

ZNAMENITI RADIOFIZIČARI I RADIOKEMIČARI U HRVATSKOJ DO 1945.*

Branko HANŽEK¹, Zdenko FRANIĆ² i Gina BRANICA²

Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti¹, Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada², Zagreb, Hrvatska

Primljeno u srpnju 2011.

CrossCheck provjera u kolovozu 2011.

Prihvaćen u kolovozu 2011.

U ovome preglednom radu dan je uvid u život i rad doajena znanosti o zračenju i zaštite od zračenja u Hrvatskoj do 1945. godine. Efektivni počeci znanosti o zračenju, pa tako i zaštite od zračenja na području Hrvatske sežu čak do kraja 19. stoljeća. Fizičari i kemičari bili su među prvima mogućim žrtvama izloženosti ionizirajućem zračenju, pa su tako i bili prvi koji su upozoravali na štetne učinke radijacije na žive organizme. Pretraživanje dostupnih arhiva i poznate literature nije samo rasvijetlilo život i rad doajena znanosti o zračenju već je omogućilo sistematičan uvid u do sada nepoznate detalje važne za povijest i razvoj znanosti o zračenju, zaštite od zračenja, kao i o medicinskoj fizici. Sve to pokazuje da Hrvatska od samoga početka ne samo da slijedi najsuvremenije znanstvene spoznaje iz tih područja, već i njima aktivno pridonosi.

KLJUČNE RIJEČI: *medicinska fizika, radon u vodi, zaštita od zračenja, znanost o zračenju*

Ubrzani razvoj fizike koncem 19. i početkom 20. stoljeća imao je, između ostaloga, za posljedicu i snažan napredak znanosti o zračenju, kao i zaštite od zračenja. Posljedično, 1900-tih godina istraživanje zračenja, posebice ionizirajućeg, bilo je u žarištu znanstvenog interesa prirodnoznanstvenika. Međutim, ta su istraživanja imala svoju cijenu jer su znanstvenici vrlo brzo ustanovili da ionizirajuće zračenje može biti ugroza za zdravlje. Istraživanju zračenja vrlo brzo su se pridružili i hrvatski znanstvenici te u međunarodnoj literaturi objavlivali značajne radove o svojim otkrićima. Nažalost, njihov doprinos nikada nije sustavnije obrađen te je u segmentu zaštite od zračenja povijest radiofizike i radiokemije, odnosno općenito prirodnih znanosti, u Hrvatskoj prilično slabo istražena. Važno je napomenuti da su prikupljene informacije i podaci važni ne samo za povijest znanosti o zračenju već i za povijest čitave znanosti u Hrvatskoj.

U radu ćemo na osnovi istraživanja dostupnih arhiva i literature prikazati život nekoliko istaknutih

fizičara i kemičara koji su u hrvatsku znanost uveli znanost o zračenju nakon svjetskih otkrića W. C. Röntgena i H. Becquerela krajem 19. stoljeća, kao i njihovo djelovanje do kraja Drugoga svjetskog rata. Nakon toga slijede prikazi dviju tema, i to: *Publikacije o atomima, zračenju i radioaktivnosti* i *Istraživanje radona u vodama* iz istog razdoblja.

Pioniri znanosti o zračenju u Hrvatskoj

Vinko Dvořák (slika 1), prvi profesor fizike na osuvremenjenom Sveučilištu u Zagrebu, među prvima je iskoristio Röntgenovo otkriće (1896.). Više o životu i radu toga fizičara dostupno je u člancima prof. M. Cindrića (1), G. Šindlera (2), knjizi Ž. Dadića (3), K. Ilakovca (4), V. Henč-Bartolić (5), V. Muljevića (6 i 7), B. Hanžeka (8) te u tri priloga Ilakovca, Hanžeka i Dadića u Zborniku radova (9).



Slika 1 *Vinko Dvořák (1848.-1922.)*

* Partly presented at the 8th Symposium of the Croatian Radiation Protection Association with international participation, Krk, Croatia 13-15 April 2011

U razdoblju od 1896. do 1910. V. Dvořák je nabavljao različitu opremu i aktivno se bavio radiofizikom. Već 30. 5. 1896. nabavio je prvu rendgensku cijev, a do 1910. nabavio je još 4 cijevi te 1897. godine fluorescentni zastor. 2. 7. 1897. u Zboru liječnika održao je predavanje i pokazao rendgenogram vlastite ruke, a 26. 11. iste godine snimio je slomljenu ruku nadvojvode Leopolda Salvatora.



Slika 2 Peter Salcher (1848.-1928.)

Peter Salcher (slika 2) bio je riječki profesor fizike na Mornaričkoj akademiji. Više o njegovu životu i radu dostupno je u članku M. Smokvine (10). Navest ćemo nekoliko zanimljivosti. Dana 20. 2. 1896, nakon predavanja o Röntgenovu otkriću, Riječanima je prikazao prvu demonstraciju primjene rendgenskog zračenja, t.j. rendgenogram ruke barunice Vranyczany. Akademskoj javnosti poznatiji je po snimanju ultra-brze fotografije taneta u letu, u suradnji s prof. Ernstom Machom. Na njegov poticaj 1897. godine Rijeka je nabavila prvu rendgensku aparaturu. Zatim 1898. Ogulin, Šibenik, Zadar i Dubrovnik nabavljaju rendgenske uređaje. Tek 1901. na poticaj kirurga dr. Wickerhausera nabavlja se rendgenski aparat u Bolnici Sestre milosrdnice u Zagrebu.



Slika 3 Oton Kučera (1857.-1931.)

Fizičar Oton Kučera (slika 3) napisao je prvi opsežan članak pod naslovom "Rentgenove zrake X" u dva dijela, objavljen u Vijencu 1897. godine. U članku je uz temeljiti prikaz pronalaska rendgenskog zračenja predvidio i prvu primjenu u medicini i tehnici. O Kučerinu životu i radu govorili su i pisali mnogi. Izdvojimo samo neke: F. Lukas i D. Bogdanović (nekrolozi), A. Szabo, T. Vukelja, P. Bucić, T. Kren i D. Špoljarić, B. Hanžek, M. Borić, Ž. Dadić, J.

Bratulić, A. Getliher, Z. Jakobović, M. Sijerković i J. Milković, Ž. Poljak, T. Kren, K. Korlević, G. Ivanišević – sve zajedno sabrano u Zborniku radova znanstveno-stručnog skupa "Život i djelo Otona Kučera" (11). U knjizi "Valovi i zrake" Oton Kučera 1903. godine prikazao je slike Röntgenovih fotografija načinjenih djelovanjem Becquerelovih zraka na foto-ploču. Kučera u Glasniku Hrvatskoga naravoslovnog društva iz 1903. prenosi informacije o djelovanju elektromagnetskih valova na mozak.



Slika 4 Mile Cindrić (1869.-1939.)

Fizičar Mile Cindrić (slika 4), koji je povremeno radio i u Fizikalnom kabinetu zamjenjujući jedinog Dvořákova asistenta Dušana Pejnovića, napisao je 1905. godine u Nastavnom vjesniku članak pod naslovom "O elektriziranju s pomoću plamena i Becquerelovih zraka" (12). U tom članku opisao je i pokuse koji su povezani s elektriziranjem s pomoću Becquerelovih zraka. Kako u to doba nije bilo uzoraka radioaktivnih tvari, Cindrić se korisno dosjetio da se na dobro očišćene pločice stupa cink bakar stavi prah od Auerovih mrežica. Naime, u Auerovim mrežicama ima radioaktivnog elementa torija koji izbija Becquerelove zrake i ionizira zrak oko sebe. Pločice od bakra i cinka djeluju tako da se ti ioni razluče te pozitivni predaju svoj električni naboj bakrenoj, a negativni cinkovoj pločici.



Slika 5 Fran Bubanović (1883.-1956.)

Vrlo napredni kemičar Fran Bubanović (slika 5), koji je doktorirao u inozemstvu, a poslije i predavao kemiju studentima medicine od 1918., napisao je u Suvremeniku 1908. godine članak o transmutaciji elemenata. Napomenuo je da je otkriće radioaktivnosti važan korak u pitanju transmutacije elemenata. Radioaktivnost se sastojala u emitiranju α , β i γ -zraka,

koje su posjedovale veliku energiju i smatrale su se materijalnim česticama. Bubanović je istaknuo da je Rutherford postavio teoriju koja je poznata pod imenom teorija o raspadanju atoma. Opisao je da je fizičar F. Soddy nakon duga istraživanja konstatirao da se i sam radij (što su ga otkrili Pierre i Marie Curie) stvara direktno od elemenata urana, dok se za element aktinij smatralo da se nalazi kao produkt raspada između urana i radija. Kad se tomu doda još i istraživanje o raspadanju elementa torija, može se već govoriti o ljestvici elementa koji nastaju jedan iz drugoga. Na kraju Bubanović ističe da je na osnovi tih rezultata, a i na tumačenju pojava katodnih, rendgenskih i drugih zraka, J. J. Thomson postavio novu teoriju o građi materije koja je prozvana elektronskom teorijom. O Bubanoviću će biti kasnije riječi kada se budu opisivala istraživanja radioaktivnosti voda u Hrvatskoj. O njegovu životu i radu pisao je i A. Lutkić (13).



Slika 6 Stanko Hondl (1873.-1971.)

Stanko Hondl (slika 6), Dvořákov nasljednik na mjestu profesora fizike na Sveučilištu u Zagrebu, 1912. je pisao u Nastavnom vjesniku o fizikalnim jedinicama. Izvornosti radi daje se prijepis dijelova toga članka. Hondl na str. 198. i 199. toga časopisa piše: "... Kada treba odrediti množinu neke radioaktivne tvari, rijetko se može pomišljati na vaganje. Radi se tu o premalnim veličinama. Da se u pogledu samoga radija (Ra) ova neprilika ukloni, izabrao je "Međunarodni kongres za radiologiju i elektricitet" u Bruselju 1910. gdje je osnovano "međunarodno povjerenstvo za radijev standard". Ovo se povjerenstvo sastalo 1912. u Parizu i zaključilo da se ima proglasiti kao "radijev standard" preparat od 21,99 mg RaCl_2 , što ga je načinila Marie Curie, i da se ima taj preparat pohraniti u već spomenutom međunarodnom uredu u Sevresu. Koliko sadrži koji drugi preparat radija, može se onda odrediti γ -zrakama preparata i standarda. Kod toga ne treba preparate podvrći nikakvom kemijskom procesu, a i ne treba vaditi ih iz njihove kutije. Kao "doknadni standard" neka služi ona množina od 31,17 mg RaCl_2 , što ju je pripremio Hoenigschmid u "Institut

für Radiumforschung" carske bečke akademije. Spomenuti su preparati metodom γ -zraka međusobno uspoređeni i našao se između omjera množine ovako određenog i omjera određenoga vaganjem sklad u granicama pogrješaka od 0,2 %. Nadalje se odlučilo da se za pojedine države prave "sekundarni standardi".

Množina radija u onakvim tvarima, koje osim radija sadržavaju još i druge tvari, što emitiraju γ -zrake, ne bi se mogla ovako odrediti. Neka bude spomenuto da Marckwald sumnja o čistoći predloženih standarda i drži da bečki preparat ima 1 % BaCl_2 .

Kod određivanja emanacije u vodama služi, osobito u Austriji "Mache-ova jedinica" (M. J.). Iz jedne litre vode prevedu se emanacija u zrak kroz koji se pušta struja s tolikom razlikom potencijala da nastaje tzv. struja zasićenosti, a koju podržavaju ioni što ih emanacija neprestance stvara putem α -čestica. Ta je struja onda mjera za množinu emanacije što se nalazila u 1 litri vode. Ta se jakost određuje u jedinicama, koje su 0,001 elektrostatske c-g-s jedinice. Na kongresu bruseljskom prihvaćen je prijedlog da se za jedinicu radijeve emanacije uzme "1 kiri" (Ci - Curie), t.j. ona množina emanacije koja bi stajala u radioaktivnoj ravnoteži s 1g radija. Hondl navodi da "Prema podacima raznih autora izlazi: 1 Ci = 2,75; 2,49 ili 2,67 M.J." (14).

O Hondlovu životu i radu pisali su i D. Uvanović (15), B. Marković (16), M. Paić (17), D. Mayer (18), Ž. Dadić (19) te B. Hanžek (20).

U razdoblju od 1913. do 1938. zaslužan je za nabavljanje: nekoliko rendgenskih cijevi, rendgenskog aparata 5. 6. 1926, naočala s olovnim staklom 1937., a 1938. nabavio je 1 mg radija.

U razdoblju od 1917./18. do 1934./35. predavao je fiziku na Medicinskom fakultetu. Stanko Hondl u svojim predavanjima nije izrijekom spominjao atome, molekule i elektricitet. Pri tom se misli na objavljene nazive kolegija koje je Hondl držao na Mudroslovnom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, Odjelu matematičko-prirodoslovnom, a od 1911. do 30. 6. 1943. godine (izvor je red predavanja Sveučilišta u Zagrebu). Međutim, prema objavljenim predavanjima u nakladi Kluba studenata matematike i fizike iz 1936. godine može se uvidjeti da je Hondl posvećivao pažnju atomskoj fizici. Naime, u tim skriptima pod naslovom "Eksperimentalna fizika" (21) mogu se vidjeti Hondlovi stavovi o Bohrovu magnetonu. Tu je Hondl dao vrlo lijep izvod za momenat Bohrova magnetona uz naznaku da je izvod u smislu Bohrove klasične kvantne nauke. Po valnoj mehanici naglasio je Hondl da se ne uzima da elektroni kruže, ali se ipak uzima

da elektron ima magnetski momenat koji je jednak momentu Bohrova magnetona. Uz to Hondl tumači i Zeemanov efekt, naglašavajući da je pritom upotrijebljena Lorentzova elektronska teorija. Međutim ipak Hondl ističe da se danas na osnovi nove kvantne nauke Zeemanov efekt tumači drugačije nego što je to Lorentzova teorija tumačila. Na 155. stranici tih skripata Hondl se koristi izrazom najmanja množina elektriciteta (elementarni kvantum). Daje i shemu masenog spektrografa po Astonu, ali, pokazujući pritom odlike teoretskog fizičara, daje i teoriju Astonova masenog spektrografa koristeći se diferencijalnim računom i dajući precizno objašnjenja dobivanja slike na fotografskim pločama. Uz to Hondl opisuje aparat s pomoću kojeg se može zaključiti kolika je tvrdoća rendgenskih zraka. Na kraju skripata Hondl daje pokus o mjerenju energije rendgenskih zraka, a također objašnjava živinu lampu (21).

Fizičar Eduard Ante, otac Bernardo, *Slavoljub Brix* (1882.-1946.), profesor na Franjevačkom učilištu u Varaždinu i Nadbiskupskoj visokoj školi u Zagrebu, široj javnosti poznat je kao pisac prve stručne knjige o radiju na Balkanu 1925. godine. Iz podataka dostupnih u arhivu Filozofskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu poznato je da je studirao matematiku i fiziku i uz pomoć profesora Hondla bavio se problemom interferencije rendgenskih zraka. U svom članku objavljenom u Hrvatskoj prosvjeti 1916. piše o rendgenskim zrakama, ali se obazire i na najnovija otkrića. Manje je poznato da je u tom članku upozorio na opasnost od rendgenskih zraka. Liječnici koji su bili izloženi rendgenskim zrakama od tri do 11 godina zadobivali su opekline ruku. Brix navodi da je 1908. u Bostonu zabilježeno 47 slučajeva od kojih se kod 36 razvilo rak, a 1909. dr. Gustav Opitz umro je od rendgenskog oštećenja.



Slika 7 fra Josip Olujić (1888.-1944.)

Fizičar fra *Josip Olujić* (1888.-1944.) (slika 7) doktorirao je 1918. na poticaj A. Gockela na Sveučilištu u Fribourgu (tada u Švicarskoj). A. Gockel je prvi u svijetu 1910. mjerio pražnjenje elektroskopa zbog zračenja i to pri uspinjanju balona do 4.500 metara u vis. Tema disertacije bila je: *Beiträge zur*

Messung Radium-emanation in der Atmosphäre (Doprinosi mjerenju radijeva zračenja u atmosferi) (22). Pokuse opisane u svojoj disertaciji Olujić je izveo u laboratoriju za kozmičku fiziku Univerziteta u Fribourgu. Vidljivo je da se prislonio na već postojeću problematiku prof. Gockela (prema literaturnim referencijama u Olujićevoj disertaciji prof. Gockel radio je na tome u razdoblju 1903.-1914.) i sasvim je lako dokučiti da je Olujić imao potporu u razgovorima s profesorima kojima, u dodatku laboratorijskom radu, i usrdno zahvaljuje na tim razgovorima i raspravama. Posebno pak zahvaljuje prof. Gockelu na savjetima i interesu s kojim je pratio izradu rada. Nastavljajući se na njegovu ideju, kasnije je Viktor Franz Hess za otkriće kozmičkoga zračenja – koje dolazi izvan atmosfere – dobio Nobelovu nagradu za fiziku za 1936. godinu (zajedno s Carlom Davidom Andersonom koji je zaslužan za otkriće pozitrona). U Uvodu disertacije Olujić navodi da je sasvim malo mjerenja količine radijeve emanacije (RaEm) izvedeno u svijetu i to u Montrealu, Chicagu, Manili i na Pauai te još u Cambridgeu u Engleskoj. Naime, radon se oslobađa raspadom radija i kao plin odlazi u atmosferu. Mjerenjima količine radona može se prosuđivati koliko ima radija u tlu odnosno vodi. Budući da Olujić počinje mjerenja u alpskom predjelu, vidjet će se kolika su odstupanja prema navedenim mjerenjima izvedenim blizu voda. Stoga Olujić planira razraditi metodu mjerenja na terenu, a koja treba biti lako izvediva i dovoljno pouzdana.

U ono vrijeme su istraživači morali mjeriti radioaktivnost elektrometrom i to radioaktivnost u ravnoteži s idućim raspadnim proizvodima u nizu prema olovu. No, može se i hvatati plin, tj. sama emanacija pa se mjeri koliki je volumen te se aktivnost iskazuje po jedinici volumena.

Tadašnji istraživači razvili su tri postupka uzorkovanja radona:

1. apsorpciju u tekućini;
2. adsorpciju na ugljenu;
3. kondenzaciju plina (s pomoću ukapljenog zraka).

Ovi su postupci trebali omogućiti pouzdanija mjerenja jer je količina radona u zraku vrlo malena pa su tadašnji istraživači nastojali prikupiti veću količinu uzoraka takvim postupcima. Pregledajmo sada te tri navedene metode u pojedinostima:

Apsorpcija u tekućini

Poznato je da se plinovi to bolje otapaju u tekućinama što su one hladnije. Curie i Debiere za

mjerenja su primijenili vodu, a Olujić primjenjuje ohlađeni toluen (-79 °C, s pomoću krutog CO₂) i s njime izvodi pokuse. Teškoće u izvođenju pokusa otežavaju mu započeti rad.

Adsorpcija na ugljenu

Metodu je prvi isprobavao Rutherford, a Olujić slijedi taj postupak. U pokusu je rabio ugljen kokosova oraha koji dobro upija plinove, slično kao aktivni ugljen. Uspješno primjenjuje takav aktivni ugljen, smrvljen i prosijan. Njime puni kolone kroz koje se onda protjeruje zrak i kontrolira protok. Olujić sada uspoređuje dvije primijenjene metode i uočava nedostatke i teškoće u njihovoj primjeni. Metoda s toluenom traje oko tri sata za jedno određivanje, dok adsorpcijska metoda traje kojih jedanaest sati. Osim toga je aparatura složena i još je teško raditi izvan laboratorija pa Olujić preuzima treću metodu.

Kondenzacijska metoda

Olujić je prvo sastavio svoju aparaturu za primjenu ukapljenog zraka za kondenzaciju radona pri niskim temperaturama, budući da se primjenom metode adsorpcije na ugljenu kokosova oraha dobivaju raspršeni rezultati, a i procedura traje oko 11 sati. Olujić se odlučio za primjenu metode s ukapljenim zrakom kojom mjerenje traje jedan sat, aparatura se lako prenosi i još se troši manja količina ukapljenog zraka. Rezultati su bili uvjerljivi. Međutim pojavile su se druge teškoće: meteorološke prilike su se pogoršale, vjetrovi su mijenjali smjer i snagu, sunčana se svjetlost jako mijenjala pa su rezultati mjerenja postali vrlo upitni. Osim toga, pokvario se uređaj za proizvodnju tekućeg zraka pa se Olujić vratio na metodu s aktivnim ugljenom koja je zahtjevnija, manje pouzdana, ne spominjući i njezino znatno dulje trajanje.

Olujić nalazi, kao i Eve u Montrealu, da nema razlike u količini radona ljeti i zimi. Navodi četiri glavna činitelja što utječu na količinu radona u atmosferi: smjer vjetra, jakost vjetra, jakost sunčevih zraka i količina kiše. Te činitelje (osim smjera vjetra) proučavali su i Satterly u Cambridgeu te Wright i Smith u Montrealu.

Olujić dobiva najviše vrijednosti u količini radona u atmosferi. Zaključujemo da je količina radona u Alpama zaista najveća ili je Olujić temeljitije mjerio i možda imao najmanje gubitke pri mjerenju.

U svojoj disertaciji Olujić opisuje kako je oprobao metodu adsorpcije i metodu primjenom ugljena

kokosova oraha, usporedio obje metode i uveo metodu primjenom tekućeg zraka koju je usavršio i koja je sada jednostavna, brza, izvediva na terenu, a za nju se rabi posuda koju je sam konstruirao. Objavio je rezultate svojih mjerenja u raznim godišnjim dobima. Objasnio je utjecaj smjera i jakosti vjetra, jačine sunčeva zračenja i količine kiše na količinu radijeve emanacije (radona) i k tome iznio svoje eksperimentalne rezultate. Olujićeva disertacija objavljena je većim dijelom kao rad u časopisu *Jahrbuch der Radioaktivität und Elektronik* (1918, br. 15, str. 58). U rečenom časopisu nije objavljen dio disertacije od 40. do 49. stranice. Sama disertacija tiskana je u Leipzigu (22) (Druck von August Pries, 1918; sadržava 51 stranicu i citira 55 literaturnih navoda). Detaljan prikaz disertacije dao je i fra Mijo Čaleta u svom članku iz 1989. godine. Prijevod je uglavnom dobar, ali su neki termini nespretno uvedeni (poput pojma rasipanja elektriciteta u blizini tla) (23).

Olujić se, odmah nakon doktoriranja, vraća u Hrvatsku na Franjevačku gimnaziju u Sinju. U urudžbenom zapisniku Hrvatske akademije znanosti i umjetnosti nalaze se dokumenti iz kojih je vidljivo da je također stupio u vezu s Jugoslavenskom akademijom znanosti i umjetnosti (JAZU) radi nabave elektrometra (1921. godine, dopis br. 174 i 1923. godine, dopis br. 252). U dopisu br. 174 iz 1921. fra Jozo Olujić obavijestio je JAZU da je za elektrometar određeno 7.000 tadašnjih kruna." U dopisu br. 252 iz 1923. piše da je prije godinu dana kupio elektrometar od tvrtke Spindler & Hoyer u Göttingenu za mjerenje radijeve emanacije u zraku. Olujić u drugom dopisu moli da mu vrate novac koji je on isplatio za taj elektrometar (u to vrijeme najbolja verzija po Schmidtu), i to da se vrati podružnici Zadrugne gospodarske banke u Splitu. Tako je utanačeno da nakon uplate elektrometar postaje vlasništvo Akademije, a njime će se služiti Olujić. Akademija javlja da je doznačila isplatu, i to od 1.750 dinara te moli Olujića da uredi pitanje vlasništva. Budući da je nabavio samo taj jedan kvalitetni uređaj, nije uspio realizirati svoju ideju da oformi niz promatračkih postaja koje bi mjerile radioaktivno zračenje u Hrvatskoj. Tako je Olujić bio prvi kvalificirani idejni preteča znanosti o zračenju na tlu Hrvatske na egzaktima, mjeriteljskim pokazateljima. Ovi podaci potpuno su nepoznati i široj i užoj akademskoj javnosti (23).

Franjo Brössler (1893.-1953.) doktorirao je fiziku 1919. godine u Beču iz područja radioaktivnosti pod vodstvom prof. dr. St. Meyera. Nakon povratka u

Hrvatsku 1920. i 1921. radio je kao kustos u Geološko-paleontološkom odjelu Zemaljskog (tada Narodnog) muzeja u Zagrebu kao ekspert za radioaktivno istraživanje termalnih voda i tla. Danas je to Prirodoslovni muzej u Demetrovoj 1. U više je navrata putovao u Beč kako bi preuzeo skupocjenu opremu (Wulfove elektrometre s dvije niti s posudom za ionizaciju) koja je uz to ondje bila i baždarena. O svojim istraživanjima pisao je u člancima: Novi radioaktivni element, *Priroda*, 1921, 5, 98-99. Nešto o istraživanju radioaktivnosti voda u Daruvaru, *Naša domovina* 1/1921, 6, 4-5. Razbijanje dušikovog atoma i O izgradnji elemenata iz vodika, *Revue chimique*, 1/1921, 3/4, 42-48; 5/6, 74-80.

Kako je o Brössleru vrlo malo pisano, ovi su podaci potpuno nepoznati i široj i užoj akademskoj javnosti. To nam daje za pravo da Brösslera malo bolje predstavimo životopisom i prikazom njegove doktorske disertacije.

Franjo Brössler rođen je 13. 1. 1893. u Mostaru kao sin činovničkih roditelja. Otac Carlo bio je austro-ugarski državni službenik; bavio se poslovima iz područja carine, a majka Antonija, djevojački Svoboda, bila je učiteljica. Franjo je polazio Klasičnu gimnaziju u Tuzli i Sarajevu, gdje je maturirao 20. 6. 1910. ističući se već vrlo rano kao izvanredan matematičar. Kao srednjoškolac riješio je i objavio sve matematičke zadatke Hočevar-Varićakovih udžbenika za matematiku.

Nakon toga upisuje se na Visoku tehničku školu u Beču te od 1910. do 1912. studira strojarstvo. Zbog materijalnih razloga (uzdržavao se sam svojim radom usput studirajući) prelazi 1912. na Filozofski fakultet Univerziteta u Beču gdje studira matematiku, fiziku i kemiju i posvećuje osobitu pažnju radiologiji i rendgenologiji.

Nakon apsolutorija zahvaća ga Prvi svjetski rat, koji je proveo na talijanskoj fronti. Nakon završetka Prvoga svjetskog rata piše disertaciju u Institutu za istraživanje radija u Beču te je na osnovi nje 19. 12. 1919. godine promoviran u doktora filozofije Bečkog sveučilišta. Njegova disertacija jedan od prvih znanstvenih radova naših stručnjaka na polju nuklearne fizike, objavljena je u izdanjima *Aus den Sitzungberichten der Akademie der Wissenschaften in Wien, Mathematische – natur wissenschaftliche Klasse, Abteilung II a, 129. Band, 1. Heft 1920*. Tom prilikom položio je i državni ispit za profesora matematike i fizike. Dekretom Povjereništva za prosvjetu i vjere za Hrvatsku i Slavoniju od 14. 1. 1920. imenovan je kustosom Geološko-paleontološkog

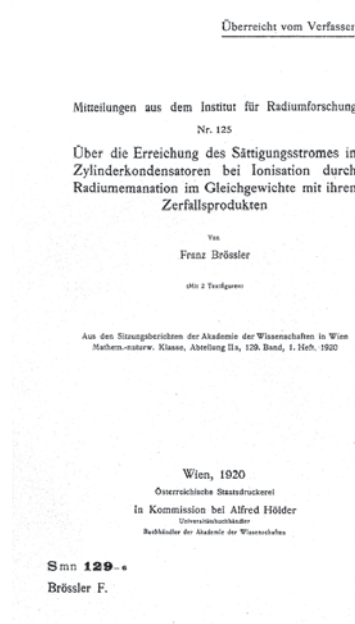
odjela Narodnog muzeja u Zagrebu kod prof. Gorjanovića s glavnom zadaćom da ispita rudna vrela u Kraljevini Srba, Hrvata i Slovenaca u pogledu radioaktivnosti. U bilješkama pisanim olovkom na službenim dokumentima koji se čuvaju u Hrvatskome državnom arhivu u Zagrebu postoji upisan podatak da se pokušao habilitirati iz eksperimentalne fizike.

Nakon izvršenog zadatka prelazi u privredu, gdje tuđim sredstvima osniva poduzeće „Znanstveni zavod“ koje je dugi niz godina opskrbljivalo sve naše znanstvene i sveučilišne ustanove i laboratorije te osobito medicinske ustanove znanstvenom opremom i aparaturom, pružajući pri tome kao znanstveni radnik dragocjene konzultantske usluge svima našim znanstvenim ustanovama.

U Drugome svjetskom ratu nije sudjelovao, a poslije oslobođenja zemlje stavlja se odmah na raspolaganje narodnim vlastima. Najprije osniva u okviru Odjela za učila Nakladnog zavoda Hrvatske našu prvu stručnu staklopuhačnicu za laboratorijsko staklo, a od 1948. do dana iznenadne smrti 25. 8. 1953. bio je zadužen da kao tehnički i znanstveni direktor projektira i osnuje našu prvu Tvornicu laboratorijskog stakla u Puli.

U svoje slobodno vrijeme bavio se i prevodilačkim radom te je preveo djelo Jacka Londona „Kći snijega“ (24).

Na slici 8 prikazana je naslovna stranica disertacije F. Brösslera (26), obranjene 1920. pod naslovom: Über



Slika 8 Disertacija F. Brösslera

die Erreichung des Sättigungsstromes in Zylinderkondensatoren bei Ionisation durch Radiumemanation im Gleichgewichte mit ihren Zerfallsprodukten (O uspostavljanju struje zasićenja u cilindričnim kondenzatorima prilikom ionizacije izazvane radijevom emanacijom u ravnoteži s njezinim produktima raspada).

Dipl. phil. *Vladimir Glumac* (1904.-1960.) široj akademskoj javnosti dosad je potpuno nepoznat. Rođen je 21. 11. 1904. u Beču kao drugi sin kasnijeg pukovnika ing. M. Glumca. Osnovnu školu i četiri razreda realke završio je u Beču, peti razred u Beogradu, a ostatak u Zagrebu gdje je položio i ispit zrelosti u I. realnoj gimnaziji. Diplomirao je na Filozofskom fakultetu u Zagrebu 1930. godine, i to na studiju primjenjene matematike (slika 9). Od 1. 5.

Dekanatu Filozofskog fakulteta
u Zagrebu

Prijavljujem se za polaganje diplomskog ispita iz I. grupe (primjenjene matematike) i uziman kao

A) Glavni stručni predmet: Teoretsku fiziku i Racionalnu mehaniku

B) Stručni predmet: Teoretsku matematiku

C) Pomoćni " " : Ekperimentalnu fiziku i Praktičnu Astronomiju

Ispit položen iz predmeta B.
Uz ovu prijavu prilažen indeks.

u Zagrebu, dne 24. I. 1929

Vladimir Glumac
stud. phil.

Slika 9 Preslika prijave diplomskog ispita Vladimira Glumca

1930. do 1. 11. 1931. radio je u "Jugoslavenskom Siemensu d.d." kao fizičar u elektro-medicinskom odsjeku. Izveo je projekt zaštite od rendgenskog zračenja u Bolnici Sestre milosrdnice 1931. godine. Na Sveslavenskome liječničkom kongresu u Splitu od 5. do 8. 10. 1930. nastupio je kao fizičar s predavanjem Dozimetrija rentgenskog zračenja sa demonstracijama; to je predavanje imalo karakter izvornog znanstvenog rada. Drugi izvorni znanstveni rad objavio je u časopisu *Ars Therapeutica* 1934. godine pod naslovom Dužnost rentgenskog pregledavanja (26).

Bio je na specijalizaciji u tvornicama dijatermijskih aparata, rendgenskih aparata i cijevi u Beču, Berlinu, Erlangenu i Rudolfstadtu sve do 1931. U međuvremenu je držao javna predavanja na Radio Zagrebu 1928. (kao prvi student matematike i fizike koji je nastupio na radiju). Tema radiopredavanja bila je 25 godina motornog letenja. Od 1932. do 1946. na više je mjesta radio razne poslove (osiguravajuće društvo, trgovina medicinskim aparatima itd.). Godine 1946., nakon što je kratko radio kao fizičar kod "ELIHA" - Elektroindustrije Hrvatske, došao je predavati fiziku na Tehnički fakultet Sveučilišta u Zagrebu. Dekretom je 1949. premješten u Višu pomorsku školu u Rijeci. Nakon neprilika s ravnateljem u Višoj pomorskoj školi u Rijeci umro je 1960. godine. Nije upisan ni u knjigu radnika u toj školi niti je držao nastavu. Isticao se predavanjima u Podružnici društva matematičara i fizičara u Rijeci od 1951. do 1959. godine.



Slika 10 Danijel Uvanović (1908.-1948.)

Danijel Uvanović (1908.-1948.) (slika 10) široj akademskoj javnosti dosad je potpuno nepoznat. Bio je znanstveni publicist iz matematike i prirodoslovlja i tehnike. Najviše je objavljivao u dnevniku Hrvatska straža. Godine 1930. u br. 295 na str. 3. pisao je o izgradnji instituta za liječenje raka s pomoću radija. U tom članku naveo je da će institut imati dva odjela: opći, kojim će ravnati dr. Körbler i ginekološki kojim će ravnati dr. Vidaković. U članku su navedene zadaće tog instituta, a kao metoda liječenja radioterapijom navedena je bakteriološkijska metoda. U svom članku u Hrvatskoj straži br. 249, str. 5. od 29. 10. 1930. upozorio je na žrtvu znanosti među liječnicima. Bio je to prof. dr. Cristian Deetjen u Baltimoreu koji je operiran 67 puta i amputirana mu je jedna ruka. No, on će svoje pokuse o djelovanju radiozraka s primjenom u medicini nastaviti i dalje – pisao je u tom članku Uvanović. O Uvanoviću opširnije dostupno je u članku navedenom u *Literaturi* (27).

Kemičar i fizičar *Mladen Paić* (slika 11) doktorirao je 1932. na Tehničkom fakultetu u Zagrebu iz područja tehnike (kemija) disertacijom pod naslovom: Primjena



Slika 11 Mladen Paić (1905.-1997.)

Debye-Scherrerove metode na kemijske probleme. Godine 1933. postigao je na Sorbonni doktorat iz fizičkih znanosti. U svezi s disertacijom iz Zagreba valja istaknuti da je jedan njezin izvadak objavljen u Arhivu za hemiju i farmaciju, Zagreb 1933, br. 5, 143-146. Izvadak je objavljen pod nazivom: Osetljivost Debye-Scherrerove metode. Kao podnaslov je navedeno: Mogućnost njene upotrebe u kvantitativnoj analizi (28). U izvatku se ističe da kod proučavanja kompleksnih kemijskih sustava neke spojeve nije moguće rendgenografski dokazati. Kao obrazloženje slabe osjetljivosti navedeni su ovi uzroci: upotrijebljeno zračenje nije monokromatsko; pojava fluorescentne radijacije koja jednolično zacrnuje film; pojava Comptonova zračenja, što opet dodatno zacrnuje film; veliki broj linija dovodi do međusobnog stapanja i dočaravanja kontinuiranog zacrnenja. Ovaj zadnji uzrok može potjecati i od nesavršeno izgrađene prostorne rešetke ili amorfnih supstancija. Prva se tri uzroka mogu značajno smanjiti pa se tako može povećati osjetljivost metode. Pri tom je važno i to da se mjerenja načine sa što više parova linija jer tako sigurnost mjerenja raste - zaključio je na kraju Paić.

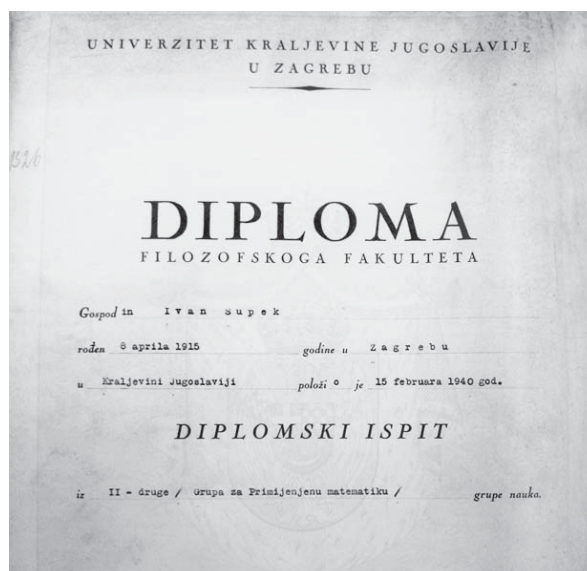


Slika 12 Marin Katalinić (1887.-1959.)

Marin Katalinić (slika 12) bio je predavač fizike na Medicinskom fakultetu od 1935. do 1943. Na Pučkom sveučilištu 26. 3. 1935. održao je predavanje pred 120 slušatelja pod naslovom Umjetno stvaranje radioaktivnih elemenata. Od 1937. do 1945. bavio se atomskom fizikom. Godine 1940. objavio je sliku tragova alfa-čestica na fotoploči, a koji potječu od radija. 1943. g. utemeljio je treći odjel Fizikalnog zavoda: laboratorij za atomsku fiziku. Iste godine s

asistentom B. Markovićem izložio je fotoploče o utjecaju visinskih zraka te ih kasnije razvio i istraživao pod mikroskopom. Više podataka o Kataliniću dostupno je u citiranom članku (29).

Ivan Supek (1915.-2007.) iznio je u članku Kozmičke zrake objavljenom u Nastavnom vjesniku iz god. 1940/41. niz zanimljivih i aktualnih informacija o toj tematici (31). Uredništvo je komentarom pozdravilo taj članak navodeći da je Supek čak Heisenberga, jednog od vodećih fizičara toga doba, ali je napomenulo i to da članak nema namjeru dati kritički prikaz tog područja moderne fizike. U članku je Supek dao povijesni prikaz tematike sve od Wilsona



Slika 13 Preslika diplome Ivana Supeka (1915.-2007.)

iz 1900. pa preko Rutherforda 1907, Hessa 1912, Heisenberga i Schrödingera prvo, pa Diraca i Andersona kasnije, jer je ispitivanje kozmičkih zraka dobilo gotovo presudno značenje u razvoju kvantne teorije. Kao rezultat sveukupnoga teorijskog i eksperimentalnog rada moglo se izreći da su kozmičke zrake pozitroni i elektroni koji se velikim brzinama, bliskim svjetlosnima, kreću svemirom i udaranjem u našu atmosferu uzrokuju niz složenih fizikalnih procesa. Supek daje i crtež jedne kaskade iz kojeg se vidi da pri prolasku svemirskog elektrona kroz olovo nastaju gubici njegove energije emitiranjem kvantata svjetlosti koji proizvode parove elektron-pozitron. Članak je dopunjen poglavljima: Zračenje zbog kočenja i Tvorba parova. Zanimljivo je da u ovom drugom poglavlju Supek govori o Jukavinim teorijskim predviđanjima jedne nove čestice mase dvjestotinjak puta veće nego što je masa elektrona. Ti

su teški elektroni nakon tri godine otkriveni i dobili su ime mezotroni (danas: mezoni). Supek je 1941. godine napisao knjigu Svijet atoma (31). U toj je knjizi na 396 stranica te 15 slika dao prvi popularni opsežni prikaz kvantne teorije u njezinim primjenama na raznim područjima atomske fizike u formi knjige. U knjizi se nalaze ova poglavlja: Klasična mehanika, Svjetlost kao valno gibanje, Elektromagnetizam, Klasični rezultati ispitivanja atoma, O prostoru i vremenu, Kvantna teorija, Atomi, molekule i kristali, Atomne jezgre, Kozmičke zrake, Problem života, Mutacije. U tome zadnjem poglavlju Supek ističe da pod djelovanjem α , β , i γ zraka, kao i katodnog zračenja ugibaju bakterije. Govori se i o mutacijama gena umjetno proizvedenim s pomoću obasjavanja rendgenskim zrakama, doduše samo u eksperimentima izvršenim na mušici *Drosophila*.



Slika 14 Božo Metzger (1913.)

Božo Metzger (4. 3. 1913; slika 14) predavao je od 1942. do 1945. kao docent na Katedri za fiziku Veterinarskog fakulteta, fiziku za veterinare i u okviru predavanja detaljno tumačio rendgenske zrake, građu atoma i radioaktivnost. Zajedno s navedenim temama također je spominjao zaštitu od štetnog zračenja. Također je predavao i o određivanju doze za potrebne rendgenske terapije i primjeni radioaktivnosti u medicini. O njemu, kao i o Dragutinu Mayeru (1912.-2010.) opširno je pisano u Arhivu za higijenu rada i toksikologiju 2010. (32).

Publikacije o atomima, zračenju i radioaktivnosti

Stjepan Mohorovičić (1890.-1980.) u Farmaceutskom je vjesniku iz 1936. pisao o sastavu i raspadanju atoma (33). Na početku članka spomenuo je da je važno otkriće bilo Röntgenovo iz 1895. pa je na to godinu dana kasnije došlo otkriće radioaktivnosti (Henri Becquerel), a 1898. pri istraživanju radioaktivnosti pronađen je element radij (Pierre i Marie Curie). Potom su Rutherford 1902. i Soddy našli da je ispravna teorija o raspadanju i transmutaciji

elemenata. Mohorovičić je opisao da je u međuvremenu 1900. godine Planck našao da i energija ima atomsku strukturu i uveo u znanost teoriju kvanta na osnovi koje je Bohr 1913. dao svoj model atoma, a nakon što je J. J. Thomson otkrio izotope, Aston je izradio novi spektroskop za određivanje atomskih težina. U tom članku Mohorovičić spominje i de Broglievu teoriju uz naznaku da je i on sam načinio teoriju kojom je uspio izvesti mnoštvo novih temeljnih formula atomske fizike. Ne propušta ni spomenuti svoju suvremenost tvrdnjom da je 1934. pretpostavio i izračunao mogućnost egzistencije novih abarijskih elemenata koji bi mogli opstati u intersternalnom prostoru. To je povezao s Andersenovim otkrićem pozitrona. U stvari, mislio je na svoj elektrum koji su drugi kasnije nazvali pozitronijum, a što je ipak bio naš najveći doprinos znanosti, osobito fizici i kemiji između dva svjetska rata.

U članku Osnovi nove atomistike Dušan Pejnović (1883.-1958.) 1939. g. u *Prirodi* naglašava da je pojavom radioaktivnosti utvrđeno da nisu atomi nerazorivi (34). Pri tom je istaknuo da je velika Rutherfordova zasluga u tome da je umjetno razorio atome koji sami po sebi nisu radioaktivni. Naglašava da će se dati kratki pregled atomistike koji se bavi sastavom (građom) atoma. Istaknuo je da se Rutherford u svojim pokusima o raspršavanju alfa-zraka služio metodom scintilacije, tj. koristio se spravom spintariskopom. Njegovi su rezultati potvrđeni Wilsonovom metodom maglice. Na kraju Pejnović ističe da je trebao genijalni pogled Rutherforda da sitnim opažanjima i mjerenjima stvori osnove moderne atomistike. Mile Cindrić u članku koji je objavio u lipnju u *Nastavnom vjesniku* 1939. godine, Nekoliko fizikalnih eksperimenata s radioaparatom, naglašava pokus u vezi s radioaktivnosti pod naslovom Slušanje raspadanja radio-atoma. Ističe da za pokus nije dosta prijavni aparat, nego treba stroj za visoku istosmjernu napetost. Uz to potrebno je i Geigerovo brojilo. Naglašava da aparatom nije moguće brojiti alfa i beta-čestice (to je svrha Geigerova brojila). Svrha uređaja je da se što jednostavnije, jeftinije i efektivnije pokaže učinak zraka kojima je po teoriji uzrok ostanka raspadanje radioaktivnih elemenata.

Stanko Hondl u Hrvatskoj enciklopediji iz 1941. godine napisao je članak pod naslovom Atom, u kojem detaljno obrazlaže tematiku u ovim poglavljima: Daltonova nauka, Avogadrov zakon, Kinetička teorija plinova, Periodički sustav elemenata, Broj atoma, Elektrizirani atom, Pojedinačni atom, Pretvorba atoma: izotopi, zgrada atomova, atomska ljuska,

atomska jezgra i Veličina atoma. Iz svega detaljnoga valja ipak istaknuti vrlo jasno napisano kako je zadaća teorije jezgre da objasni radioaktivnost, umjetnu i prirodnu, kao i mnoge zakonitosti što ih nalazi eksperimentalna fizika. To su spektri gama-zraka, korpuskularnih zraka te ih tumači strukturom jezgre slično kako se spektri svjetlosti i rendgenski spektri objašnjavaju strukturom ljuske (35).

Josip Lončar (1891.-1973.) u svom udžbeniku *Osnovi elektrotehnike* iz 1942. godine govori o pojmovima atomističke strukture povezanim s pojmovima elementarnog kvantuma (množine) (36). Napominje otkriće pozitrona, Wilsonovu metodu, metodu scintilacije i metodu brojenja Geigerovim brojačem. Ne propušta spomenuti da atomi elemenata nisu nedjeljive čestice te govori i o razmještanju elektrona po elektronskim ljuskama, ali u skladu s najnovijima tadašnjim otkrićima ističe da ni jezgre atoma ne treba smatrati nerazorivim česticama. Ne zaobilazi ni teoriju kvanta koju jasno prikazuje ne samo izrazima nego i fizikalnim jedinicama, a u skladu sa svojim objašnjenjima vodljivosti metala, dio teksta posvećuje i slobodnim elektronima u vodičima.

Istraživanje radona u vodama

Važno je i istraživanje radona u vodama Hrvatske. O tome je poučno pisao *Radovan Čepelak* u članku "Pregled istraživanja radona u termomineralnim vodama Hrvatske tijekom proteklih 90 godina" objavljenom u časopisu *Balneoklimatologija* (37). Zahvaljujemo R. Čepelaku na dragocjenim podacima koje nam je ustupio i citiramo njegovo pisanje: "... Val novog otkrića i istraživanja radona nije mogao zaobići ni hrvatski prostor. Prve opise objavio je prof. dr. Oton Kučera 1903. godine. Prof. dr. Srećko Bošnjaković 29. 3. 1904. u Zboru liječnika Kraljevine Hrvatske i Slavonije izvodi prvu javnu demonstraciju prikazujući pokus sa malom količinom radija pomoću Crookesovog spinthariskopa. Četiri godine kasnije 26. 3. 1908. u Hrvatsku dolazi dr. Benedikt Wilhelm, kupališni liječnik iz Bad Gasteina koji je također u Zboru liječnika izveo pokus sa emanatorom i elektrometrom dokazujući pri tom prisustvo radona u vodi. Zainteresirani ovom pojavom, javili su se naši prvi istraživači koji su započeli sa ispitivanjima radioaktivnosti voda. Početak istraživanja radioaktivnosti vode odnosno radona u hrvatskim termomineralnim vodama pripada *Gustavu Janečeku*, koji je 1908. godine odredio radioaktivnost vode u Sutinskim Toplicama i Krapinskim Toplicama, dvije godine kasnije 1910. u Topuskom na više izvora, u

vodi Kapele kod Bjelovara 1912. Dr. Mihael Melkus odredio je 1909. godine radioaktivnost vode u Varaždinskim Toplicama. Deset godina kasnije u istraživanja se uključuje Franjo Broessler koji je 1920. godine u Daruvarskim Toplicama odredio radioaktivnost u više izvora, zatim u vodi Lipika, u Stubičkim toplicama u više izvora i u Topuskom 1921. Krajem dvadesetih i u tridesetim godinama dvadesetog stoljeća javljaju se: prof. dr. Fran Bubanović koji je 1924. odredio Rn u Laškom (Slovenija) i 1939. u Sisku. Dr. Stanko Miholić 1925., Josip Mikšić 1935. i dr. Hrvoje Iveković 1938. Od stranih istraživača radioaktivnost vode u Istarskim Toplicama odredili su prof. Picotti 1925. i Cassagrandi 1933. godine."

Ovdje valja istaknuti da se radioaktivnost voda u svojim prvim počecima mjerila fontaktometrom koji se razvio iz fontaktoskopa. Naravno, fontaktometar je uređaj koji je služio za mjerenje radioaktivnosti u vodi. Naime, lat. *fons, fontis* znači izvor, vrelo. A fontaktoskop je preteča fontaktometra jer je to uređaj koji inače nezamjetljive pojave čini zamjetljivima, čak vidljivima. No, riječ je o sustavu elektrometar-ionizacijska komora, koji je pojačan pumpom za aeriranje s pomoću koje se radijeva emanacija (tako su u to vrijeme zvali radon) istiskuje iz vode i sustava za sušenje zraka koji potom ulazi u ionizacijsku komoru. O radu tih uređaja pisao je u svojim člancima Rudolf Fricke (38, 39).

ZAKLJUČAK

Ovaj pregled prikazuje djelatnost hrvatskih istraživača na području znanosti o zračenju u Hrvatskoj u periodu od otkrića radioaktivnog zračenja (Henri Becquerel 1896.) do kraja Drugoga svjetskog rata. Vidljivo je iz navedenih podataka da efektivni počeci znanosti o zračenju, pa tako i zaštite od zračenja, na području Hrvatske sežu čak do kraja 19. stoljeća. Pretraga arhivske građe i dostupne literature, te uvid u život i rad nekih od doajena znanosti o zračenju i zaštite od zračenja u Hrvatskoj, omogućili su da se sustavno zabilježe i obrade brojne, do sada nepoznate činjenice i detalji važni za povijest i razvoj znanosti o zračenju kao i medicinske fizike u Hrvatskoj. Iz svega navedenog možemo zaključiti da hrvatski znanstvenici od samoga početka ne samo da slijede najsuvremenije znanstvene spoznaje iz tih područja već i aktivno pridonose svojim spoznajama o toj tada novo otkrivenoj pojavi.

LITERATURA

1. Cindrić M. Dr. Vinko Dvorak. Nastavni vjesnik 1921/1922;30:544-6.
2. Šindler G. Uloga Vinka Dvoržaka (Dvoraka) u razvitku fizike u Hrvatskoj. U: Dadić Ž, urednik. Zbornik radova trećeg simpozija iz povijesti znanosti, prirodne znanosti i njihove primjene krajem 19. i početkom 20. stoljeća u Hrvatskoj. Zagreb 1981. Zagreb: Hrvatsko prirodoslovno društvo, Sekcija za povijest znanosti; 1981. str. 163-71.
3. Dadić Ž. Povijest egzaktnih znanosti u Hrvata. Knjiga 2. Zagreb: Sveučilišna naklada Liber; 1982.
4. Ilakovac K. Vinko Dvorak i njegovo djelo. Priroda 1996;86:26-7.
5. Henč-Bartolić V. Neki Dvorakovi pokusi iz akustike. Priroda 1997;87:38-9.
6. Muljević V. Naš fizičar Vinko Dvoržak - u povodu 150. godišnjice rođenja. Hrvatski glasnik intelektualnog vlasništva 1997;2143-50.
7. Muljević V. Fizičar i izumitelj Vinko Dvoržak. ABC tehnike 2000.
8. Hanžek B. Vinko Dvorak - fizičar sa sluhom za glazbu i glazbeno darovita duša u fizici. Tonovi 2000;35:66-9.
9. Ilakovac K. Znanstveni i stručni doprinosi Vinka Dvoraka. Hanžek B. Život i postignuća Vinka Dvoraka. Dadić Ž. Prilog poznavanju znanstvenog i nastavnog rada Vinka Dvoraka. Zbornik radova sa znanstvenog skupa "160. obljetnica rođenja Vinka Dvoraka"; 22. listopada 2008; Zagreb. Zagreb: Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti; 2009.
10. Smokvina M. Izložba o riječkom znanstveniku Peteru Salcheru u Austriji, Rijeka 2005. Kurier 2005;9:26-7.
11. Zbornik radova sa znanstveno-stručnog skupa "Život i djelo Otona Kučere (1857.-1931.)" u povodu obilježavanja 150. godišnjice rođenja hrvatskog velikana Otona Kučere; 7. prosinca 2007; Zagreb. Zagreb:Zagrebački astronomski savez; 2008.
12. Cindrić M. O elektriziranju s pomoću plamena i Becquerelovih zraka. Nastavni vjesnik 1905;13:491-7.
13. Lutkić A. Fran Bubanović (Sisak, 1883.-1956.). Prirodoslovlje 2007;1-2/07:33-46.
14. Hondl S. Fizikalne jedinice. Nastavni vjesnik 1912;21:186-200.
15. Uvanović D. Michale Faraday – Clark Maxwell. Hrvatska straža 1931;3(259):3, i Prikaz predavanja S. Hondla u pučkom sveučilištu u Zagrebu. 1931;3(261):5.
16. Marković B. S. Hondl (nekrolog). Matematičko-fizički list 1970/71;21:172.
17. Paić M. Prigodom proslave osamdesete godišnjice rođenja prof. dr. Stanka Hondla. Glasnik matematičko-fizički i astronomski 1953;8(s II):228-31.
18. Mayer D. S. Hondl (nekrolog). Priroda 1971:58.
19. Dadić Ž. Egzaktne znanosti u Hrvatskoj u ozračju politike i ideologije (1900-1960). Zagreb: Izvori; 2010.
20. Hanžek B. Fizičar Stanko Hondl - đak Klasične gimnazije. Zbornik radova u prigodi 400. godišnjice Klasične gimnazije u Zagrebu 1607.-2007. Zagreb: Klasična gimnazija; 2007. str. 627-38.
21. Eksperimentalna fizika, Magnetizam i elektricitet, po predavanjima S. Hondla. Zagreb, 1936. Klub studenata matematike i fizike.
22. Olujić J. Doprinosi mjerenju radijeva zračenja u atmosferi [Beiträge zur Messung Radium-emanation in der Atmosphäre, in German] [disertacija]. Leipzig: Druck von August Pries; 1918.
23. Hanžek B, Lutkić A, Soljačić I. Fra Josip Olujić (1888.-1944.) znanstvenik i nastavnik prirodoslovac – žrtva komunizma. Zbornik radova petog hrvatskog žrtvoslovnog kongresa. 18.-19. lipnja 2010. u Zagrebu, završenog 20. lipnja 2010. u Voćinu. Zagreb: Hrvatsko žrtvoslovno društvo; 2011. str. 676-89.
24. Ostavština obitelji Brössler, zahvaljujući ljubaznosti gđe Branke Bresler.
25. Brössler F. O uspostavljanju struje zasićenja u cilindričnim kondenzatorima prilikom ionizacije izazvane radijevom emanacijom u ravnoteži s njezinim produktima raspada [Über die Erreichung des Sättigungsstromes in Zylinderkondensatoren bei Ionisation durch Radiumemanation im Gleichgewichte mit ihren Zerfallsprodukten, in German]. Aus den Sitzungberichten der Akademie der Wissenschaften in Wien, Mathematische – natur wissenschaftliche Klasse 1920, Abteilung II a, 129. Band, 1. Heft.
26. Arhivsko gradivo knjižnice Arhitektonskog fakulteta Sveučilište u Zagrebu, Građevinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu i Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.
27. Hanžek B, Dadić Ž: Fizičar i publicist Danijel Uvanović - prilog znanstvenom i političkom životopisu s bibliografijom radova. Časopis za suvremenu povijest 2011;43:73-106.
28. Paić M. Osetljivost Debye-Scherrerove metode. Arhiv za hemiju i farmaciju 1933;5:143-6.
29. Vučak I, Hanžek B, Marin Katalinić, kao fizičar u sustavu znanosti i visokog školstva. Prirodoslovlje 2010;1-2:35-56.
30. Supek I. Kozmičke zrake. Nastavni vjesnik 1941;49:427-36.
31. Supek I. Svijet atoma. Zagreb 1941.
32. Hanžek B, Franić Z. Dragutin Mayer i Božo Metzger - velikani znanosti o zračenju i zaštite od zračenja u Hrvatskoj. Arh Hig Rada Toksikol 2010;61:479-98.
33. Mohorovičić S. Sastav i raspadanje atoma. Farmaceutski vjesnik 1936;26:630-41.
34. Pejnović D. Osnovi nove atomistike. Priroda 1939;29:257-63.
35. Hondl S. Atom. Hrvatska enciklopedija, sv. 1. Zagreb 1941. str. 722-7.
36. Lončar J. Osnovi elektrotehnike. Knjiga I, sv. 2. Zagreb: Naklada pisca; 1942. str. 105-304.
37. Čepelak R. Pregled istraživanja radona u termomineralnim vodama Hrvatske tijekom proteklih 90 godina. Balneoklimatologija 2011;3:41.
38. Fricke R. Fontoskop [pristup 9. rujna 2011.]. Dostupno na <http://www.technik-museum.ch/Geraete/Kommentare/002680K.asp>
39. Fricke R. Blättchenelektrometer [pristup 9. rujna 2011.]. Dostupno na <http://www.technik-museum.ch/Geraete/Kommentare/002681K.asp>

Summary

NOTABLE RADIOPHYSICISTS AND RADIOCHEMISTS IN CROATIA BY 1945

Physicists and chemists were among the first potential victims of occupational exposure to ionising radiation and they were also the first to warn about the harmful effects of radiation on living organisms. This review presents the work of the first notable scientists in the field of radiation science in Croatia from the discovery of radiation (Henry Becquerel in 1896) to 1945. The beginning of radiation science and radiation protection in Croatia can be traced to the end of the 19th century. Our research of the archived material and literature not only gave a deeper insight to the life and work of some of these notable scientists, but also gave a glimpse of previously unknown facts and details important for the history and development of radiation science, radiation protection, as well as medical physics. Our research has shown that Croatian scientists not only kept pace with contemporary scientific knowledge but also made notable contributions from the very beginning.

KEY WORDS: *medical physics, radiation protection, radiation science, radon in water*

CORRESPONDING AUTHOR:

Branko Hanžek
Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti
Zavod za povijest i filozofiju znanosti
Odsjek za povijest prirodnih i matematičkih znanosti
Ante Kovačića 5, HR-10000 Zagreb, Hrvatska
E-mail: bhanzek@hazu.hr