичају, 28. маја дошао на последњи час тој генерацији, затекао је катедру покривену великим белим чаршавом, на којој се истицала ваза са цвећем, а испред њега је била књига, на чијој је унутрашњој корици било исписано неколико реченица захвалности њему као професору, а испод тога потписи свих студената генерације којима је тог дана држао час. Иако са напором од узбуђења, одржао је час до краја, а по изласку из амфитеатра студенткињама је поделио цвеће из свог букета. Испред зграде факултета су га, опет у организацији студената, сачека-



Сл. 17. После последњег часа физике летњег семестра 1960. (28. мај 1960)

ли фотограф и новинар листа *Време*, који су о догађају написали чланак у броју од 29. маја 1960. Слика 17 је копија слике објављене у новинама.

Послератне наставне обавезе проф. Јовановића тешко су замисливе са данашњег становишта о оптерећености наставника, али он их је стоички издржавао око две деценије после ослобођења.

О радној атмосфери скоро деценију после ослобођења један од бивших студената медицине, у чланку у *Полицици* „Популизам и високо школство“ од 21. марта 2014, се сећа: „...1953. године, студенти су се бунили због ограниченог броја кандидата којима је био дозвољен упис на студије медицине (*Numerus clausus*). Тим поводом је недодирљиви Моша Пијаде, тада члан ужег државног руководства, изјавио: ’Ко то не дозвољава младим људима да се упишу на факултет и студирају оно што желе?’ Тако су се 1954. године на Медицински факултет уписала 1394 студента. Међутим, од 1394 уписана студента, у јунском року је све испите прве године положило свега нас тридесет седам. Са онима што су годину ликвидирали у септембарском року и заосталим од претходне године, на другу годину се уписало нас две стотине. Тако је спроведена селекција.“

О радној атмосфери такође сведочи писмо др Драгице Кирић (управника Института за физику Медицинског факултета) од 26. септембра 1966, које гласи (монографија С. Јовановић):

„Ми смо сада у сезони испита и имамо доста посла, иако је ово само поправни рок у односу на јунски када смо имали 600, и око 400 на Стоматолошком, дакле око 1000 студената. Срећа да нису сви изишли, али сад их зато има преко 200. Осим тога имали смо и пријемне испите (око 1100

кандидата) које смо завршили још пре Професоровог повратка из бање, тако да су остали само пријемни на Стоматолошком (око 800 кандидата). Требало је све то прегледати и оценити! Треба укупно да се прими око 750, уколико не повећају број, као што се обично ради. Као што видите, богати смо студентима, па према томе и са послом.“

У писму породици од 14. јуна 1958, Драгољуб Јовановић је написао (монографија С. Јовановић):

„Све од 25. маја па до данас, а и данас такође, био сам на испитима. Одем од куће у 7:30 а вратим се увече у 21:30. Испитао сам до сада око хиљаду кандидата. Стога ми је глава пуна физике, као и паметних, смешних и глупих одговора.“

У Хроници МФ, проф. Снежана Вељковић је проценила да је од 1937. до 1968. када је Д. Јовановић престао да држи наставу физике, на Медицинском факултету дипломирало 10729 студената, што значи да је најмање толико студената код њега положило физику. Томе треба придодати и студенте фармације, ветерине и стоматологије, а од 1945. до 1961. и студенте физике.

У књизи *Српска академија наука и уметности и развој науке и уметности у Срба*, академик Стеван Коички¹³ сугерише да је начин на који је Д. Јовановић враћен у Србију неправда према Д. Јовановићу као и према развоју физике, која је отклоњена тек са ~20-годишњим закашњењем, његовим избором за шефа Катедре за физику и управника Института за физику ПМФ. Према Коичком, „Драгољуб Јовановић ће остати запамћен као пионир наше модерне физике. Многим генерацијама наших физичара он је више осликао контуре ове науке него што је био у могућности да их у њу уведе. Због свог бујног темперамента можда није успео у довољној мери да искористи све шансе које су пружали један универзитет, један моћан физички институт који је растао надхват руке и, најзад, чланство у Српској академији наука.“ Овим аутор индиректно критикује след догађаја који су Д. Јовановића одвели на нематични факултет, међу студенте који су му бројношћу одузимали доста времена а били оријентисани ка другим научним областима, уместо да је од почетка радио са студентима и колегама директно окренутим ка физици, што би омогућило да свој несумњив таленат боље искористи у корист физике. Међутим, нема докумената који би указали да је сам проф. Јовановић пожелео да било шта мења у начину на који је провео свој живот, штавише, изгледао је врло задовољан њиме.

¹³ Стеван Коички, *Развој физике код Срба*, у (уредник Никола Пантић) *Српска академија наука и уметности и развој науке и уметности у Срба*, књига 1, Природно-математичке, техничке и медицинске науке, САНУ 1989, стр. 63.

НАУЧНИ РАД

Везано само за период рада у Институту за радијум у Паризу, Д. Јовановић је објавио двадесетак радова у водећим светским часописима, највише у *C. R. de l'Acad. des Sciences*. Резимирајући постигнуте резултате у време најинтензивније активности, који су били на највишем нивоу тадашње истраживачке проблематике и експерименталне технике, треба нагласити да се радило о годинама које представљају завршни период класичног истраживања како у погледу методике, тако и проблематике природно радиоактивних елемената. Иза њега стајало је око тридесет година од проналаска радиоактивних појава и врло интензивна истраживања у том, релативно уском, домену природно радиоактивних елемената. Ипак остало је толико тога још неразјашњеног да је Јовановић обухватио запажен део неистраженог научног простора, укључујући ту и несигурност око порекла бета зрачења. Ту се подразумева Јовановићев допринос упознавању хемијских особина елемената из радиоактивне породице торијума, и мерења спектра енергија бета зрачења једног броја од њих, када су откривене многе до тада непознате спектралне линије, од којих су неке одговарале брзинама врло блиским светлости. Упоредо са класичним методом мерења коефицијента апсорпције радиоактивног зрачења у разним материјалима базираним на мерењу струје јонизације, Јовановић је увео нови, калориметријски метод, што је скупа допринело расветљавању енергетских стања атомских језгара и размера енергетских промена у нуклеарним трансформацијама природних радиоактивних елемената. Треба имати на уму да се ради о времену када су се, на достигнутом нивоу сазнања у области радиоактивности, отварала питања која су касније довела до нових теорија о структури атомског језгра, а за одговоре на та питања била је на располагању, иако за то време врхунска, ипак за новонарасле потребе неадекватна инструментација, са којом је требало много времена, труда и домишљатости да би се до поузданих научно заснованих одговора дошло, али у томе је и њихова величина и значај.

У *Handbuch der Experimental – Physik* Wien–Harmsa, Т. XV, Radioaktivitat, под редакцијом К. W. F. Kohlrausch-а наведени су сви објављени радови Д. Јовановића из тог периода. То сведочи о његовом високом реномеу. Његови резултати побудили су својевремено велико интересовање и били су коришћени од многих других истраживача у области спектроскопије бета зрачења.

Нови велики догађаји у радиохемији одиграли су се по повратку Јовановића у Југославију, када се нашао у врло оскудним условима под којима је доста отежано следио оновремени напредак у физици, али се својски трудио да га следи у оквиру могућности. У време његовог рада на

Медицинском факултету у свету науке уследио је важан период (1934–1945), обележен открићем Џејмса Чедвика (James Chadwick, 1891–1974) из 1932, да озрачивањем берилијума алфа честицама настају неутрони, и открићем Енрика Фермија (Enrico Fermi, 1901–1954) да бомбардовање неутронима доводи до вештачке трансформације елемената. За овај период карактеристично је добијање, концентрација и одвајање вештачки створених радиоизотопа, насталих бомбардовањем неутронима. Од средине 1930-тих брзо се развијала примењена радиохемија у виду метода радиоактивних обележивача. У овом периоду су се у Институту за радијум посебно истакли Фредерик Жолио-Кири (Frederic Joliot-Curie, 1900–1958) и његова жена Ирена Кири, чији су радови, уз учешће Јовановићевог бившег асистента и наследника у радиохемијским истраживањима, Павла Савића, представљали увод у откриће нуклеарне физике.

Период после 1945. је период развоја радиохемије кроз употребу циклотрона и нуклеарних реактора. У том периоду откривени су вештачки елементи, прометијум и трансурани редног броја 93 до 105. Разрађене су методе производње нуклеарног горива, одвајање плутонијума, и рециклирање истрошеног нуклеарног горива. Развијена је хемија позитрона, миона. Екстракционе и хроматографске методе постале су посебно значајне у радиохемији. Радиохемијске методе коришћене су за решавање разних кинетичких и аналитичких проблема у хемији.

Искуства из периода рада у Институту за радијум помогла су Јовановићу да одмах по доласку у Београд, у условима које је највећим делом лично, прецизније речено – својеручно, обезбеђивао, и уз гомилу наставних обавеза успевао да прати текућа достигнућа у физици у свету и континуирано публикује научне радове, укључујући и обучавајући нове сараднике, и отварајући код нас нове истраживачке области. Нарочито треба истаћи пионирске радове, са сарадницима са Медицинског факултета, у области утицаја зрачења на живе организме, што је било од великог значаја у развоју тада слабо познате методологије примене радиоактивних препарата у лечењу малигнух обољења. Дао је такође значајан допринос изучавању радиоактивности вода у бањским лечилиштима широм Југославије. Публиковао је и радове о унутармолекулским интеракцијама алфа зрачења и протона у металним хидридима, сцитилацијама кристалохидрата приликом хидратисања, Холовом ефекту у металним фолијама, итд.

Као ентузијаста и заљубљеник у науку, написао је и знатан број публикација научно-популарног карактера о тада актуелним фундаменталним питањима развоја науке.

У наставку, кроз нешто детаљнији осврт на садржај публикованих радова, дат је кратак приказ његових научних достигнућа. Бројеви којим

су у тексту означене публикације поклапају са њиховим поретком у Библиографији датој на крају овог текста.

Научни опус Д. Јовановића је, условно, ради лакшег приказивања, класификован у следећих неколико области (чиме ипак, због разноликости проблематика, није обухваћен један број радова (43, 46, 52, 55) који се односе на магнетне карактеристике разних супстанци и Холов ефекат):

1. Изоловање и испитивање хемијских особина $MsTh-2$ (1, 2, 8, 16)
2. Мерење брзине бета зрака скретањем у магнетном пољу (4, 5, 6, 10, 15)
3. Калориметријско мерење енергије извора радиоактивног зрачења и коефицијената апсорпције бета зрачења у разним материјалима (3, 7, 9, 11, 12, 13, 14, 17, 21, 41)
4. Утицај радиоактивног зрачења на живе организме (19, 23, 24, 26, 27, 34)
5. Мерење радиоактивности вода (20, 22, 25, 56, 59)
6. Интрамолекулске реакције са учешћем радиоактивног и видљивог зрачења (44, 46, 47, 48, 49, 50, 52, 53)
7. Популаризација науке (18, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 35, 40, 57).

Изоловање и испитивање хемијских особина $MsTh-2$ (1, 2, 8, 16)

Резултате тезе Д. Јовановића који се тичу сепарације и хемијских особина мезоторијума-2, (другог члана радиоактивне породице ^{232}Th) ради добијања у чистом стању, што је укључивало отклањање претходника (мезоторијума-1) у радиоактивном низу торијума, као и продуката његовог распада насталих у процесу сепарације, а довољно дугоживећих да су представљали проблеме приликом ових испитивања (радиоторијума, торијума В, торијума С) Д. Јовановић је описао у раду „О хемијским особинама мезоторијума-2“ (1), у виду истраживачке ноте, како је политика објављивања у том часопису захтевала, али је много опширнији преглед операција са експерименталним детаљима и теоријским извођењима публикувао у раду „Испитивања мезоторијума-2“ (8). Ови радови приказују детаље операција раздвајања елемената низа торијума које су довеле до врло практичног начина да се мезоторијум-2 добије у врло концентрованом стању.

Полазна сировина у овим радовима састојала се од раствора баријум хлорида, који садржи мезоторијум и радијум. Према правилу Фајанса (референца дата фуснотом⁴), талог који се формира од неке макрокомпо-

ненте раствора, може повући са собом присутан радио-елемент када аналогна комбинација таложног реагенса и соли овог радио-елемента такође даје нерастворан талог. Ото Хан је био први који је сталожиио мезоторијум-2 са цирконијум хидроксидом. У литератури су описана и таложења са гвожђем и алуминијумом. Пошто у литератури примењени поступци нису омогућавали добијање чистих соли радиоактивних елемената, јер се преципитацијом хидроксида са NH_4OH акумулирају амонијеве соли као и хидроксиди елемената носача, задатак рада је био да се пронађе метод за припрему активне соли у чистом стању. Испитивања су започета копреципитацијом помоћу BaCl_2 из концентрованих раствора хлороводоничне киселине, (којом је сузбијана растворљивост BaCl_2). Преципитат баријум хлорида повлачио је мезоторијум-1, торијум X и радијум, док је мезоторијум-2 остајао у раствору. Ако се ова таложења понављају неколико пута, сваки пут са паузама од 1-2 дана да би се у довољној мери акумулирао мезоторијум-2, коначно се у киселом раствору добије скоро чисти мезоторијум-2, који садржи врло мало баријума и нешто продуката властитог распадања. Да би се из тог раствора сталожиио сав мезоторијум-2, нпр. са солима Fe, Al или лантанида, било је пожељно уклонити његове продукте распадања. Први продукт распада MsTh-2 , радиоторијум, елиминисан је додавањем мало соли торијума који се онда таложи хидролизом после оксидације додатком H_2O_2 . Коначно торијум C и торијум B (даљи продукти распада MsTh-2) се копреципитују са неком соли олова и бизмута увођењем водоник сулфида.

Из раствора, мезоторијум-2 је повлачен различитим носачима и распоређиван у виду танких слојева на бронзаним киветама. Да ли је радиоактивност концентрисана у талогу или раствору, проверавано је уношењем сувих узорака у јонизациону комору где је простор за јонизацију био одвојен од дела са мезоторијумом-2 листом алуминијума чија је дебљина била довољна да заустави алфа зраке. Колекторска шипка јонизационе коморе је повезана са квадрантним електрометром. Наелектрисање скупљено колекторском шипком које је настало због јонизације атмосфере у комори радиоактивним зрачењем, неутралисано је оптерећивањем пиезоелектричног кристала кварца да би се скретање електрометра одржавало фиксним, и на тај начин је то наелектрисање и мерено.

Урађене су фракционе преципитације оксалата, хидроксида и двоструких соли $\text{M}_2(\text{SO}_4)_3 \times \text{R}_2\text{SO}_4$ користећи као носаче елементе групе церијума. Мезоторијум-2, припремљен на претходно описан начин, мешан је са нитратима, односно сулфатима La, Pr, Nd и Sm. Сукцесивним преципитацијама формирано је неколико фракција у којима је испитиван садржај мезоторијума-2. Мезоторијум-2 је са La и Pr као носачима био

концентрисан у првим фракцијама, а са носачима Nd и Sm (тежим лантанидима) је концентрисан у последњим фракцијама, одакле је следило да су његова хемијска својства најближа лантану. Редовним фракционисањем двоструке соли ретке земље и амонијум-нитрата у присуству мезоторијума-2, увек се мезоторијум-2 акумулирао на страни лантана а смањен садржај био је на страни самаријума. Рачунато према радиоактивним трансформацијама торијума до MsTh-2, атомска тежина мезоторијума-2 је 228,12. Резултати испитивања хемијског понашања показали су да ова изотопска супстанца припада групи лантанида.

Добијање концентрованог мезоторијума-2 је надаље омогућило да се боље испитају енергије бета зрачења методом скретања у магнетном пољу, које је открило нове до тада непознате енергије (тј. нове линије магнетног спектра), и омогућило тачније одређивање времена полураспада.

У хемијске доприносе радиохемији спада и рад „О хемијском одвајању радиоторијума“ (16). Рад описује изоловање радиоторијума – првог потомка распада мезоторијума-2, а публикован је 1927. на српском језику у загребачком часопису *Архив за хемију и фармацију*. Касније (19, 25) ова метода је коришћена за добијање радиоторијума за медицинска истраживања.

У област доприноса Д. Јовановића хемији радиоактивних елемената спада и откриће начина да се обезбеди стабилан стандард за релативна поређења интензитета зрачења радиоактивних препарата (2). Коаутор на том раду, Катрин Шами (Catherine Chamié, 1888–1950) је рођена у Одеси у Русији, а докторирала је физику на Женевском универзитету у Швајцарској. У Институту за радијум је радила у периоду 1921–1949. као асистенткиња Марије Кири. Умрла је прерано због слабе заштите од зрачења. До објаве ове студије се као стандард користио радон који се формирао у раствору радијумове соли познате концентрације, а активности су мере не посредством количине наелектрисања које зрачење произведе у ваздуху унутар јонизационе коморе повезане са електроскопом. Течни раствори били су нестабилни због грађења колоида и њихове адсорпције на зидовима посуде због чега је било тешкоћа да се настали радон потпуно испере струјом инертног гаса. Аутори су као одговор на те проблеме припремили хомогену смесу баријум карбоната и радијума, копреципитацијом из раствора баријумове и радијумове соли. Та чврста смеша могла се лако растворити у киселинама па се тако могао лако да произведе свеж раствор стандардне радиоактивности управо када је то било потребно. Тиме је тачност релативних мерења активности радиоактивних извора доведена на висок ниво од 0,5%. Тај активни комплекс касније се ко-

ристио и у другим земљама (Белгији, Норвешкој). Марија Кири, по сопственим речима, користила се резултатима изнетим у тези Јовановића о мезоторијуму-2 при изради еталона за потребе интернационалног промета радиоактивних извора, што је још један пример високог признања Јовановићевом раду.

У склопу рада на докторској тези Јовановић је налазио у фракцијама двојних соли употребљених за копреципитацију MsTh-2 из водених раствора узорке са понешто различитим периодима полураспада (односно нагибима кривих логаритам активности у функцији времена), при чему су времена полураспада била краћа у растворљивијим него у мање растворним фракцијама, међутим, то је сматрао за последицу експерименталне грешке. Обновљен интерес за ово показао је доста касније, у вези са проналаском истоврсних изотопа са различитим енергетским садржајем језгра – названих нуклеарним изомерима. О тим појавама писао је после Другог светског рата, у *Гласу САН* (42, 44). Рад „Мерење коефицијента апсорпције бета и гама зрака из препарата MsTh-2 фракционо искристалисалих са ретким земљама“ (42) одсликава велики напредак у познавању механизма интеракције радиоактивног зрачења са разним материјалима достигнут у свету у периоду 1921–1951, укључујући и такве који доводе до екситације језгара и нуклеарних трансформација, као и суочавање са чињеницом да чак и језгра идентичних изотопа могу да се разликују по енергетском садржају и која су добили назив изомери. Сврха рада била је да се испита да ли постоји разлика у начину распада различитих фракција MsTh-2 повучених копреципитацијом са лантанидима као последица изомерије. Разлике су тражене мерењем апсорпције бета (покривањем извора тањим фолијама Al , \sim око 3 mm) и гама зрачења покривањем плочицама Al дебљине до око 3 cm), уз мерење струје јонизације електроскопом. Разлика би могла да укаже да се у различитим фракцијама појављују различити изомери, а као илустрација, дат је графички приказ различитих енергетских стања MsTh-2 при бета распаду у свој први потомак – радиоторијум (^{228}Th). Међутим, тачност мерења електроскопом није била задовољавајућа за доношење уверљивих закључака. Стога је Јовановић са Н. Николићем у раду „Истраживања особина изомеризма језгра $^{89}\text{MsTh II}^{228}$ “ (44) поновио мерења истих препарата помоћу новог уређаја у коме је време полуживота мерено директно посредством јонизационе струје коју су производили радиоактивни извори у јонизационој комори, а струја је мерена помоћу цевног појачавача. Аутори сматрају да су измерене разлике у временима полураспада биле веће од могуће експерименталне грешке, тј. да указују на постојање изомера MsTh-2 .

*Мерење брзине бета зрака методом скретања
у магнетном пољу (4, 5, 6, 10, 15)*

Из дела тезе који се односио на енергетику бета зрачења мезоторијума-2 и његових радиоактивних потомака Д. Јовановић је објавио пет радова од којих четири (4, 5, 6, 15) у сарадњи са Жаном Деспином (Jean d'Espine, 1897–1930) и један (10) са Александруом Проком (Aleksandru Proca, 1897–1955). Жан Деспин је био Швајцарац, а у Институту за радијум радио је између 1922. и 1926. Услед слабог здравља, Деспин је морао да прекине своје истраживање и да се 1926. врати у Швајцарску, а умро је после четири године јуна 1930. у 33-ћој години. Прока је био румунски физичар који је студирао и радио у Француској. У Институт за радијум дошао је 1925. године и већ следеће године са Јовановићем објавио рад о бета зрацима ниске енергије $MsTh-2$. Прока је касније постао познати теоријски физичар.

У раду „О магнетном спектру бета зрака мезоторијума-2“ (4) под припремом узорка представљен је начин сепарације мезоторијума-2 описан детаљније у тези и раду (1). У односу на литературне податке о бета спектру мезоторијума-2, са мало мање интензивним извором, уз уложен труд да се добије боље дефинисан сноп зрачења тиме што је активни извор распоређен унутар дугачке уске алуминијумске капиларе, и смањењем магнетног скретања али суштински уз исту моћ разлагања, добили су у спектру, поред свих раније публикованих линија, још и нових 10 линија и јасније ограничену траку континуума, у којој се назирало неколико максимума. Спектар је сниман на филмској траци смештеној на путу зрачења, тако да је уски прорез на оловној дијафрагми између извора и филма био оријентисан нормално на дужину траке филма. У спектру су биле видљиве, мада слабо, линије које одговарају бета зрацима чија брзина је веома близу брзини светлости. Спектар је по својој структури био врло сличан спектру бета зрака радијума. Мада је то за оно време било неизводљиво због недовољно података, аутори су покушали дискусију о одређивању енергетских нивоа језгра мезоторијума-2.

У раду „О магнетном спектру бета зрака мезоторијума-2 великих брзина“ (5) аутори описују методу којом су мерили брзину електрона, који су формирали две линије спектра врло брзих бета зрака мезоторијума-2, са најмањим скретањем у магнетном пољу. Полазећи од слабости уочених у раду (4), овде су применили побољшан уређај са хомогенијем магнетним пољем, као и јачи извор мезоторијума, који по јачини гама зрачења одговара активности 50 mg радијума. Тако су са већом дозом сигурности утврдили да спектар мезоторијума-2 заиста има две линије бета зрачења врло високих брзина, величине 0,998 и 0,985 делова брзине свет-

лости (што је било од великог теоријског значаја за будуће формирање модела структуре атомског језгра), као и да унутар континуалне траке о којој је већ реферисано у литератури¹⁴, егзистирају и дискретне линије.

Бета зраке великих брзина Јовановић и Деспин пронашли су и у тзв. активном талогу еманације торијума, што су описали у раду „О магнетном спектру бета зрака ThV + C великих брзина“. Излажући сребрну жицу на негативном потенцијалу радиоактивном гасу кога ослобађа врло концентрован препарат радиоторијума (кога је Јовановић посебно припремио за сврхе овог рада) тзв. торијумовој еманацији, или торону, који преко врло краткоживећег ThA прелази у нешто дужеживеће продукте ThV и ThC, добили су у виду депозита на жици довољно јак извор ThV+C, коме су одредили енергију бета зрачења скретањем у магнетном пољу. Аутори су потврдили постојање енергија којима одговара 0,955 и 0,970 фракције брзине светлости, које је претходно пронашла група немачких аутора¹⁴, али су нашли и линије 0,988 и 0,996 дакле бета зраке са брзинама још ближим брзини светлости.

У раду „О бета зрацима великих брзина из радиоактивних извора“ (15) аутори су проучавали брзе бета зраке неколико радиоактивних супстанци методом скретања у магнетном пољу. Они су показали зашто је употреба апарата са побољшањима методологије описана у раду (5), била нарочито корисна у овим испитивањима. Брзи бета зраци су детектовани за неколико извора означених према тадашњој терминологији са MsTh-2, ThV + C, RaV + C и RaE (прва два из торијумове а друга два из уранове серије елемената). За сваку од ових супстанци, резултати добијени са скретањем у магнетном пољу упоређени су са онима пронађеним другим експерименталним методама. Високе енергије коју су имали неки од ових зрака (на пример, 8.000.000 електронволти за MsTh-2) биле су истог реда величине као и енергија алфа зрака (нпр. алфа зраци ThC достижу 8.825.000 електронволти).

Са Прокаом у раду „О спорим бета зрацима мезоторијума-2“ (10) Јовановић је испитивао област спектра бета зракова мезоторијума-2 малих енергија, да би нашли доњу границу енергија. До тада се у литератури сматрало да се најниже енергије крећу негде око 38000 eV. За ова испитивања користили су врло стабилне електромагнете великог радијуса које је направио Прока, који су омогућили високу стабилност магнетног поља довољно дуго за потребе неколико сати дугих експозиција. У области енергија 49000 eV на ниже, нашли су 16 линија од којих је најнижа била чак 2880 eV. Између 10 и 30 KeV била је скоро тамна област, без детекта-

¹⁴ O. von Baeyer, O. Hahn, L. Meitner, 25 *Phys. Ztschr.*, 11, 488, 1910; 12, 273, 378, 1909–1911; 13, 264, 390, 485, 1912. *Berich. Jahrb Rad. u Elektr.*, 11, 66, 1914.

билних линија. Сугестија аутора је била да линије на 38,05 и 41,6 KeV потичу од фотоелектрона избачених са L_n и L_m нивоа интензивним гама зрацима енергије око 58,7 KeV.

Калориметријско мерење енергије емитоване извором зрачења и коефицијента адсорпције зрачења у разним материјалима (3, 7, 9, 11, 12, 13, 14, 17, 21, 41)

Јовановић је посветио више радова испитивању и мерењу топлоте ослобођене при апсорпцији радиоактивног зрачења у неком материјалу, на основу тада познате особине радиоактивних материјала да су у просеку топлији од околине. У раду „О уређају за мерење количине топлоте отпуштене из радиоактивних материјала“ (3) описао је микрокалориметар кога је конструисао за потребе прецизних калориметријских мерења.

Калориметар се, према слици и опису у датом раду, састојао од две идентичне Dewar-ове посуде, постављене у два суседна отвора у масивном гвозденом блоку. У сваку посуду је урођено 35 у круг распоређених врло танких термопарова бакар-константан, чији су други крајеви споља наслоњени на изолацију на носећем гвозденом блоку, а повезани у серију да би се појачао напонски сигнал проузрокован променом температуре. Систем термопарова у једној посуди је везан у опозицију са системом термопарова у другој посуди да би напон између њих био мера разлике температура. Радиоактивни материјал се спуштао у једну Dewar-ову посуду, а у другу се спуштао електрични грејач. Подешавањем јачине струје кроз грејач подешавано је да галванометар који мери разлику температура између два одељка константно показује нулти отклон. То је знак да је флуks топлоте кога отпушта радиоактивни материјал идентичан оном кога производи електрични грејач. Пошто се количина топлоте коју производи грејач може прецизно мерити као производ јачине струје, напона и времена, тиме се посредно могла прецизно мерити и количина топлоте у суседном Dewar-овом суду са радиоактивним материјалом. Овај апарат био је врло осетљив, што се види из податка да је њиме могао да се мери флуks топлоте од само 0,05 калорија на сат. Тај инструмент се осим за мерење топлоте радиоактивних материјала, могао користити и за мерење ослобађања топлоте у хемијским и биолошким процесима.

Пошто се према истраживањима М. Кири, распадом радијума стварао полонијум, који је био знатно јачи емитер топлоте од радијума, у раду „О вишку топлоте из узорака радијума због формирања полонијума“ (7). Јовановић је у сарадњи са Маријом Кири разрадио идеју да се из пораста флуksа топлоте препарата радијума одреди старост препарата. У мерењи-



Сл. 18. Д. Јовановић (десно) и сарадници Александру Прока и Алисја Дорабијалска, у Институту за радијум 1925. године

ма коришћен је калориметар описан у раду (3). На основу количине енергије које испуштају четири продукта распада радијума, израчунали су да 1 грам радијума произведе 127,4 калорија на сат. Вишак топлоте пронађен у старијим препаратима приписан је спонтаном настанку полонијума. Аутори су користили теорију дезинтеграције радиоактивних супстанци да би објаснили овај вишак. Теоријски је предвиђено да би за 16.75 година флуks топлоте из узорка радијума требало да порасте за 11%. Користећи калориметријска мерења аутори су открили да су се резултати експеримента сложили са њиховим теоријским прорачунима. Са истим методом аутори су потврдили да је време полураспада радијума 1.600 година. У време када је рад објављен описани калориметар се користио за стандардизацију радиоактивних препарата путем отпуштања топлоте.

Јовановић је у сарадњи са Пољакињом Алисјом Дорабијалском (Alisja Dorabialska, 1897–1975) разрадио идеју да се калориметрија употреби за испитивање коефицијента апсорпције радиоактивног зрачења у разним материјалима, као алтернативу дотадашњим мерењима помоћу јонизационе коморе. Алисја Дорабијалска (слика 18) је у Институт за радијум дошла на позив Марије Кири 1925. са Варшавског универзитета, где је била доцент на Катедри за физичку хемију. У Институту за радијум је провела академску 1925. и 1926. годину. (У Пољској је 1945. постала шеф Катедре за физичку хемију на Техничком универзитету у Лођу). У периоду 1926–1927. Дорабијалска и Јовановић објавили су заједно четири рада на поменутој тему (9, 11, 13, 14).

У истраживањима описаним у ноти „О новој методи мерења апсорпције бета и гама зрачења радиоактивних супстанци“ (9) која је у детаљнијем виду приказана у раду „Испитивање топлоте зрачења радијума“

(11), узорак радијума, који је иначе алфа емитер, аутори су умотавали у фолије Al, Cu и Pb различите дебљине и мерили топлотни флуks у функцији дебљине. Суштина мерења састојала се у томе, да мерена топлотна енергија потиче од зрачења које се задржи у облогама, док она фракција коју носи продорније зрачење не бива апсорбована и одлази у околину, не утичући на мерени флуks топлоте. Стога је са порастом дебљине растао топлотни флуks по експоненцијалној кривој, до платоа, чија појава је била знак да је сво зрачење које је могуће задржати апсорбовано у омотачу. Без омотача, измерен је флуks од 129 калорија на сат, што је приписано алфа зрачењу које се због мале продорности потпуно зауставља већ слојем ваздуха у калориметру. Део енергије који се ослобађа као секундарно бета зрачење, уз употребу омота растуће дебљине, региструје се као експоненцијалан раст флуksа изнад фиксних 129 кал/сат, до преласка у плато. Плато за олово био је већи од платоа за алуминијум или бакар, јер олово задржава већу фракцију (најпродорнијег) гама зрачења од лаких елемената.

У ноти „Топлотни ефект бета и гама зрачења радиоторијума“ (13), приказаној у опширном виду у раду „О топлоти зрачења радиоторијума“ (14) аутори су калориметријску методологију описану у раду (11) употребили за мерење коефицијента апсорпције бета зрачења у различитим материјалима, користећи јак извор радиоторијума. Извор је затворен у стаклену цевчицу дугу 20 mm широку 3 mm, која је сукцесивно покривана фолијама Al, Cu и Pb, и мерено је повећање топлотног флуksа (сразмерног количини топлоте задржане у материјалу) у функцији масене дебљине металне фолије (mg/cm^2). Криве за сва три метала, полазећи од фиксне вредности приписане алфа зрачењу, показивале су стрм почетни принос калорија у јединици времена и скоро раван плато у касној фази. Екстраполацијом пресека ова два дела израчунаван је коефицијент апсорпције. За алуминијум одређен је просечан масени коефицијент апсорпције бета зрака од $38,3 \text{ mg}/\text{cm}^2$.

Сажетак калориметријске методе мерења апсорпције бета зрачења Д. Јовановић је објавио у загребачком часопису *Архив за хемију и фармацију* 1926 (12).

По повратку из Париза Јовановић је у Институту за радиологију и физику направио компензациони микрокалориметар по угледу на онај са којим је радио у Паризу. То је у том моменту био и једини апарат који је могао да послужи за истраживачке сврхе. Међутим, извори са којима је располагао – ампуле за лечење оболелих од рака (игле са радијум-бромидом), које је позајмљивао из Патолошког института Медицинског факултета, били су недовољне јачине за довољно тачна мерења. И у таквим околностима, у сарадњи са својим тадашњим асистентом Павлом Са-

вићем, објавио је 1931. последњи рад из ове серије „О калориметријској студији апсорпције зрачења радијума“ (21). Медицинске ампуле са радијумом обавијали су фолијама Рb, Ag и Cu контролисане дебљине. Нашли су да криве топлотног флукса у функцији масене дебљине теже да достигну плато. За олово су имале правилан конвексан почетни ток, док су за лаке елементе Ag и Cu имале комплексан ток s-облика.

Утицај радиоактивног зрачења на живе организме (19, 22, 23, 24, 25, 27, 34)

По повратку у Србију, а у складу са очекивањима декана Медицинског факултета да Институт за радиологију и физику постане центар за примену нових сазнања о радиоактивности у медицинским истраживањима, Д. Јовановић се са групом лекара-наставника Медицинског факултета, првенствено патолозима проф. Ђ. Јоанновићем и Ксенофоном Шаховићем, укључио у истраживања утицаја радиоактивног зрачења на живе организме. У то време била су то и у светским размерама пионирска истраживања пошто је постајало све уочљивије да радиоактивне супстанце могу да буду врло штетне по организам ако се не користе у мери у којој је то строго научно испитано и образложено.

У раду из 1930. „Експериментална истраживања о дејству радиоторијума“ (19) Ђ. Јоанновић, Д. Јовановић и К. Шаховић, испитивали су дејство алфа емитера радиоторијума (^{228}Th) на покусне зечева, убризгавањем раствора радиоактивног препарата у крвоток. Аутори, држећи се методологије објављене у реф. (16) прво описују добијање препарата радиоторијума из смесе мезоторијума-1 (^{228}Ra) и BaCl_2 , тако што је три пута поновљено таложње баријум хлорида из концентроване HCl , који повлачи мезоторијум-1 и остале продукте сличне по особинама са земноалкалним металима (ThX), а у раствору остаје радиоторијум. Талог добијен после упаравања раствора је растворен у физиолошком раствору, чија активност је преконтролисана помоћу брзине разелектрисавања електрометра. После смрти животиња (после 7 дана са јачом, односно 14 дана са слабијом дозом) испитивана је расподела радиоактивности по органима, према методи радиографије која је већ примењивана у литератури. Микроскопски пресеци добијени из разних органа остављани су на фотографској плочи у мраку током неколико дана. Затим је фотографија развијана и посматрана слика интензитета и распореда осветљења. Добијена је идентична локализација која је претходно у литератури описана са

коришћењем препарата полонијума¹⁵. Истовремено описана су оштећења органа и дискутовани су случајеви да су оштећења понегде већа у деловима у којима концентрација радиоактивности није највећа.

Своја искуства из студије у раду (19), аутори су искористили за објављивање опширног прегледног рада „Радиоторијум и патолошки измењена ткива“ (23) у немачком медицинском часопису *Virchows Archiv* 1932.

Са професором Шаховићем (22) Јовановић је истраживао да ли постоји функционална веза између учестале гушавости становништва и радиоактивности воде. За потребе ове студије измерио је концентрацију радона у 74 извора питке воде, као што су врела, чесме, извори река и бунари у неколико региона јужне Србије. Студија није доказала да постоји веза између радиоактивности вода и гушавости локалног становништва.

Године 1932, у раду „О употреби радиоактивних тела у ауто-хисто-радиографији“ (24), (посвећеном успомени на недавно преминулог декана Медицинског факултета проф. Јоанновића) Д. Јовановић за методу детекције расподеле радиоактивности по органима описану у раду (19) уводи термин ауто-хисто-радиографија, описује њену примену у сврхе испитивања да ли радиоактивни елементи, будући да су у стању јона, пролазе кроз ћелијске опне у влакнасте ћелије мишићног ткива, убризгавајући препарат радиоторијума у аорту жабе. Међутим, испитивања су била ограниченог домета због јаке колоидне агломерације радиоторијума у растворима, која се манифестовала као врло нехомогена затамњења ауто-хисто-радиограма мишићног ткива.

У раду „Улога ретикуло-ендотелијарног система у фиксацији радиоторијума“ (25), К. Шаховић, Д. Јовановић и М. Вишњић, испитивали су да ли ћелије ретикулоендотелијарног система (чија је функција одстрањивање из организма страних тела и штетних супстанци) после блокаде апсорпцијом убризганог кармина, могу да апсорбују и радиоактивне елементе. Дозе кармина и раствора радиоторијума контролисане активности убризгаване су у псе и зечеве. Животиње су или жртвоване или после дужег времена умрле од радиоактивности, па су препарати њихових органа коришћени за добијање аутохисторадиограма. Сви аутохистограми показали су да је радиоторијум фиксиран у подједнаким количинама у органима чије неке ћелије припадају ретикуло-ендотелијалном систему, без обзира да ли је животињи претходно убризган кармин или

¹⁵ Ci. Régaud, et A. Lacassagne, *Radiophysiologie et radiotherapie*, Arch. Inst. du Radium et de la fondation Curie, I. № 1

не, чиме је показано да се везивање радиоактивног елемента не може спречити блокадом ретикулоендотелијарног система.

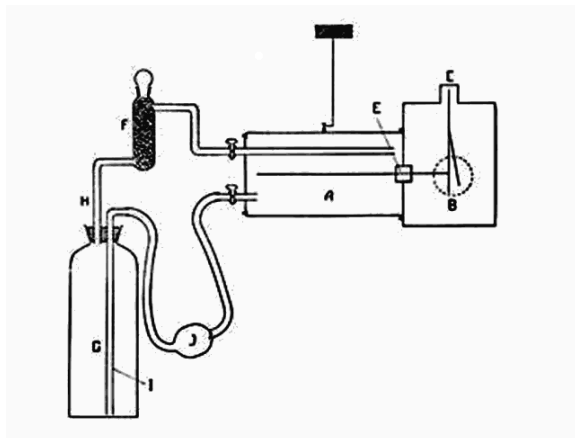
Дотадашња искуства о потенцијалном утицају радиоактивног зрачења на живи организам Јовановић је описао у раду *О физиолошкој дози и зрачној терапији са физичког становишта* (27).

У раду са Питовићем „Карактеристичне функције ендотелијских ћелија које се могу детектовати радиоелементима“ (34), Д. Јовановић је испитивао функционисање ендотелијарних ћелија на примеру њиховог утицаја на трансфер радиоактивног полонијума из крвотока у околна ткива. Радиографијом препарата ткива после убризгавања радиоактивног раствора у крвне судове жабе, констатовано је да се његова дифузија одвија кроз ендотелијска ткива која покривају унутрашњост крвних судова. Пошто су убризгани препарати садржавали колоидне растворе радиоелемената, на основу хомогеног затамњења радиограма показано је да ендотелијарно ткиво разбија колоидне агломерате. Међутим, колоидне мицеле полонијума поново су се формирале мало даље од зоне у којој су биле разорене. Стога, аутори закључују да ендотелне ћелије, чија је улога да заштите крвне судове, разлажу колоидне агломерације до слободних јона како би олакшали њихову елиминацију као страног тела убризганог у крв.

Мерење радиоактивности вода (20, 26, 60)

Убрзо по доласку у Институт за радиологију и физику Јовановић је направио један сложенији, фиксан, и један једноставнији, покретни уређај за испитивање радиоактивности вода, којима је обавио низ теренских и лабораторијских мерења радиоактивности вода из термалних и бањских извора, па је већ 1931. објавио рад под насловом „О радиоактивним водама Краљевине Југославије“ (20) у коме је описао оба ова уређаја. (Детаљан опис може се такође погледати у патентном спису кога је Јовановић поднео 1936 (60)). Принцип мерења може се приказати на примеру једноставнијег преносног уређаја приказаног на слици 19.

Испитивани узорак воде сипа се у испираницу. Гуменом пумпом ваздух се утискује у испираницу, повлачи радон, суши се кроз одељак са средством за сушење (фосфор пентоксидом, P_2O_5), и уводи у јонизациону комору. Јонизациона струја празни наелектрисан електроскоп. Брзина пражњења електроскопа калибрисана је претходно уношењем познате дозе радијума у јонизациону комору. На тај начин брзина пражњења електроскопа била је мерило интензитета зрачења дозе радона потиснуте из узорка воде у јонизациону комору. Овим мерењима биле су обухваћене воде Нишке бање и околине. У главном термалном извору нађено је



Сл. 19. Електрометар и јонизациона комора за мерење концентрације радона у води, осмишљен и направљен од стране Д. Јовановића. (Топуско 1930)

~3–8 nС по литру, а у бунару блиском главном извору измерено је чак 46 nС по литру што је била највећа активност бањских вода. На Копаонику, извор испод Сувог Рудишта показао је 29 nС по литру, у Сребреници, лековитом Губеровом врелу нађено је око 2 nС по литру, у изворима Врњачке, Матарушке и Соко Бање нађено је релативно мало 0–2 nС по литру.

Ради компарације, јединица 1С (један кири) је активност препарата у коме се догађа $3,7 \times 10^{10}$ нуклеарних трансформација у секунди, што је еквивалентно активности једног грама радијума.

Један опширнији рад „О радиоактивним појавама и присуству ретких гасова у термалним водама Соко Бање“ (26) Јовановић је посветио водама Соко Бање. Наиме, хелијум је продукт распадања свих радиоактивних елемената који емитују алфа зрачење, па га стога треба очекивати заједно са радоном у природним изворима, и то у одређеном стехиометријском односу. Овог пута Јовановић је пажњу обратио на састав гасова који заједно са водом избијају из бањских извора. Мерењем радиоактивности гасова из више бањских извора нашао је на два места активности око 180×10^{-9} С, што је било међу највећим активностима у Европи, фактички одмах иза немачке бање Бад Гаштајн (Bad Gastein). Даље, отклањањем кисеоника и азота хемијским реакцијама, и тешких инертних гасова Ar, Kr и Хе адсорпцијом на угљу на температури течног ваздуха, преостала смеша се састојала од He + Ne, који су чинили 0.06–0.15% запремине. Према измереној радиоактивности процењена количина радона који извори бање избацују одговара 680 mg радијума на сат.



Сл. 20. Д. Јовановић поред свог теренског апарата за мерење радиоактивности 1930. године

Међутим, према количини хелијума то би било нереалних око 1200 kg радијума на сат, што је потврдило тезу да богатство хелијумом не прати обавезно и пропорционално велика радиоактивност.

Јовановићева испитивања примљена су у руководству Соко Бање и од стране бањских лекара са великим уважавањем. У брошури *Сокобања* из 1936. године, др Милојко Дуњић, бањски лекар, пише: „Радећи брижљиво најновијим научним физичким методама, професор г. Драгољуб Јовановић прикупио је обиман материјал који показује да Сокобања у погледу радиоактивних појава надмашује многе бање, па и оне светског гласа. Све до ових радова проф. г. Јовановића, постављало се питање: има ли у нашој замљи радиоактивних бања. Сада је то питање добило позитиван одговор. Када се још поред здравствених, узму и разлози националне економије, нарочито у данашње доба криза, налаже само собом да се увек иде у наше бање када је у њима могућна пуна примена термалне терапије.“

У Сокобањском споменару, из 1968, аутор хроничар Стојан Тодоровић пише у уводу: Др Калистерић је знао да бањска вода лечи, али шта све у њој има и колико је заиста благотворна – није знао. То ће потпуно разјаснити професор др Драгољуб Јовановић, велики стручњак, ученик и сарадник Марије Кири. Овај стручњак, физичар и радиолог, професор Београдског универзитета, непобитно је доказао да посебно благотворно дејство на организам има гас радон. А њега има у сокобањској води и ваздуху. Настаје атомским распадањем елемената. Све је то професор Јовановић прецизно измерио, објаснио и објавио и тај његов рад је изазвао велико интересовање у свету.

А затим:

Бивши директор Завода за рехабилитацију у Сокобањи др Веселин Миленковић, чест и драгоцен саговорник овога аутора, сећа се професора Јовановића из више сусрета. – Као научник-истраживач толико се био зближио с људима овде у Соко Бањи да ни динара није наплатио за свој трогодишњи рад – каже др Миленковић. – Зато је остао упамћен као добротвор. Наставио је да долази и кад је завршио свој рад. Сећам га се из летњих ферија, која је овде проводио, и дружења.

Интрамолекулске реакције са учешћем радиоактивног и видљивог зрачења (47, 48, 49, 50, 51)

У серији радова (47, 48, 49, 50) Јовановић је са сарадницима објављивао резултате испитивања могућности да се један од потомака разлагања мезоторијума-2, са историјски коришћеном ознаком ThC, хидрира. У то доба, 1951, већ је било врло познато да ThC представља изотоп ^{212}Bi . Такође, било је познато да осим неметала и многи метали граде са водоником једињења – хидриде, од којих су многи гасовити, али се за BiH_3 није знало у ком је агрегатном стању на собној температури. Талог ThC аутори су добили излагањем металне плочице (Ni или Pt) радиоактивном гасу RTh кога ослобађа MsTh-2, и који настаје као други потомак распада тог гаса (торона, односно прецизније речено изотопа ^{220}Rn). Излагањем метала са нахватаним активним депозитом насцентном водонику добијеном реакцијом цинка са сумпорном киселином (47), или електролизом (48, 49, 50), и проводећи гас из реакционе посуде у јонизациону комору, односно изнад фотоосетљиве емулзије, констатовано је да гас носи радиоактивност, а то је могуће ако се наградио хидрид бизмута који је уз то гасовит. У прилог томе да је BiH_3 гас је ишло што се уметањем трапа хлађеног течним азотом на пут ка јонизационој комори радиоактивност задржавала у трапу. Пратећи трагове радиоактивних честица у фотоемулзији, Јовановић је нашао доказе и да алфа зраци које испушта ^{212}Bi могу сударима да избацују протоне из молекула BiH_3 . Аналогне експерименте Јовановић је извео са ^{210}Po , (51) кога је добио на површини платине, тако што је платинску плочицу држао у атмосфери радона. Када је платинска плочица са талогом полонијума употребљена као катода у електролизи, са ње се полонијум делом ослободио у виду хидрида, PoH_2 .

У писму свом сину, физичару, са којим је сарађивао у радовима са хидрирањем радиоактивног бизмута (48, 49, 50) Д. Јовановић пише (монографија С. Јовановић): „Ти си већ добио вест да на међународној изложби Наука у Бриселу појавићемо се ти и ја. Послао сам им већ одличне

фотографске снимке и макету која претставља ову интеракцију. Али сам ја и даље нешто урадио. Поред изотопа Bi којих има деветнаест, постоје још и деветнаест изотопа Po који такође граде хидриде али стабилне, то јест, не распада се молекула $^{210}\text{PoH}_2$ у $\text{Po} + 2\text{H}$ као што чини $^{212}\text{BiH}_3$, па се види велики број протона око капљице $^{210}\text{PoH}_2$. Пошто сам у првом раду с тобом протумачио ову интеракцију густином енергије по cm таласа које носи са собом, на растојању око 10^{-6} cm , алфа зрак при изласку из ^{212}Bi , то сада имам могућности да одредим вероватноћу овог quasi-унутрашњег фото ефекта с тиме што ћу савијањем у магнетном пољу одредити поред енергије протона и алфа делића још и њихов број и наћи њихов међусобни однос, што иначе са $^{212}\text{BiH}_3$ није било могуће. Апаратура за ово скретање, која се састоји поред осталог од врло јаког перманентног магнета, налази се у Bellevue близу Париза и надам се да ћу тамо моћи да овај експеримент изведем за 10–15 дана колико мислим да се задржим тамо.“

Један број радова (45, 53, 54) односи се на разматрање да ли су светљење и јонизација атмосфере приликом хидрирања неких претходно осушених кристалохидрата последица радиоактивности. У раду „О зависности јонизујућег зрачења хемилуминисценције кинин сулфата од групе SO_4 у молекулу“ (45), Д. Јовановић и Д. Кирић, објавили су резултате својих испитивања појаве да кристали кинин сулфата приликом сушења, или рехидратације сувих кристала у влажној средини, испуштају плавичасту светлост и истовремено јонизују атмосферу у блиској околини, а те неистражене појаве биле су интересантне јер су подсећале на радиоактивност. Замена сулфатних јона хлоридним доводила је до нестанка ове појаве, што је био знак да је за појаву важна кристална структура. У радовима (53) и (54) описали су апаратуру употребљену у мерењима која је у суштини јонизациона комора снабдевена додатно штапом од плексигласа који служи као трансмитер светлости, која се преко фотопојачавача претвара у струјни сигнал и мери као јачина струје. Аутори су показали да током хидратације сувог кинин сулфата, али и кристала осушених кинидин тартарата и кинин фенил глицина пораст и каснији пад луминисценције и јонизације околине се одигравају истовремено и сразмерно. Криве су у функцији времена имале форму обрнутог звона, што значи да не одговарају радиоактивном распаду и стога немају радиоактивно порекло. Појаву светљења су аутори објаснили локалним електростатичким пражњењима између суседних кристалита због електростатичког наелектрисавања површина приликом уградње молекула воде, уз појаву светлости и јонизацију суседних молекула ваздуха. Пражњења су у принципу била дисконтинуирана, али због мноштва појединачних пражњења – сцинтилација деловала су као континуално светљење.

Популаризација науке
(18, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 36, 41, 56, 57)

Поред интензивне наставне и научне активности, Д. Јовановић је одржао низ популарних предавања и написао низ популарних чланака о актуелним темама из физике и хемије, пратећи константно и правовремено модерна научна достигнућа.

Са коауторима Теодором Копелом и Џорџом Фурнијеом, Јовановић је 1928. написао брошуру „Неке претпоставке у вези са материјом и радијацијом“. Овај рад настао је по позиву познатог француског кристалографа Леона Бриљуена (Leon Brillouin, 1889–1969) који је осмислио публикавање кратких брошура о размишљањима и идејама других познатих стваралаца из света науке. Сврха едиције била је да се идеје великана науке спасу од заборава и губљења из разлога што би се они плашили да буду третирани као сањари – утописти. У овом случају, обједињени су инжењер-машинац Копел, астрофизичар Фурније и К. Јовановић, као радиохемичар-атомиста, да дају своја размишљања о стању и перспективама науке у ситуацији недавног открића Ајнштајнове теорије релативности, увођења Риманове геометрије у опису законитости макрокосмоса, проналаска једначине која квантитативно повезује трансформацију масе у енергију, као и зачетака развоја квантне теорије, када је због релације неодређености довођен у сумњу физички смисао мерења у микросвету, а континуитет доведен у сумњу у односу на дисконтинуитет изражен низом целих бројева. Аутори су се успротивили одбацивању класичних сазнања, Еуклидове геометрије на рачун Риманове, занемаривања континуума у корист доминације целих бројева под налетом квантне теорије, сугеришући да све има своје место, у зависности од околности, постављајући питање шта би остало од науке када би се, под утицајем квантне теорије, појам мерења уклонио из микрофизике и заменио само бројањем. Као што је у астрономским димензијама важна Риманова геометрија, тако је у свакодневним земаљским релацијама неопходна Еуклидова геометрија. Време је квантирано тиме што се мери секундама или часовима, али то не смета његовом природном континуитету. Атом је по ауторима универзум у малом са интерно дефинисаним односом простора и времена, и велико је питање који закони физике ће важити за њих. Аутори су визионарски сугерисали да ће физика макрокосмоса и физика микрокосмоса морати да се обједињују и развијају на начин да се међусобно не искључују. Ова прва брошура (на ~ 48 страна), по оцени читалаца, изузетно је потврдила оправданост замисли Л. Бриљуена.

Затим, 1935, поводом тада експанзивног развоја квантне теорије, писао је чланак „О атомској структури енергије“ (28). Када је актуелна била

дискусија о природи и пореклу космичког зрачења у светлу нових сазнања о структури атомског језгра, 1935. написао је чланак „О природи и настанку космичких зракова“ (29). Три године по смрти Марије Кири, 1937. написао је „Необјављене успомене на Марију Кири проналазача радијума“ (30). Поводом тада свежег открића вештачке радиоактивности и развоја неопходних уређаја за убрзање снопова наелектрисаних честица, 1941. написао је чланак „Вештачка радиоактивност и нове направе за добијање високог напона“ (31), затим 1945. „Постоји ли трећа компонента космичких зракова“ (32) и „Гравитација у светлости савремене физике“ (33). Године 1948, написао је чланак „Поводом педесетогодишњице открића радиоактивности од стране Н. А. Весцверел-а“ (36). „Принцип неизвесности – основ таласне механике и предвиђање будућности (41), 1951. У вези са најновијим сазнањима о структури атомског језгра: „Настраност – особина неких тешких делића: шизофренија К^о мезона“ (56), 1965. Следеће године 1966, „Радиоактивност термалних извора Сокобање“ (57) итд. Библиографски подаци о овим текстовима наведени су у библиографији Д. Јовановића.

БИБЛИОГРАФИЈА РАДОВА ДРАГОЉУБА К. ЈОВАНОВИЋА

1. Dragoliub K. Yovanovitch, *Sur les proprietes chimiques du mesothorium 2* (О хемијским особинама мезоторијума-2). – Comptes rendus de l'Academie des Sciences, 175, 307, Paris, 1922.
2. D. K. Yovanovitch et C. de Chamie, *Preparation du sel etalon radifere* (Припрема соли за еталон радиоактивности). – C. R. De l'Acad. des Sciences, 175, 266, Paris, 1922.
3. D. K. Yovanovitch, *Sur un appareil a mesurer la chaleur degagee, par les corps radioactifs* (О уређају за мерење количине топлоте отпуштене из радиоактивних материјала). – C. R. De l'Acad. des Sciences, 179, 163, Paris, 1924.
4. D. K. Yovanovitch et J. d'Espine, *Sur le spectre magnetique de rayons b du mesothorium 2* (О магнетном спектру бета зрака мезоторијума-2). – C. R. de l'Acad. des Sciences, 178, 1811, Paris, 1924.
5. D. K. Yovanovitch et J. d'Espine, *Sur le spectre magnetique de rayons b de grandes vitesses du mesothorium 2* (О магнетном спектру врло брзих бета зрака мезоторијума -2). – C. R. de l'Acad. des Sciences, 179, 1162, Paris, 1924.
6. D. K. Yovanovitch et J. d'Espine, *Sur le spectre magnetique de rayons b de grande vitesse du ThB + C* (О магнетном спектру врло брзих бета зрака ThB+C). – C. R. de l'Acad. des Sciences, 180, 202, Paris, 1925.
7. M. Pierre Curie et D. K. Yovanovitch, *Sur l'accroissement du debit de chaleur des sels de Radium par formation de Polonium* (О порасту топлотног флуksа из соли радијума формирањем полонијума). – Journal de Physique, 6, 39, Paris, 1925.

8. D. K. Yovanovitch, *Recherches sur le mesothorium II* (Испитивања мезоторијума-2). – *Journal de Chimie Physique*, 23, 1, Paris, 1926.
9. D. K. Yovanovitch et Alisja Dorabialska, *Sur une methode nouvelle pour mesurer l'absorption du rajonnement b et g de corps radioactifs* (О новој методи мерења апсорпције бета и гама зрачења радиоактивних супстанци). – *C. R. de l'Acad. Des Sciences*, 182, 1459, Paris, 1926.
10. D. K. Yovanovitch et Al. Proca, *Sur les rayons b lents du mesothorium-2* (О спорим бета зрацима мезоторијума-2). – *C. R. de l'Acad. des Sciences*, 183, 878, Paris, 1926.
11. Al. Dorabialska i D. K. Jowanowicz, *Zbadan nad cieplem promienovanja radu* (Испитивање топлоте зрачења радијума). – *Rocznik chemje*, 6, 569, Varšava, 1926.
12. D. K. Jovanović, *Kalometrijska metoda za obrađivanje apsorpcije b zrakova u materiji*. – *Arhiv za hemiju i farmaciju*, I, 206, Zagreb, 1926.
13. D. K. Yovanovitch et Alisja Dorabialska, *Effet calorifique de rayons b et g du radiothorium* (Топлотни ефект бета и гама зрачења радиоторијума). – *C. R. du l'Acad. des Sciences*, 183, 1037, Paris, 1926.
14. Al. Dorabialska i D. K. Jowanowicz, *O cieple promienovanja radjotoru* (О топлоти зрачења радиоторијума). – *Rocznik chemje*, 7, 23, Varšava, 1927.
15. D. K. Yovanovitch et J. d'Espine, *Sur les rayons b de grande vitesse des corps radioactifs* (О врло брзим бета зрацима радиоактивних супстанци). – *Journal de Physique*, 8, 276, Paris, 1927.
16. D. K. Jovanović, *O hemijskom odvajanju RaTh*. – *Arhiv za hemiju i farmaciju*, I, 89, Zagreb, 1927.
17. D. K. Yovanovitch, *Sur le rayonnement γ et le degagement de chaleur du radium et mesothorium* (О гама зрачењу и ослобађању топлоте радијума и мезоторијума). – *Journ. de Phys.* 9, 297, Paris, 1928.
18. Th. Coppel, G. Fournier, D. K. Yovanovitch, *Quelques suggestions concernant la matiere et le rayonnement* (Нека размишљања о материји и енергији). – *Edition Blanchard*, Paris, 1928.
19. Ђ. Јоанновић, Д. К. Јовановић и Ксенофон Шаховић, *Експериментална истраживања о дејствију радиоториума*. – *Глас Српске краљевске академије* CXL, 67, 83, Београд, 1930.
20. Д. К. Јовановић, *О радиоактивним водама Краљевине Југославије*. – *Глас Српске краљевске академије*, CXLV (145), 209, Београд, 1931.
21. D. K. Yovanovitch et P. Savitch, *Sur l'étude calorimetrique de l'absorption des rajons g du radium* (О калориметријској студији апсорпције зрачења радијума). – *C. R. de l'Acad. des Sciences*, 193, 1006, Paris, 1931.
22. Д. К. Јовановић и К.Шаховић, *Радиоактивност вода и њиховости*. – *Српски архив за целокупно лекарство*, Београд, 1931.
23. Dj. Joannovic, D. K. Jovanovic, und X. Chahovitch, *Radiothorium und pathologisch veränderte Gewebe* (Радиоторијум и патолошки измењена ткива). – *Virchows*

- Archiv fur pathologische Anatomie und Physiologie und fur klinische Medizin, 287(1) p. 126–134, 1932.
24. Д. К. Јовановић, *О уједнојредби радиоактивних тшела у аутио-хистио-радиографији*. – Српски архив за целокупно лекарство, св. 5 и 6, Београд, 1932, стр. 424.
 25. К. Шаховић, Д. К. Јовановић. М. Вишњић, *Улога ретикуло-ендотелијалног система у фиксацији радиоторијума*. – Глас СКА, 158, 66 (1933), Народна штампарија 1933, 9 страна.
 26. Д. К. Јовановић, *О радиоактивним појавама и њиховому рејским тасова у њермалним водама Соко Бање*. – Глас Српске краљевске академије, CLXII, I, 79, I, Београд, 1934.
 27. Д. К. Јовановић, *О физиолошкој дози и зрачној терапији са физичког становишта*. – Лијежнички вјесник, Zagreb, 1934.
 28. Д. К. Јовановић, *О ајтомској стуркутури енерије*. – Годишњак, Весник Више педагошке школе, Београд, 1935.
 29. Д. К. Јовановић, *О њрироди и њостанку космичких зракова*. – Сатурн, 1, 129, Београд, 1935.
 30. Д. К. Јовановић, *Неодјављене усјомене на Марију Кири ѡроналазача радиума*. – „Време“, Београд, 1937.
 31. Д. К. Јовановић, *Вештачка радиоактивност и нове њаправе за добијање високој њайона*. – Наука и техника, 1, 46, Београд, 1941.
 32. Д. К. Јовановић, *Постиоји ли ѡрећа комјонентиа космичких зракова*. – Наука и техника, 5-6, 304, Београд, 1945.
 33. Д. К. Јовановић, *Гравиѡација у свейлосји савремене физике*. – Наука и техника, 7-8, 353, Београд, 1945.
 34. D. K. Yovanovitch et D. Pitovitch, *Sur une fonction caracteristique des cellules d'endothelium decelable par les radioelements* (Карактеристичне функције ендотелијских ћелија које се могу детектовати радиоелементима). – C. R. de l'Acad. des Sciences, 226, 1642, Paris, 1948.
 35. D. K. Yovanovitch et D. D. Yovanovitch, *Compteur de particules α pour les gaz radioactifs* (Бројач честица радиоактивног гаса). – C. R. de l'Acad. des Sciences, 226, 1718, Paris, 1948.
 36. Д. К. Јовановић, *Поводом њедесейтотодишњице открића радиоактивностии од стуране Н. А. Вескерел-а*. – Наука и природа, 1, 43, Београд, 1948.
 37. Д. К. Јовановић, *О измени изоѡија и молекулској стуркутури мајерије*. – Весник Друштва математичара и физичара НР Србије, I, 2, Београд, 1949.
 38. Д. К. Јовановић, *Вирѡуелне особине ајтомској језира ѡумачене ѡрујним особинама мајерије*. – Весник Друштва математичара и физичара НР Србије, I, 45, Београд, 1949.
 39. Д. К. Јовановић и М. Ј. Рекалић, *Прилој ѡроучавању ѡранања MsTh II* – Весник Друштва математичара и физичара НР Србије, II, 3-4, 1, Београд, 1950.

40. Д. К. Јовановић, *Проблеми изомерије айтомској језіра*. – Савез друштава математичара и физичара ФНРЈ, I, Конгрес, научна саопштења, Секција V, 1, Београд, 1951.
41. Д. К. Јовановић, *Принцип неизвесности – основ йаласне механике и йредвиђање дугућности*. – Весник Друштва математичара и физичара НР Србије, III, 1–2, 1, Београд, 1951.
42. Д. К. Јовановић и Јован Ј. Јовановић, *Мерење коефицијента айсорпције β - и γ -зрака из йрейарайта мезоћоријума-2 фракционо искрситалисаних са реј-ким земљама*. – Глас СС САН, Classe des Sciences Mathematiques et Naturelles, No4, Београд, 1951, стр. 1.
43. Д. К. Јовановић и Владимир Шкољник, *Мајнейна сусцејйидбилности йироф-орној йожја*. – Глас СС САН, Одељење природно-математичких наука, Београд, No 4, 1951, стр. 19.
44. Д. К. Јовановић и Никола М. Николић, *Истйраживања особина изомеризма језіра $_{89}MsTh II^{228}$* . – Глас СС САН, Одељење природно-математичких наука, Београд, No 4, 1951, стр. 25.
45. Д. К. Јовановић и Драгица М. Кирић, *О зависности јонизујућеј дејства хемилуминисценције кинин сулфата од йрује SO_4 у молекулу*. – Глас САН, Одељење природно-математичких наука, No 4, 77, Београд, 1951.
46. Д. К. Јовановић и Д. Д. Давитков, *Мајнейне особине феро оксалайта*. – Весник Друштва математичара и физичара ФНРЈ, V, 1–2, 1, Београд, 1953.
47. Д. К. Јовановић, Милена Шкрбљак, *Хидриди радиоактивних бизмуја – гобијање и особине* (са М. Шкрбљак). – Глас САН, Одељење природно-математичких наука, ССХ, 7, Београд, 1953, стр. 173.
48. D. K. Jovanović et Drachko D. Yovanovitch, *L'hydrure de bismuth radioactif, ses proprietes physiques et l'interaction entre les particules α et les atomes d'hydrogene dans la molecule* (Хидрид радиоактивног бизмута, физичке особине и интеракција алфа честица са водониковим атомима у молекули). – Bulletin de l'Academie Serbe des Sciences, T. XVI (Nouvelle serie), Classe des Sciences Mathematiques et Naturelles, Sciences Naturalles, No 4, 17-19, Beograd, 1956.
49. Д. К. Јовановић и Драшко Д. Јовановић, *Особине хидрида радиоактивних бизмуја. Инйеракција између α -делића и йротона йри расйаду Bi^{212}* – Глас САН, Одељење природно-математичких наука, ССХХII, књ. 10, Београд, 1953, стр. 1–9.
50. D. K. Yovanovitch et Drachko D. Yovanovitch, *L'interaction entre les particules α et les protons a l'interieur de la molecule $^{212}BiH_3$* (Интеракције између алфа честица и протона у молекули $^{212}BiH_3$). – Comptes rendus de l'Acad. des Sciences, 237, 43, Paris, 1953.
51. D. K. Yovanovitch, *Sur l'interacion entre la particule α et le proton dans la molecule $^{210}PoH_2$* – (О интеракцијама алфа честица и протона у молекули $^{210}PoH_2$) С. R. de l'Acad. des Sciences, 246, 746, Paris, 1958.

52. Д. К. Јовановић и Ј. Харгитаи, *Hall-ов ефекат̄ изведен са танким листићима алуминиума*. – Весник Друштва математичара и физичара НР Србије, св. XII, Београд, 1960, стр. 103.
53. Draguitza M. Kiritch et Dragoliub K. Yovanovitch, *Sur le parallelisme existant entre l'ionisation et les scintillations des cristaux de sels de quinine et de quinidine par l'hydratation et la deshydratation* (О паралелизму између јонизације и сцинтилација кристала соли кинина и кинидина при хидратисању и дехидратисању). – С. R. de l'Acad. des Sciences, 250, 103, Paris, 1960.
54. Д. К. Јовановић и Д. М. Кирић, *Накнадна истраживања о пронађеном паралелизму између јонизације и сцинтилација које производе кристали кининових и кинидинових једињења при хидратисацији и дехидратисацији* — Весник Друштва математичара и физичара СР Србије, вол. XII, 113, Београд, 1960, стр. 113.
55. Д. К. Јовановић, *Мерење врло слабих магнећних њоља њомоћу Hall-овој ефекта̄ са InSb*. — IV конгрес Друштва физичара, математичара и астронома, Сарајево, 1965.
56. Д. К. Јовановић, *Настраност̄ — особина неких њеишких делића: шизофренија К° мезона*. — IV конгрес Друштва физичара, математичара и астронома, Сарајево, 1965.
57. Д. К. Јовановић, *Радиоактивност̄ ѡермалних извора Сокобање*. — Радиоактивно лечење у Сокобањи, Сокобања, 1966.
58. Д. К. Јовановић, *Превод књиге „Карактеристика физичког закона“ од Ричарда Фејнмана*, Чикаго 1967 (манускрипт).
59. Д. К. Јовановић, *Предговор за превод књиге Eve Curie „Madame Curie“, од Предрага Илића*, Београд, 1939.
60. Д. К. Јовановић, *Посћуйак за издвајање радона из радиоактивних вода и урећај за извоћење ѡоја ѡосћуйка*. — Патентни спис бр. 12239, Београд, 1936.

Уцбеници

1. Д. К. Јовановић, *Основи радиолоѡије (о раку)*, Београд, 1932.
2. Д. К. Јовановић, *Елементии физике*, (литогр.), Београд 1940.
3. Д. К. Јовановић, *Елементарна физика* – Издање Удружења студената Медицине, Београд 1946, Научна књига, Београд 1948, 1952 (обим: 299 стр.).
4. Д. К. Јовановић, *Тойлоѡа и ѡермодинамика* (I и II). Научна књига, Београд 1948 (литогр.).
5. Д. К. Јовановић, *Теоријски основи елекћричних и магнећних ѡојава*. – Научна књига, Београд, 1948 (литогр.).
6. Д. К. Јовановић, Д. Мушицки, Д. Кирић и В. Шкољник, *Ућуйсћва за вежде из физике II*. – Научна књига, Београд 1951 (скрипта).
7. Д. К. Јовановић, *Основни курс физике* (I део). – Удружење савеза студената Природно-математичког факултета, Београд 1954 (лит.).

8. Д. К. Јовановић, *Основи теорије релативности (специјалне и опште) и скица Ајнштајнове физике*. Задруга Удружење савеза студената Природно-математичког факултета, Београд 1955 (лит.).
9. Д. К. Јовановић и Д. М. Кирић, *Физика за медицинаре и ситомајологије, I део*. – Научна књига, Београд 1960, 1962, 1966.
10. Д. К. Јовановић и Д. М. Кирић, *Физика за медицинаре и ситомајологије, II део*. – Медицинска књига, Београд 1961, 1966.

DRAGOLJUB K. JOVANOVIĆ

(1891–1970)

Dragoljub K. Jovanović, a world-renowned scientist from Serbia, a university professor and a corresponding member of the Serbian Academy of Sciences and Arts, was born on March 7th, 1891 in Paraćin. His father Kosta Jovanović was a craftsman and his mother Persa, née Dimitrijević, was a housewife. He attended primary school in Paraćin, secondary in Jagodina, Kragujevac and Belgrade, where he graduated.

After the graduation in 1910, D. Jovanović enrolled at the Faculty of Philosophy in Belgrade, the department of chemistry, headed by professor Sima Lozanić. His final year of studies was interrupted by the Great War. In November 1915, as a volunteer at an archive, he was interned in the concentration camp Aschach in Austria where he stayed until the end of the war in 1918. Upon release from war captivity, he completed his chemical studies at the beginning of 1919 and began working as a secondary school chemistry teacher, and then as an assistant at the Faculty of Philosophy in Belgrade. The scholarship from Belgrade University enabled him to travel to France, in September 1920. In Paris, he continued his education at the then most prominent institute for research of radium and naturally occurring radioactive elements. The topic of his doctoral dissertation was the isolation and testing of the secondary “outputs” within the spectrum of chemical elements of the radioactive thorium family, known at the time as mesothorium-2. At the same time, he also published his most important research papers in the world’s leading scientific journals which earned him a huge international reputation. He defended his doctoral thesis on June 3rd, 1925, before a prominent committee consisting of the double Nobel Prize winner Marie Curie, the following year’s Nobel Prize winner for physics Jean Baptiste Perrin, and André-Louis Debierne, a famous chemist of his time, the discoverer of the element actinium, and Marie Curie’s assistant. At the request of Marie Curie, he continued his research in Paris until the end of September 1928. During his stay in Paris, he became a member of the French Physical Society.

Before finally returning from Paris in 1927, he was appointed as an associate professor of physics at the School of Medicine in Belgrade and director of the Institute of Radiology and Physics at the same school. He assumed his assigned roles upon his return from Paris in 1928.

Between the two world wars, he used the Institute of Radiology and Physics as the base for his teaching and scientific activities. For a few years after returning to Serbia, he made basic provisions for the Institute. He personally made apparatuses, modelling them on the equipment from the Institute for

Radium Research or using his original ideas. The preparatory period enabled him to continue research work albeit under much more limiting conditions than those in Paris. The focus of his research, in which he included numerous assistants – teachers from the School of Medicine – now was on the impact of radioactivity on living organisms for medical purposes. In 1932, she started teaching physics to medical students when the subject was transferred from the Faculty of Philosophy at Captain Miša's Mansion to the School of Medicine. He was promoted to the rank of full professor in 1939. The Second World War led to an almost complete suspension of university education, and after initial disagreements with the occupying authorities, D. Jovanović found refuge in Sokobanja where he remained during the war period. After the liberation, on June 26th, 1945, he went back to teaching physics at the School of Medicine but soon, on December 25th, 1945 he was appointed professor of physics at the Faculty of Philosophy (nowadays the Faculty of Natural Sciences) at which, due to staff shortages, he also taught physics.

He met his wife Mirjana Trbojević (1902–1982), the daughter of the Belgrade county doctor and the director of the City Polyclinic, at the beginning of January 1927 and they were married on February 25th, 1929. They had two sons, born in 1930 and 1933 respectively, both of whom acquired higher education and accomplished successful scientific careers in the USA where they remained living. Their children also have university degrees.

In 1948, Jovanović was elected a corresponding member of the Serbian Academy of Sciences at the suggestion of the then corresponding member Pavle Savić, who continued his radiochemical research, with the explanation that “*he published a series of high-quality works on radioactivity which have the enduring scientific value*”. He retired in 1961, as professor of the Faculty of Natural Sciences, but continued working part-time at the Physics Institute of the School of Medicine. He was director of the Institute until 1964, and professor of physics at the School of Medicine until 1967. He passed away on February 17th, 1970 and was buried at the New Cemetery in Belgrade.

The main scientific contributions of the D. Jovanović is his research in the field of natural radioactivity. While working at the Radium Institute in Paris, he published about twenty articles in the world's leading scientific journals, mostly in the *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*. This included Jovanović's feedback on the study of the chemical properties of the elements from the radioactive thorium family. In his doctoral thesis, he proposed an original method of isolating the “mesothorium-2” (later identified as the isotope of actinium ²²⁸Ac) in pure form and high concentration, within a fairly short period of time in order to examine chemical properties, its half-life time and the radiation emission energy of this short-lived element. The main conclusion was that, due to its chemical properties, mesothorium-2 belongs in

group 3b of the periodic table. Jovanovic discovered new lines in the β -ray spectrum of mesothorium-2 and also that some of the β -rays have so much energy that they can move at a speed close to the speed of light. Those results have sparked a great deal of interest and, as such, have been used by many other researchers of β -ray spectroscopy. He also gave an improved method for determining etalon of radiation. His experience in the chemistry of radioactive elements was used to isolate the next member of the thorium family, "radiothorium" (subsequently identified as the isotope of thorium²²⁸Th), which he later used in biological research, after returning to Serbia. Concurrently with the classic method for determining the absorption coefficient of radioactive radiation in various materials, based on the ionization current, Jovanović introduced a new, calorimetric method, which additionally contributed to the clarification of the energy levels of atomic nuclei and the extent of energy changes in nuclear reactions of naturally occurring radioactive elements.

Summarizing the results of D. Jovanović's most laborious work, which matched the highest level of the research and experimental techniques at the time, it ought to be pointed out that he worked in the years when classic research methods regarding methodology and the issues of naturally occurring radioactive elements were coming to their end.

Some thirty years had passed since radioactivity was discovered and followed by very intense research in this relatively narrow domain of naturally occurring radioactive elements.

Nevertheless, lots of issues remained to be clarified so Jovanović took it upon himself to search the unresolved reservoirs of scientific knowledge and amongst them the uncertainty regarding the origin of beta radiation which baffled scientists of his time. It ought to be remembered that those were the times when, considering the existing level of understanding of radiation, raised were the questions which later led to breakthroughs in areas regarding the structure of the atomic nucleus. Answers to those questions were accessible through the equipment, considered to be first-rate at the time, however inadequate for dealing with newly generated needs. It took a lot of time, effort and imagination to obtain reliable and scientifically based answers which makes them even more important and valuable. All works of D. Jovanović published at that time were included in the *Handbuch der Experimental-Psychic Wien-Harms, T. XV, Radioaktivität*, edited by K. W. F. Kohlrausch, which is the best proof of high reputation that he had achieved.

New big advancements in radiochemistry occurred after Jovanović returned to Yugoslavia. He found scarce resource conditions, under which the progress of physics in the world was quite difficult to follow, but he did his best under the circumstances. While working at the School of Medicine, the world of radiochemistry witnessed the discovery of neutron from the reaction

between beryllium and alpha particles, and the discovery of artificial radioactivity produced by neutron bombardment. This period was marked by the acquisition, concentration and separation of artificially created radioisotopes, caused by neutron bombardment, and the development of applied radiochemistry. At the Institute for Radium, at that time, particularly prominent researchers were Frederik Joliot-Curie and his wife Irène Joliot-Curie, whose work, with the participation of Jovanović's assistant and his successor in radiochemical research, Pavle Savić, was an introduction to the discovery of nuclear fission.

His experience from the Institute of Radium helped Jovanović, upon his return to Belgrade, continue to follow the progress of physics in the world, publish his scientific papers, and open new research areas, despite his busy teaching engagements and the working environment which he had to provide for mostly personally. It is necessary to mention his pioneering work, conducted in collaboration with his associated from the School of Medicine, on the impact of radiation on living organisms; Jovanović prepared radioactive sources with measured activities while, afterwards, his medical associates studied changes that occurred in tissues following their exposure to radiation for a certain period of time. These works were of great importance for the development of the then little-known methodology of use of radioactive preparations in the treatment of malignant diseases, practised at the School of Medicine. Jovanović also made a significant contribution to the study of natural radioactivity in groundwater, testing waters in spa hospitals throughout Yugoslavia in situ, with a homemade terrestrial radiation detector. In some water sources in Sokobanja Spa, Jovanović detected high levels of radon concentration, the second largest in Europe, which contributed greatly to the popularity of spa and the development of spa tourism and earned him great admiration and respect of the municipal leaders and the local population.

While working at the Institute of Physics of the School of Medicine, he also published papers on intramolecular interactions of alpha radiation and protons in metal hydride, scintillation in crystal hydrates during hydration, the Hall effect in thin metal foils, etc. As an enthusiast and a science lover, following the progress of physics in the world in which he could not directly participate at the time, he wrote lots of publications of a scientifically popular and informative character.

After the Second World War, he founded the Board of the Society of Mathematicians, Physicists and Astronomers of the SR of Serbia and was its long-term member. The society published *Vesnik*, one of the rare periodicals which published scientific papers of young authors at the time. As a researcher and a pedagogue focused on medical applications of physics, he initiated seminars in medical physics, held every two years and attended by

representatives from physical institutes of medical, veterinary, pharmaceutical and dental faculties from all over Yugoslavia. At the 1966 Sarajevo Seminar, he was elected president for life of the Coordinating Committee of Medical Physicists.

Teaching contributions of D. Jovanović in Serbia are immeasurable. According to the data published in the *Archives of the School of Medicine 1920–2010*, since 1937, when first Belgrade doctors graduated, until 1968 when D. Jovanović stopped teaching physics, 10.729 students graduated from the School of Medicine, which means that as many students passed the exam before him. Students from related faculties – pharmacy, veterinary and dentistry – should also be added to the number, as well as students of physics between 1945 and 1961. The fact that many failed the first time ought to be taken into consideration, too. As a physics teacher, he is credited with writing textbooks; 10 were published before the Second World War and 8 after the war. In the post-war period they, being rare few textbooks on the subject written in the Serbian language, played the key role in the education of generations of physicists at the parent faculty and non-parent ones. The 1967 Serbian translation of the book *The Character of Physical Law* by the Nobel Prize winner Feynman should also be mentioned.

His teaching enthusiasm, particular temperament and wit, made him very popular with students, which was obvious at each encounter with them.

His scientific and educational achievements were honoured, and he received many public awards for them: the Order of St. Sava, 3rd Class (before the Second World War), the 7th of July Award for lifetime achievements in 1961, the Order of the Republic with the Silver Wreath in 1965, the Marie Curie Medallion in 1967 on the 100th anniversary of her birth. Posthumously he was awarded the Charter of the Society of Mathematicians, Physicists and Astronomers of Serbia in 1978. In 1970, the Institute of Physics of the School of Medicine was named after him. The towns of Paraćin and Sokobanja each got one street named after him, too.