Marie Curie-život i djelo

Lukić, Gorana

Master's thesis / Diplomski rad

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Department of Physics / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za fiziku**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:160:465031

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-19**

Repository / Repozitorij:

Repository of Department of Physics in Osijek

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

ODJEL ZA FIZIKU

GORANA LUKIĆ

MARIE CURIE – ŽIVOT I DJELO

Diplomski rad

Osijek, 2016.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

ODJEL ZA FIZIKU

GORANA LUKIĆ

MARIE CURIE – ŽIVOT I DJELO

Diplomski rad

Predložen Odjelu za fiziku Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

radi stjecanja akademskog naziva MAGISTRA EDUKACIJE FIZIKE I INFORMATIKE

Osijek, 2016.

"Ovaj diplomski rad je izrađen u Osijeku pod vodstvom izv. prof. dr. sc. Vanje Radolića u sklopu Sveučilišnog diplomskog studija Fizike i informatike – nastavnički smjer na Odjelu za fiziku Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku".

Sadržaj

1. Uvod 1

1.1. Radioaktivnost danas 2

2. Biografija 2

2.1. Djetinjstvo 2

2.2. Školovanje 3

2.3. Znanstveni rad 5

2.4. Otkriće radija i polonija 6

2.5. Doktorska disertacija 10

2.6. Ljubavna afera i krah karijere 13

2.7. Posljednji dani 14

3. Veliki trag u znanosti – značaj istraživanja i otkrića 15

3.1. Mjesto Marie Curie u istraživanju radioaktivnosti 15

3.2. Značaj Marieinog znanstvenoga rada 16

3.3. Postupak izoliranja radija i polonija 18

3.3.1. Izoliranje polonija 19

3.3.2. Izoliranje radija 21

3.3.3. Radij i polonij danas 21

3.4. Nastavak istraživanja za Marieinog života 24

3.5. Objavljeni radovi 24

3.6. Negativne strane otkrića 25

4. Izabrane teme 26

4.1. Marie Curie kao majka 26

4.2. Pionirka radiologije 27

4.3. Rudnik St. Joachimsthal – izvor radija i lječilište 28

4.4. Ostavština Marie Curie 29

5. Zaključak 31

6. Literatura 32

Životopis 34

Dodatci 35

Prilog 1. Nagrade i medalje koje je dobila Marie Curie 35

Prilog 2. Novac tiskan u spomen na Marie i Pierrea Curie 36

Prilog 3. Poštanske markice tiskane u spomen na Marie i Pierrea Curie 38

Prilog 4. Podijeljeni počasni naslovi 42

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku **Temeljna dokumentacijska kartica**

Odjel za fiziku Diplomski rad

MARIE CURIE – ŽIVOT I DJELO

GORANA LUKIĆ

Sažetak

U diplomskom radu opisan je životni i profesionalni put poljske znanstvenice Marie Curie. Nakon uvodnog dijela, opisano je djetinjstvo, školovanje i znanstveni rad s posljedicama koje su prouzročile smrt ove iznimne znanstvenice. Zatim su detaljnije prikazani njeni najvažniji doprinosi u području fizike i kemije: otkriće novih elemenata (polonija i radija) te začetka novog znanstvenog područja - radioaktivnosti. Na kraju je prikazana i prokomentirana ostavšina Marie Curie s obzirom da je svojim iznimnim zalaganjem i radom otvorila vrata ženama u znanosti koje su, potaknute njenim primjerom, mukotrpno pronalazile put u znanstvenom svijetu dotad rezerviranom isključivo za muškarce.

(45 stranica, 16 slika, 1 tablica, 16 literaturnih navoda)

Rad je pohranjen u knjižnici Odjela za fiziku

Ključne riječi: Curie, Marie, polonij, radij, radioaktivnost, radiologija, uranij

Mentor: izv. prof. dr. sc. Vanja Radolić

Ocjenjivači: doc. dr. sc. Marina Poje Sovilj, predsjednik

mr. sc. Slavko Petrinšak, član

Rad prihvaćen: 21. srpnja 2016.

University Josip Juraj Strossmayer Osijek

Department of Physics

Basic documentation card

Bachelor of Physics Thesis

MARIE CURIE – LIFE AND WORK

GORANA LUKIĆ

Abstract

This bachelor thesis describes a life and work of Polish scientist Marie Curie. After the introductory part, the childhood, education and scientific work as well as the consequences that caused the death of this outstanding scientist is presented. Her most important contributions in the fields of physics and chemistry such as Marie's discovery of new elements (polonium and radium) as well as the beginning of the new scientific area – radioactivity is explained in detail. At the end, Marie Curie's legacy is commented because her exceptional dedication and hard work has opened many doors in science for female scientists who were encouraged by her example to found their way in the scientific world exclusively reserved for men at that time.

(45 pages, 16 pictures, 1 table, 16 references)

Thesis deposited in Department of Physics library

Keywords: Curie, Marie, polonium, radium, radioactivity, radiology, uranium

Supervisor: PhD Vanja Radolić, Associate Professor

Reviewers: PhD Marina Poje Sovilj, president

MA Slavko Petrinšak, member

Thesis accepted: 21. of July 2016.

1. Uvod

Marie Curie bila je poljska fizičarka koja je zajedno s mužem Pierreom otkrila radij i polonij i njihovo zračenje opisala kao radioaktivnost. Rođena u obitelji intelektualaca, svoju karijeru nije mogla ostvariti u carskoj Poljskoj. Nakon studiranja na „slobodnim studijima“ za poljske žene u Varšavi, Curie je 1891. godine odlučila studirati fiziku na Sorbonni u Parizu. Četiri godine kasnije udala se za Pierrea. Zajedno su koncem 19. stoljeća otkrili polonij, nazvan po njenoj domovini, i radij. Za svoje su istraživanje i njegove rezultate dobili Nobelovu nagradu za fiziku 1903. godine. Nakon Pierreove smrti u prometnoj nesreći, Curie je nastavila svoja istraživanja. Postavljena je na mjesto svoga pokojnog muža za predstojnicu fizike na Sorbonni čime je postala prva žena koja je podučavala na Sorbonni, a nakon dobivanja Nobelove nagrade 1911. godine postala je prvi znanstvenik s dvije Nobelove nagrade. Proučavala je primjenu radioaktivnosti u medicini koristeći rendgenske zrake te je bila na čelu francuske radiološke službe u Prvom svjetskom ratu. Kasnije je radila na novoosnovanom Institutu za radijaciju koji će postati vodeći u međunarodnim istraživanjima u nuklearnoj fizici. Institut je bio otvoren na njeno inzistiranje, u spomen na pokojnoga muža. Zbog izloženosti radijaciji umrla je od leukemije.

Prvakinja svoga vremena, žena koja je uspjela pokoriti znanstveni svijet na početku 20. stoljeća, Marie je rušila granice koje su ženama u Francuskoj do tada bile postavljane. Prije svega skromna, besplatno je dijelila svoja saznanja ne patentirajući ih jer je na znanost gledala kao mogućnost poboljšanja čovječanstva, a ne njegova iskorištavanja.

U ovom će se diplomskom radu prikazati život Marie Curie, njen znanstveni put i postignuća, kao i neke od izabranih tema koje se vežu uz njezin život i rad. Shodno tomu, rad je podijeljen u tri dijela, a na kraju, u Dodatcima, nalaze se prilozi vezani uz rad.

1.1. Radioaktivnost danas

Radioaktivnost je pojava razlaganja atomske jezgre na jezgre drugih elemenata, uz emisiju zračenja ili čestica u procesu koji nazivamo radioaktivni raspad. Radioaktivni element je onaj čija se jezgra spontano razgrađuje na ovakav način. Takva se jezgra raspada jer je nestabilna, a najčešće zato jer ima vrlo visok maseni broj ili neuravnotežen odnos protona i neutrona. Razlaganje je cijepanje nestabilne jezgre na dva dijela i to najčešće na drugu jezgru i alfa ili beta čestice. Atomski broj se mijenja pa nastaje atom novog elementa. Ako je atom stabilan više ne dolazi do raspadanja.[1] Radioaktivnost danas ima mnoštvo primjena. Nuklearna fisija je raspadanje jezgre uzrokovano bombardiranjem neutronima. Jezgra se raspada formirajući neutrone i jezgre drugih elemenata i otpuštajući golemu količinu energije. Otpuštanje neutrona također uzrokuje fisiju u drugim atomima, što zauzvrat stvara više neutrona i to je tzv. lančana reakcija. Element koji se može podvrgnuti fisiji naziva se fisijskim. Kontrolirana nuklearna fisija upotrebljava se u nuklearnim elektranama, no nekontrolirana fisija, kao u npr. nuklearnim bombama, iznimno je opasna. S druge je strane nuklearna fuzija što je spajanje dvije jezgre kako bi stvorile jednu veću. Odvija se samo pri vrlo visokim temperaturama i otpušta vrlo velike količine energije. Nuklearna fuzija događa se u hidrogenskim bombama. Radioaktivnost se primjenjuje i u radiologiji, odnosno u radioterapiji. Kako su stanice raka osjetljive na zračenje, rak se može tretirati s malim dozama radioaktivnosti.[2]

2. Biografija

2.1. Djetinjstvo

Slika 1. Djeca Sklodowski (Izvor: http://www.aip.org/history/curie/contents.htm, str. 4)

U vrijeme rođenja Marie Curie, 7. studenog 1867. godine, Poljska nije bila samostalna i neovisna država. Bila je podijeljena između Austrije, Pruske i Rusije. Varšava, u kojoj je rođena, bila je dijelom carske Rusije. Međutim, poljski su patrioti bili odlučni ponovno vratiti kontrolu nad svojom nacijom. Marieini roditelji, Bronislawa i Vladislav Sklodowski, bili su gorljivi patrioti, učitelji koji su se neprestano trudili zaobići nametnuta ograničenja. Majka joj je bila iz siromašne, ali radišne obitelji. Završila je

[1] Wertheim J., Oxlade C., Stockley C. Slikovni rječnik kemije. Rijeka: Andromeda. 2006., str. 14
[2] Wertheim J., Oxlade C., Stockley C. Slikovni rječnik kemije. Rijeka: Andromeda. 2006., str. 15

školu za učiteljicu i postala ravnateljicom zavoda u kojemu je radila. Nakon Marieina rođenja njena se majka odrekla pozicije ravnateljice škole u kojoj su do tada živjeli. Preselili su se u dječačku srednju školu gdje je Mariein otac poučavao matematiku i fiziku i imao dobru plaću. S vremenom je otpušten zbog spomenutog patriotizma. Kako otac nije radio, obitelj se našla u teškoj financijskoj situaciji zbog čega je morala iznajmljivati sobe studentima ili učenicima. Marie je imala tek osam godina kada joj je sestra bila zaražena tifusom od jednog takvog stanara i preminula. Samo tri godine kasnije, u 42. godini života, od tuberkuloze joj umire i majka. Preostali su se članovi obitelji – otac, sin Joseph i kćeri Bronja, Hela i Marie, iznimno zbližili nakon spomenutih tragedija. Otac bi djeci nedjeljom navečer čitao književne klasike, a ponekad bi im pojašnjavao dijelove opreme za fiziku koju je nekada koristio u nastavi.[3] Otac se nije libio čitati i zabranjenu književnost, potajno tiskane knjige nepodobne režimu, poput djela Pana Tadeusza ili pak Kordyanove bolne stihove.[4]

2.2. Školovanje

Marie je bila glavna zvijezda svoga razreda. Uvijek u svemu prva, mala genijalka otvoreno je izjavljivala koliko voli školu:

> *Da znaš, Kažo, usprkos svemu volim gimnaziju. Možda ćeš mi se podsmjehivati, a ipak ti ponavljam da je volim, dapače, vrlo volim. Sada sam to spoznala. Dakako, ne smiješ misliti da mi manjka! O ne, niti najmanje ne! Ali misao, da ću se morati ubrzo onamo vratiti, baš me ništa ne uznemiruje i godine koje ću još u njoj poboraviti ne čine mi se više tako teške, strašne i duge, kako sam to ispočetka mislila*.[5]

Završetak srednje škole u dobi od 15 godina, 1883. godine, iako s priznanjima, izazvao je teško razdoblje u njenom životu koje bismo danas mogli okarakterizirati kao depresiju. Na očevo inzistiranje napustila je Varšavu i provela godinu dana na selu kod rodbine. To je bila jedina bezbrižna godina njena života. [6]

Kao i njena braća i sestre, i Marie se nadala sveučilišnoj diplomi. Iako je Joseph dobio priliku studirati medicinu na sveučilištu u Varšavi, žene tamo nisu bile poželjne. Marie i Bronja su se stoga pridružile „Plutajućem sveučilištu“ koje je dobilo ime po čestom mijenjanju lokacije zbog straha od carskih vlasti. Svjesne toga da im ovo sveučilište neće pružiti dovoljno znanja, dvije su se sestre dogovorile da će davati privatne poduke i štedjeti kako bi mogle nastaviti studij

[3] *Marie Curie and the science of radioactivity*: http://www.aip.org/history/curie/contents.htm, str. 3-6
[4] Curie, E. Marie Curie-Sklodowska. Zagreb: Narodna knjižara. 1946., str. 49
[5] Curie, E. Marie Curie-Sklodowska. Zagreb: Narodna knjižara. 1946., str. 40-41
[6] Povijest svijeta. Zagreb: Readers Digest i Mozaik knjiga. 2007., str. 122

u Parizu. U slobodno je vrijeme čitala Dostojevskoga, Gončareva i Boleslava Prusa. U njenom su dnevniku iz toga vremena ispisane stranice djevojke koja se traži: La Fontainove basne, pjesme na njemačkom i poljskom, odlomak iz knjige Maksa Nordaua *Konvencionalna laž*, Krasinski, Slowacki, Heine...[7] Nakon godinu dana štednje Marie je shvatila da su joj prihodi premali pa je sljedeće tri godine radila kao dobro plaćena dadilja. Radno se mjesto nalazilo 150 km sjeverno od Varšave, na seoskom imanju, a njen joj je vlasnik dozvolio da u slobodno vrijeme poučava njegovu nepismenu djecu, iako je to u carskoj Poljskoj značilo izdaju.

Na tom se imanju Marie zaljubila u najstarijeg sina Kazmierza, s kojim se i zaručila, ali i raskinula zaruke jer su joj njegovi roditelji jasno dali do znanja da nije financijski podobna za njihova sina. Bez obzira na to, njihova se veza nastavila za vrijeme njenog boravka na tom imanju. U slobodno je vrijeme čitala literaturu vezanu uz matematiku, fiziku i kemiju i tako se samoobrazovala. Nakon povratka u Varšavu, 1889. godine, živjela je kao dadilja još jednu godinu dok se nije preselila k ocu i počela raditi kao privatna učiteljica. Za vrijeme Marieina odsustva otac joj je postao ravnateljem reformirane škole i počeo dobro zarađivati pa je štedio dio novca kako bi mogao i Marie omogućiti odlazak na studij u Pariz. Već 1891. Marie je imala dovoljno novca da započne studij na poznatoj Sorbonni u Parizu.

Međutim, nije imala nikakva iskustva rada u laboratoriju. Zahvaljujući rođaku Josephu Bokuskiju, bivšem asistentu ruskog kemičara Dmitrija Mendeleeva, dobila je priliku raditi u takozvanom Muzeju industrije i agrikulture, što je zapravo bio laboratorij za poljske znanstvenike. Jedan od Boguskijevih kolega podučavao je Marie nedjeljom i večerima naprednoj kemiji.

Konačno je, u jesen 1891. godine, otputovala u Pariz. Pokušavajući što više ekonomizirati svoje putovanje, nosila je i preklopni stolac, hranu i pokrivač jer putujući kroz Njemačku u četvrtoj klasi nije imala pravo na stolac. Nekadašnja Manja postala je Marie pri upisu na Sorbonnu u jesen 1891. godine. U početku je živjela sa sestrom koja se udala za kolegu s medicinskog studija, poljskog patriota Casimira Dluskija. Međutim, njihov je dom bio sat vremena udaljen od Marieina sveučilišta, što ona nikako nije mogla prežaliti, kako zbog izgubljena vremena, tako i zbog utrošena novca na prijevoz. Između ostalog, i život u sestrinu domu značio je sudjelovanje u poljskoj izbjegličkoj zajednici u Parizu, što je Mariein otac smatrao zaprekom u njenoj budućoj karijeri. O tomu piše u svojem pismu:

[7] Curie, E. Marie Curie-Sklodowska. Zagreb: Narodna knjižara. 1946., str. 54

Nije mi pravo da si tako aktivno sudjelovala kod organizacije ove večeri. Makar je stvar potpuno nedužna, priređivačima se posvećuje velika pažnja. Vrlo dobro znaš da je i u Parizu dosta ljudi koji brižno paze na svaki vaš korak, koji bilježe imena osoba koje se bilo kako ispostavljaju te potom šalju ovamo izvještaje o njima. (...) Vrlo bi me boljelo, kada bi i ti došla na popis osumnjičenika.[8]

Zbog toga se nakon nekoliko mjeseci preselila u Latinsku četvrt, umjetničku i studentsku četvrt nedaleko sveučilišta. Njen se život svodio samo na nužno. U svojim je memoarima opisala kako se zimi grijala oblačeći svu odjeću koju je imala te kako je često padala u nesvijest od gladi.[9]

Po cijele dane živi o kruhu, sirovom maslu i čaju. Ako si htjedne nešto posebno priuštiti, pođe u najbližu mljekarnicu gdje si naruči dva jaja i kupi komadičak čokolade ili voće.[10]

Ona je vrlo brzo shvatila da puno toga mora nadoknaditi. Njeno znanje matematike, znanstveno predznanje, niti znanje francuskoj jezika nisu bili ni približno dobri kao u njenih kolega pa je dala sve od sebe da umanji ili izbriše tu razliku. Odlučila je dobro naučiti francuski jezik i umjesto da mjesecima ponavlja krive fraze kao većina njezinih sunarodnjaka, ona je temeljito naučila sintaksu i pravopis i odstranila i zadnje tragove nepravilnog naglaska.[11] Upornost joj se isplatila i na znanstvenom polju. Uz pomoć stipendije, 1893. godine završila je magisterij iz fizike, a 1894. godine magisterij iz matematike. Prije završetka studija dobila je ponudu za istraživanje magnetskih svojstava različitih vrsta željeza te je morala pronaći laboratorij za rad.[12]

Slika 2. Marie i Pierre Curie (Izvor: http://www.aip.org/history/curie/contents.htm, str. 16)

2.3. Znanstveni rad

Pierre Curie je imao laboratorij pa se s njim upoznala u proljeće 1894. godine. On je bio šef laboratorija na Pariškoj školi za industrijsku fiziku i kemiju. Iako u Francuskoj gotovo

[8] Curie, E. Marie Curie-Sklodowska. Zagreb: Narodna knjižara. 1946., str. 96
[9] *Marie Curie and the science of radioactivity,* http://www.aip.org/history/curie/contents.htm, str. 13
[10] Curie, E. Marie Curie-Sklodowska. Zagreb: Narodna knjižara. 1946., str. 103
[11] Curie, E. Marie Curie-Sklodowska. Zagreb: Narodna knjižara. 1946., str. 107
[12] *Marie Curie and the science of radioactivity:* http://www.aip.org/history/curie/brief/, str. 15

nepoznat, u inozemstvu je bio vrlo cijenjen. Rođen je u Parizu 1859. godine u liječničkoj obitelji.[13] Curie, tada deset godina stariji od Marie, ostvario je značajna postignuća u istraživanju magnetizma kristala, ali nije završio svoju doktorsku disertaciju.[14] Kako se Pierreov i Mariein odnos produbljivao, tako ju je on nagovarao da svoju karijeru nastavi u Parizu i da se ne vraća u Poljsku. Ona je njega, s druge strane, nagovorila da nastavi svoje istraživanje i dovrši doktorsku disertaciju. Kada je Pierre promoviran u profesora, rasle su njegove obveze prema učenicima, ali mu je laboratorij ostao u istom, lošem, stanju. O njemu je pisala i Marieina dugogodišnja prijateljica, Blanche Wittman:

> *Prema pisanju Blanche, laboratorij je zapravo bio stara, drvena šupa, napuštena remiza od dasaka čiji je krov pokriven staklom bio u tako jadnom stanju da je kiša sve vrijeme poplavljivala tu užasnu šupu koju je Medicinski fakultet nekada koristio kao prostoriju za obdukcije, a za koju su poslije smatrali da nije dostojna ljudskih, pa čak ni životinjskih leševa. Nije bilo poda, tlo je bilo pokriveno samo slojem asfalta, a namještaj se sastojao od nekoliko starinskih kuhinjskih stolova, ploče te starog kamina od lijevanog željeza i zahrđalih dimnjaka.*[15]

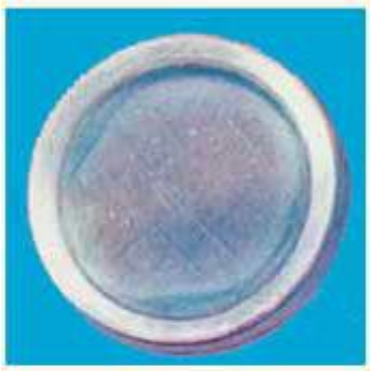
Pierre i Marie vjenčali su se u srpnju 1895. godine u posve neobičnim okolnostima. Ona nije imala bijelu haljinu, nisu imali zlatno prstenje, nisu imali svatove, a ni crkveni obred. Vjenčali su se u općinskom uredu gradića Sceaux, a proslavu su imali u vrtu kuće Rue des Sablons u krugu najbližih prijatelja i rodbine.[16] U sljedećih je dvije godine Marie dovršila svoje istraživanje. Iznijela je svoje rezultate nedugo prije negoli je rodila prvu kćer, Irene, u rujnu 1897. godine. Pierreov se otac, umirovljeni doktor, uselio k njima i pomagao u odgoju male Irene. Marie je započela potragu za temom koja će joj omogućiti stjecanje doktorskoga zvanja kojeg niti jedna žena u svijetu dotad nije stekla.[17]

2.4. Otkriće radija i polonija

Dva su misteriozna otkrića dovela Marie do započinjanja životnoga rada. U prosincu 1895. godine njemački je fizičar Wilhelm Röntgen otkrio zrake koje mogu putovati kako kroz puno drvo tako i tkivo. Nekoliko je mjeseci kasnije francuski fizičar Henri Becquerel otkrio da minerali koji sadrže uranij također zrače. Dok su se drugi znanstvenici ograničili istraživanjem

[13] Curie, E. Marie Curie-Sklodowska. Zagreb: Narodna knjižara. 1946., str. 120
[14] *Marie Curie and the science of radioactivity:* http://www.aip.org/history/curie/brief/, str. 10
[15] *Marie Curie and the science of radioactivity:* http://www.aip.org/history/curie/brief/, str. 15
[16] Curie, E. Marie Curie-Sklodowska. Zagreb: Narodna knjižara. 1946., str. 136
[17] *Marie Curie and the science of radioactivity:* http://www.aip.org/history/curie/brief/, str. 10

Röntgenovih zraka, Marie se zainteresirala za Becquerelovo istraživanje. Započela je s istraživanjem minerala koje sadrže uranij. Otkrila je da jačina zračenja ovisi o količini uranija u mineralu. Nije igralo ulogu kojeg je mineral odnosno spoj sastava, je li mokar ili suh, za određenu količinu radijacije bila je važna samo količina atoma uranija u spoju odnosno mineralu. Radijacija nije bila posljedica samo uranija. Isprobavajući razne kemikalije otkrila je da i torij također zrači. Kako bi opisala ponašanje ovih dvaju elemenata smislila je naziv radioaktivnost.[18] Marie je posumnjala da se u ovim spojevima/mineralima nalazi nova tvar koja je radioaktivna i koja dosad nije otkrivena. Mogućnost pronalaska novog elementa zaintrigirala je i Pierrea pa je ostavio svoje istraživanje kristala i pridružio se Marieinom istraživanju. Marie se prvo posvetila mjerenju ionizacijske sposobnosti uranovih zraka. Prvi uspjeh višetjednog rada bio je zaključak da je jakost tih izvanrednih zraka razmjerna s količinom uranija u istraženim primjercima i da na to izbacivanje, koje se može točno izmjeriti, nema upliva niti vrste kemijskog spoja u kojem se trenutno nalazi uranij, a niti vanjske okolnosti kao što su svjetlost i temperatura.[19] O tomu je pisala sestri Bronji:



Slika 3. Polonij (Izvor: http://www.aip.org/history/curie/contents.htm,, str. 24)

Slika 4. Radij (Izvor: http://www.aip.org/history/curie/contents.htm, str. 24)

> *Znaš, izžarivanje, koje si nisam mogla rastumačiti, dolazi od nekog do sada nepoznatog elementa... Počelo je tu; ali ga treba naći! Baš ništa ne sumnjamo! Fizičari, kojima smo govorili o njemu, misle da se potkrala kod eksperimentiranja kakova pogrješka pa nam savjetuju da budemo oprezni. A ja znam da se ne varam!*[20]

Dana 17. veljače 1898. godine u laboratoriju Curie prvi je put testirano zračenje crne, smolaste, laboratorijski obrađene i skuhane rudače koja je nazvana uranijev smolinac odnosno uraninit (UO_2); vađena je u području regije Joachimsthal uz granicu tadašnje Austro-Ugarske i Njemačke.[21] Profesor Suessa i austrijska država, koja je bila vlasnik rudnika, poslali su poruku

[18] *Marie Curie and the science of radioactivity:* http://www.aip.org/history/curie/brief/, str. 14
[19] Curie, E. Marie Curie-Sklodowska. Zagreb: Narodna knjižara. 1946., str. 156
[20] Curie, E. Marie Curie-Sklodowska. Zagreb: Narodna knjižara. 1946., str. 159
[21] *Marie Curie – her story in brief*: https://www.aip.org/history/exhibits/curie/brief/index.html, str. 14

da im otpadni produkti uranijeva smolinca mogu biti darovani.[22] Uranijev smolinac stoljećima se koristio kao dodatak keramičkim glazurama kako bi se postigle zanimljive umjetničke nijanse boje. To je zapravo važna komponenta boje pri proizvodnji poznatoga češkoga kristala. Kako bi proveli eksperiment s uranijevim smolincem i od te rudače proizveli određene komponente uranija, bila je potrebna velika količina, nekoliko tona. Posao je bio mukotrpan i prljav, a obavljan je u ispražnjenoj remizi pokraj laboratorija Marie i Pierrea Curiea u Parizu. Toga su dana pri eksperimentiranju ustvrdili da dolazi do jaka, neobična i dosad nepoznata zračenja – jače i od čistog uranija.[23] Na svojoj laboratorijskoj opremi obradili su čak 8 tona uranijevog smolinca dok 1902. godine nisu uspjeli izdvojiti jednu desetinku grama radijevog klorida.[24] U istraživanju se Marie koristila mjernim instrumentom koji su 15 godina ranije izumili njen muž i njegov brat. Njime je točno mjerila promjene koje su nevidljive zrake činile prolaskom kroz zrak. Iako su nova dva elementa bila slična bizmutu i bariju, imali su novo svojstvo – radioaktivnost.[25]

U izvještaju Akademiji, što ga je dao profesor Lippmann, a koji je bio objavljen u Izvještajima Akademije s danom 12. travnja 1898. godine, navješćuje Marie Sklodowska-Curie vjerojatnost postojanja neke nove vrlo radioaktivne tvari u uranijevom smolincu:

> *Dvije uranove rudače: uranov smolinac (uranov oksid) i halkolit (bakrov uranilfosfat) dosta su aktivniji od samog urana. Ta činjenica je vrijedna pozornosti, jer vodi k slutnji da bi se u navedenim rudačama mogao nalaziti element koji bi bio mnogo aktivniji nego uran...* [26]

To je bio prvi stupanj otkrića radija. Već 18. travnja iste godine, Pierre i Marie pišu izvještaj Akademiji:

> *Nekoji minerali, koji sadržavaju uran i torij (uranov smolinac, halkolit, uranit), vrlo jako izražavaju Becquerelove zrake. U nekoj prijašnjoj raspravi jedan je od nas dvoje upozorio da je njihova aktivnost dapače veća nego uranova ili torijeva te je izrazio mnijenje da će ta pojava biti posljedica neke druge vrlo aktivne tvari koja se u malim količinama nalazi u tim mineralima...*[27]

U izvještajima Akademiji iz srpnja iste godine stoji:

---

[22] *Marie Curie – her story in brief*: https://www.aip.org/history/exhibits/curie/brief/index.html, str. 16
[23] *Marie Curie – her story in brief*: https://www.aip.org/history/exhibits/curie/brief/index.html, str. 15
[24] http://www.chemgeneration.com/hr/marie-curie/otkri%C4%87e-polonija-i-radija.html, zadnji put pristupljeno 4.5.2016.
[25] *Marie Curie – her story in brief*: https://www.aip.org/history/exhibits/curie/brief/index.html, str. 24
[26] Curie, E. Marie Curie-Sklodowska. Zagreb: Narodna knjižara. 1946., str. 160
[27] Curie, E. Marie Curie-Sklodowska. Zagreb: Narodna knjižara. 1946., str. 162

Držimo da sadržava supstanca, koju smo izlučili iz uranove smole, dosada još nepoznato počelo koje je po svojim analitičkim osobinama srodno bizmutu. Ako se iskaže da ta kovina doista postoji, predlažemo, radi porijekla jednoga između nas, za nju ime polonij.[28]

Dana 18. srpnja 1898. godine članovi Instituta de France slušali su predavanje Henrija Becquerela, Marienog prijatelja i mentora, koji je objavio da su Marie i Pierre tijekom svojih eksperimentiranja s uranijevim smolincem pronašli nešto novo. Naslov u prilogu bio je „O novoj radioaktivnoj tvari u uranijevom smolincu“ i tada je prvi put u povijesti u javnosti uporabljena riječ radioaktivan. Što su proizvodili veću koncentraciju te tvari, otkrivali su da ima neobična svojstva i da spontano svijetli sama od sebe.[29] Blanche piše da su njihovi dragi proizvodi, za koje nisu imali ormar, bili poredani po stolovima i klupama, sa svih su strana mogli vidjeti njihove obrise koji su slabašno svijetlili i onaj svjetlucavi sjaj koji je izgledao kao da lebdi u tami, što ih je svaki put iznova očarao i dirnuo.[30] Otkrili su, dakle, ne jednu nego dvije nove tvari – prva je u spomen na Marieinu domovinu nazvana polonij, a druga radij prema latinskoj riječi za zraku - radij.[31] O radiju su pisali Akademiji 26. prosinca 1898.:

...Svi nabrojeni razlozi potvrđuju da sadržava nova radioaktivna tvar neko novo počelo za koje predlažemo ime radium. U novoj radioaktivnoj tvari je razmjerno sigurno vrlo malo barija; uza sve to radioaktivnost je prilična; radioaktivnost radija mora biti, dakle, ogromna.[32]

Javnost i industrijalci bili su oduševljeni ovim pronalaskom. Pierre je otkrio da radij može naštetiti živom mesu. To je pružalo novi način tretiranja raka i drugih teških bolesti. Međutim, Marie je jako smršavila tijekom svoga istraživanja, a i Pierre se često osjećao jako loše. Iako je to bila posljedica zračenja, Marie je u to odbijala vjerovati. S druge su strane bili industrijalci koji su u ovom pronalasku vidjeli priliku za zaradu. Podupirali su istraživanje, kako financijski, tako i materijalno.[33]

Međutim, laboratorijski radnici umirali su u neshvatljivo velikom broju, većina njih od leukemije, a mnogi su bivali osakaćeni baš kao i spomenuta Marieina prijateljica Blanche. Svejedno je zračenje dugo bilo smatrano ljekovitim: radioaktivni su lijekoviti izvori dugo bili vrlo popularni, radioaktivne bočice s Curie vodicom za kosu koja je trebala spriječiti opadanje

[28] Curie, E. Marie Curie-Sklodowska. Zagreb: Narodna knjižara. 1946., str. 163
[29] *Marie Curie – her story in brief*: https://www.aip.org/history/exhibits/curie/brief/index.html, str. 16
[30] *Marie Curie – her story in brief*: https://www.aip.org/history/exhibits/curie/brief/index.html, str. 17
[31] *Marie Curie – her story in brief*: https://www.aip.org/history/exhibits/curie/brief/index.html, str. 17
[32] Curie, E. Marie Curie-Sklodowska. Zagreb: Narodna knjižara. 1946., str. 166
[33] *Marie Curie – her story in brief*: https://www.aip.org/history/exhibits/curie/brief/index.html, str. 20

kose vrlo su se dobro prodavale. Crema Activa obećavala je čudo. Jedna europska farmakopeja iz 1929. sadržavala je osamdeset patenata za lijekove s radioaktivnim sastojkom: soli za kupanje, linimente, tablete za probavu, zubnu pastu i praline.[34]

2.5. Doktorska disertacija

Iako je industrija cvjetala, Marie i Pierre na tomu nisu pretjerano zaradili. Naprotiv, jedva su pokrivali svoje troškove. Zbog toga su se 1900. godine ponovno počeli baviti poučavanjem. Marie je postala prva žena koja je predavala na francuskoj školi za učiteljice. Godine 1902., četrdeset i pet mjeseci nakon onog dana kada su Curieji najavili vjerojatnost postojanja radija, Marie je konačno pobijedila u teškoj borbi. Uspjelo joj je dobiti desetinu grama čistog radija i po prvi puta odrediti njegovu atomsku težinu u iznosu od 225.[35] Godine 1903. dovršila je doktorsku disertaciju i tako postala prva žena koja je doktorirala u Francuskoj. O tomu je Eva Curie zapisala:

THÈSES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

Mme SKLODOWSKA CURIE

PARIS,

1903

Slika 5. Naslovna stranica teze Marie Curie (Izvor: https://www.aip.org/history/exhibits/curie/recdis1.htm)

> *Ta mlada žena stoji 25. lipnja 1903. pred školskom pločom u maloj dvorani na Sorbonni do koje dođeš po sakrivenim pužastim stepenicama. Prošlo je više od pet godina otkako je Marie započela pripremati svoju disertaciju. U vrtlogu koji je prouzročilo ogromno otkriće, dugo je odgađala s prijavom za doktorski ispit jer nije niti imala vremena prijaviti se na nj. Danas stoji pred svojim sucima.*[36]

Odbor koji je ocjenjivao njezinu tezu zaključio je da je njezin rad pridonio znanosti koliko nije niti jedan prije njega. Za svoje je zasluge u znanosti 1903. godine, zajedno s mužem, dobila Nobelovu nagradu za fiziku. Taj im je događaj promijenio život. Pierre je dobio profesorsko mjesto na Sorbonni, a Marie je dobila mjesto voditeljice laboratorija. Odluku života donijeli su iste te godine. Industrija radija bila je usponu i svi su htjeli znati kako izolirati čisti radij pa su na njihovu adresu svakodnevno stizala pisma s upitima iz cijeloga svijeta. Marie i Pierre usuglasili su se da će bez ikakve naknade podijeliti svoja saznanja:

---

[34] *Marie Curie – her story in brief*: https://www.aip.org/history/exhibits/curie/brief/index.html, str. 21-22
[35] Curie, E. Marie Curie-Sklodowska. Zagreb: Narodna knjižara. 1946., str. 178
[36] Curie, E. Marie Curie-Sklodowska. Zagreb: Narodna knjižara. 1946., str. 204

Sporazumno sa mnom Pierre Curie se odrekao svog novčanog dobitka koji bi mogao imati; naše otkriće nismo zaštitili patentom i bez pridržavanja objavili smo rezultat našeg istraživanja kao i postupak za dobivanje radija. Osim toga davali smo zanimanima sva objašnjenja što su ih željeli. To je bila velika blagodat za industriju radija jer se mogla sasvim slobodno razvijati – najprije u Francuskoj, a zatim i u inozemstvu te je mogla opskrbljivati liječnike i učenjake potrebnim proizvodima. Ta industrija služi se još danas gotovo neizmijenjenim našim postupkom.[37]

Marie i Pierre Curie tako su izabrali siromaštvo. Bilo kako bilo, priznanja su samo stizala. Kraljevsko društvo Londona odlikovalo je nju i Pierrea, Davyjevom medaljom, a 1904. godine Talijani su im dodijelili Matteuccijevu medalju (vidi Prilog 1).[38] Međutim, njihovo se zdravstveno stanje pogoršavalo pa do 1905. godine nisu posjetili Švedsku kako bi održali govor i preuzeli nagradu. Ta im je nagrada, što se može pročitati iz Marieinog pisma bratu Josephu, značila puno jer je iznosila oko sedamdeset tisuća franaka.[39] Samo godinu dana kasnije, 19. travnja 1906. godine, nakon rada u laboratoriju Pierre je krenuo u knjižnicu, poskliznuo se na mokroj cesti i pao pod zaprežna kola. Umro je na mjestu. Jedanaest dana nakon muževe smrti Marie je počela voditi dnevnik preko kojega je tugovala za suprugom.[40] O njegovoj smrti pisala je Blanche:

Slika 6. Laboratorij u kojemu je izoliran čisti radij (Izvor: http://www.aip.org/history/curie/contents.htm,)

Kišilo je. Na raskrižju je bio intenzivan promet. Pierre je zakoračio na cestu kako bi prešao ulicu kada su devet metara duga kola u punoj brzini naletjela u skretanju s Pont-Neufa. Kočijaš, umirovljeni mljekar po imenu Louis Manin, primjetio je tramvaj zdesna na Quai Contiju i obuzdao konje, ali vozač tramvaja dao je znak kočijašu da može proći. Kočijaš Manin gotovo je prešao raskrižje kada se jedan lik pojavio iza kočije koja je prošla. Oba su se konja tada propela, a muškarac je imao, čini se, problema s kretanjem. Muškarac je pao na cestu. Kočijaš je tada pokušao

[37] Curie, E. Marie Curie-Sklodowska. Zagreb: Narodna knjižara. 1946., str. 207-208
[38] http://www.chemgeneration.com/hr/marie-curie/prva-priznanja.html, zadnji put pristupljeno 5.5.2016.
[39] Curie, E. Marie Curie-Sklodowska. Zagreb: Narodna knjižara. 1946., str. 213
[40] *Marie Curie – her story in brief*: https://www.aip.org/history/exhibits/curie/brief/index.html, str. 29

usmjeriti konje i kola ulijevo i prednji je kotač uspio izbjeći nobelovca koji je ležao na cesti, ali je stražnji, željezom obloženi kotač, prešao ravno preko Currieve glave i razbio je. Kola su težila šest tona.[41]

Da je Pierre doista bio jako bolestan vidljivo je i iz njegova pisma Georgesu Goyu 19. rujna 1905. u kojemu i sam sumnja u mogućnost nastavka svoga rada, s obzirom da mu i najmanji napor već dulje vrijeme smeta.[42] Iako duboko pogođena tragedijom, Marie je nastavila svoj rad dan nakon sprovoda. Neki su znanstvenici osporavali elementima jedinstvenost pa se Marie posvetila obrani svoje teze. Sedmog rujna 1910. Marie Curie i Andre Debierne izoliraju čisti radij.[43] To su postigli korištenjem elektrolitičkog procesa iz kovine uranijevog smolinca.[44] Godine 1910. objavila je temeljnu raspravu o radioaktivnosti, pod čijim je utjecajem značajan broj znanstvenika širom svijeta počeo proučavati radioaktivne tvari.[45]

U spomen na muža uvjerila je francusku vladu i privatni Institut Pasteur da financiraju Institut radija. Rastrgana između rada na institutu i majčinstva, Marie je duboko pogodilo i odbijanje primanja u članstvo Francuske akademije znanosti 1911. godine.[46] Iako ju oni nikada nisu priznali jer je žena, nagrada i priznanja joj nije manjkalo (vidi Prilog 1 i Prilog 4).

Međutim, stvari su se okrenule u njezinu korist – postavljena je na mjesto svoga pokojnog muža za predstojnicu fizike na Sorbonni. Tako je postala prva žena koja je podučavala na Sorbonni, a nakon dobivanja Nobelove nagrade 1911. godine postala je prvi znanstvenik sa dvije Nobelove nagrade.[47] Na tu je dodjelu povela svoju stariju kćer Irene. Mirno razdoblje nije dugo trajalo. Marieinu je karijeru duboko potresla privatna afera s Paulom Langevinom.

---

[41] Enquist P. O. Knjiga o Blanche i Marie. Zagreb: Fraktura , 2007., str. 74
[42] Curie, E. Marie Curie-Sklodowska. Zagreb: Narodna knjižara. 1946., str. 227
[43] Enquist P. O. Knjiga o Blanche i Marie. Zagreb: Fraktura , 2007., str. 82
[44] Enquist P. O. Knjiga o Blanche i Marie. Zagreb: Fraktura , 2007., str. 85
[45] http://www.chemgeneration.com/hr/marie-curie/marija-predava%C4%8Dica-i-istra%C5%BEiva%C4%8D.html, zadnji put pristupljeno 5.5.2016.
[46] *Marie Curie – her story in brief*: https://www.aip.org/history/exhibits/curie/brief/index.html, str. 31
[47] Povijest svijeta. Zagreb: Readers Digest i Mozaik knjiga. 2007., str. 122

2.6. Ljubavna afera i krah karijere

Marie i Paul Langevin upoznali su se još 2. lipnja 1903. godine, na dan kada je obranila svoju doktorsku disertaciju.[48] Paul je bio učenik Pierrea Curriea koji je 1907. dao svoj najveći prilog fizici: primjenu teorije elektriciteta na fenomen magnetizma.[49] Marie se s oženjenim Paulom upušta u ljubavnu aferu i 15. srpnja 1910. godine zajedno unajmljuju stan koji im je služio samo za sastanke.[50] Njihova je sreća potrajala samo šest mjeseci. Žena Paula Langevina pronašla je ljubavno pismo koje je Marie uputila Paulu i zaprijetila joj smrću. U kolovozu 1910. godine, kako bi izbjegla javnu sramotu, Marie odlazi s djecom izvan Pariza, u L'Arcouest, odakle piše Paulu pismo koje će joj promijeniti život. Godinu dana kasnije, 3. studenog 1911. godine, Marie i Paul zajedno su sudjelovali na konferenciji u Solvayu na kojemu se družila s Einsteinom koji će ju kasnije opisati kao „strastvenu ženu oštre inteligencije“. Dan nakon završetka konferencije, u novinama *La journal* objavljeno je Marieino pismo u kojemu ga traži da napusti svoju ženu i obitelj. Taj joj je događaj toliko naškodio da se više nikada nije u potpunosti mogla vratiti svojim znanstvenim istraživanjima.[51] Vijest o razarateljici brakova toliko je razjarila javnost da su došli pred Marieinu kuću s prijetnjama. Zbog dodjele Nobelove nagrade, reagiralo je i vijeće Kraljevske akademije znanosti iz Švedske, traživši Marieino očitovanje u svezi skandala. Marie je odgovorila na njihovo pismo, otputovala u Švedsku i ponosno preuzela zasluženu nagradu. Međutim, njena je karijera bila u padu.[52]

Slika 7. Marie Curie i kćer Irene (Izvor: http://www.aip.org/history/curie/contents.htm)

Dvije godine nakon što je Marie Sklodowska Curie primila svoju drugu Nobelovu nagradu, onu iz kemije 1911. godine, i kada se njezin ljubavnik Paul Langevin vratio svojoj supruzi Jeanne te uz njezin pristanak organizirao trajniju seksualnu vezu sa svojom tajnicom, Marie je pretrpjela ne toliko očekivan, ali težak gubitak kada je njena prijateljica Blanche Wittman jednog jutra pronađena mrtva u Marieinu stanu u Parizu. Nikada nije potvrđen uzrok smrti, ali oni koji su došli po tijelo primijetili su njezinu neznatnu visinu i kako je Marie Curie inzistirala da sama podigne taj osakaćeni torzo i stavi ga u lijes. Umrla Blanche Wittman opisana je u jednom

[48] Enquist P. O. Knjiga o Blanche i Marie. Zagreb: Fraktura, 2007., str. 60
[49] Enquist P. O. Knjiga o Blanche i Marie. Zagreb: Fraktura, str. 106
[50] Enquist P. O. Knjiga o Blanche i Marie. Zagreb: Fraktura, str. 110
[51] Enquist P. O. Knjiga o Blanche i Marie. Zagreb: Fraktura, str. 167
[52] Enquist P. O. Knjiga o Blanche i Marie. Zagreb: Fraktura, str. 178

nekrologu kao nezapamćeni fenomen, a za sobom je ostavila tri bilježnice koje su postale poznate tek krajem tridesetih godina i koje nikada nisu objavljene u cjelosti.[53] Blanche je dvije godine radila kao asistentica u bolnici na rentgentskom odjelu. Zatim je došla u laboratorij Marie Curie gdje je nekoliko godina kasnije otkriven radij. [54] Kada je preminula imala je 42 kilograma, a bila visoka 102 cm. Tada je u principu bila torzo: lijeva noga joj je bila amputirana do koljena, desna noga do kuka i lijeva ruka.[55]

2.7. Posljednji dani

U godinama koje se uslijedile Marie je proučavala primjenu radioaktivnosti u medicini koristeći rendgentske zrake te je bila na čelu francuske radiološke službe u Prvom svjetskom ratu. Kasnije je radila na novoosnovanom Institutu za radijaciju koji će postati vodeći u međunarodnim istraživanjima u nuklearnoj fizici. [56] Za vrijeme Prvog svjetskog rata, Marie Curie posvetila se, uz pomoć svoje kćeri Irène, razvoju medicinske primjene rendgenske radiografije.

Slika 8.
Marie Curie provodila je ekperimente sa svojom kćerkom, koja je i sama bila priznati kemičar (Izvor: http://www.chemgeneration.com/hr/marie-curie/radiologija-u-medicini.html)

Zalagala se za korištenje mobilnih radiografskih jedinica, popularno poznatih kao „mali Curiejevi" („petites Curies"), koje su odigrale značajnu ulogu u dijagnostici ranjenih vojnika. Laboratorij pod vodstvom Marie Curie bio je prvi u svijetu koji je proveo eksperimente na liječenju stanica raka zračenjem. Marie je shvatila da je potrebno prikupiti velike količine radioaktivnih tvari da bi se liječile bolesti i osigurala dovoljna količina materijala za istraživačke radove. Kako bi to ostvarila, posjetila je više zemalja.[57]

Budući da su pogubni utjecaji radijacije u 20. stoljeću bili još nepoznati, Curievi su provodili istraživanja bez ikakve zaštite od radioaktivnih tvari. Govorilo se da Marie voli lijepo plavozeleno svjetlo koje su tvari emitirale u tami, tako da je ispitne cijevi s radioaktivnim izotopima nosila u džepu i držala ih u ladici od stola. Bila je slabog zdravlja, što je zasigurno bilo

[53] Enquist P. O. Knjiga o Blanche i Marie. Zagreb: Fraktura, str. 10
[54] Enquist P. O. Knjiga o Blanche i Marie. Zagreb: Fraktura, str. 11
[55] Enquist P. O. Knjiga o Blanche i Marie. Zagreb: Fraktura, str. 12
[56] Povijest svijeta. Zagreb: Readers Digest i Mozaik knjiga. 2007., str. 122
[57] http://www.chemgeneration.com/hr/marie-curie/radiologija-u-medicini.html, zadnji put pristupljeno 4.5.2016.

izazvano velikim izlaganjem radijaciji.[58] Preminula je 4. srpnja 1934. godine od posljedica aplastične perniciozne anemije (leukemije) koja je brzo napredovala praćena groznicom, a koštana srž nije reagirala, vjerojatno zbog ozljeda zadobivenih dugotrajnim zračenjem. Njezin je lijes spušten na Pierreov na groblju u Sceauxu. Obitelj i pet prijatelja bili su jedini koji su nazočili ceremoniji koja je bila žestoko krizirana u *Le Journalu*. [59] Godine 1995. u čast njihovih dostignuća, Francuzi su prenijeli posmrtne ostatke supružnika u pariški Panteon. Intenzitet radioaktivnosti kojoj su Curiejevi bili izloženi bio je tako visok da se njihova laboratorijska oprema, knjige i bilješke još uvijek smatraju previše opasnim za rukovanje i drže se u kutijama obloženim olovom.[60]

3. Veliki trag u znanosti – značaj istraživanja i otkrića

3.1. Mjesto Marie Curie u istraživanju radioaktivnosti

Važan doprinos otkriću radioaktivnosti dao je Wilhelm C. Röntgen, rođen 1845. godine u Pruskoj. Dobio je prvu Nobelovu nagradu za fiziku 1901. godine za zasluge u pronalasku rendgenskih ili X-zraka. Röntgen je misteriozne nevidljive zrake otkrio 8. studenog 1895. godine dok je proučavao katodne zrake. Tim je zrakama dao ime X-zrake zbog neznanog porijekla. Shvativši da bi otkriće moglo biti revolucionarno, sklonio se dva mjeseca u izolaciju. Tek 28. prosinca 1895. podnio je službeno izvješće o svomu pronalasku. U svom je izlaganju pokazao poznatu sliku ljudske ruke pa su 1896. te zrake po njemu nazvane rendgenskim zrakama.[61]

Godinu dana nakon otkrića X-zraka, Francuz Henri Becquerel zainteresirao se za uranij jer je znao da njegove soli daju jaku flouroscentnu svjetlost čije je svjetlucanje trajalo dugo nakon izlaganja suncu. Otpočeo je niz eksperimenata stavljajući svjetlucajuće primjerke na fotografske ploče, dobro umotane u crni papir. Nakon što je razvio ploče uočio je da su na njih djelovale uranijeve soli.[62] Došlo je kišno razdoblje, a Becquerel je okušao sreću eksperimentirajući bez prethodnog izlaganja uranijevih soli sunčevom zračenju. Kako su one ponovno djelovale na ploče, došao je do zaključka da je uranij neprestano „živ“ i da otpušta neku novu vrstu zračenja. Bio je to početak nečega novoga – početak radioaktivnosti.[63]

Tu nastupa Marie Curie i njen muž Pierre. Oni su se u istraživanjima vratili ne samo na uranij nego na izvorište – uranijevu rudu. Testirajući razne uzorke došli su do spoznaje da se u rudi nalazi neki element radioaktivniji od samog uranija. Razdvajajući uranijevu rudu u dugom

[58] http://www.chemgeneration.com/hr/marie-curie/marijina-smrt.html, zadnji put pristupljeno 4.5.2016.
[59] Enquist P. O. Knjiga o Blanche i Marie. Zagreb: Fraktura , 2007, str. 210
[60] http://www.chemgeneration.com/hr/marie-curie/marijina-smrt.html, zadnji put pristupljeno 4.5.2016.
[61] L'Annunziata M.F., Radioactivity - Introduction and History, Amsterdam, Elsevier, 2007., str. 48
[62] Haber H. Naš prijatelj atom., Zagreb: Školska knjiga. 1962., str. 78
[63] Haber H. Naš prijatelj atom., Zagreb: Školska knjiga. 1962., str. 80

procesu uzorak je postajao sve manji, a radioaktivnost sve veća. Prvi element koji je izdvojila nazvala je, kako smo već spomenuli, polonij. Daljnjim eksperimentiranjem i razdvajanjem pronašla je još jedan element, radij. Tako su slučajno otkriće Henrija Becquerela i ustrajan rad Marie Curie postavili čvrste temelje suvremenoj fizici.[64] Kasnije su otkrivene tri vrste zračenja – alfa, beta i gama-zrake.[65] Čuveni novozelandski fizičar Ernest Rutheford i njegov suradnik kemičar Frederick Soddy pobili su Demokritovu tezu o nedjeljivosti. Oni su dokazali da se neki atomi raspadaju na dijelove. Atom radija je tako 226 puta teži od vodikova atoma, što znači da mu je atomska težina 226. Alfa čestica je četiri puta teža od vodikova atoma. Prema tome, kad atom radija izbaci jednu alfa česticu, on u tom procesu gubi četiri jedinice težine i prelazi na atomsku težinu 222. To je sasvim drugi atom. Atomi kemijske težine 222 pripadaju drugom kemijskom elementu čije je ime radon, a to je inertan, težak plin.[66] Radon je također radioaktivan element pa se njegovi atomi dalje raspadaju i prelaze u atome nekog trećeg elementa. Na kraju u tom nizu procesa raspada od prvobitnog atoma radija nastaje atom olova. Atom olova je stabilan i on zauvijek ostaje nepromijenjen. Emisija beta zračenja može i ne mora promijeniti atom, dok gama zrake ne mijenjaju kemijsku prirodu atoma.[67]

Činjenica koju je Marie zabilježila – da radij emitira toplinu – zainteresirala je mnoge znanstvenike. Otkriće radioaktivnosti omogućilo je znanosti uvid u atomsku energiju. Prve osnove za razumijevanje ove nove vrste energije dao je čuveni Albert Einstein u svojoj teoriji relativnosti. Atomska je energija promijenila tadašnje shvaćanje svijeta.[68]

3.2. Značaj Marieinog znanstvenoga rada

Rad Marije i Pierrea Curie odredio je početak nove ere u fizici i kemiji te dao snažan poticaj istraživanjima radioaktivnosti koja su provodili njihovi suvremenici, a koja provodi i nova generacija znanstvenika. U sljedećim godinama znanstvenici su otkrili pravila radioaktivnog raspadanja. Njena je kći nastavila njeno istraživanje pa se bavila istraživanjem umjetne radioaktivnosti. Marie se također pripisuje da je omogućila suvremenoj i sljedećoj generaciji znanstvenika da izvedu eksperimente s fisijskim materijalima. I njezina kći, Irene Joliot-Curie, duguje svoja dostignuća majčinom radu i pronalascima. Zajedno sa svojim suprugom, Irene je 1935. godine dobila Nobelovu nagradu za kemiju kao priznanje za otkriće umjetne radioaktivnosti. Na osnovi njenih pronalazaka James Chadwick je otkrio postojanje neutrona. Rad Marie Curie potaknuo je medicinsku primjenu radija za liječenje tumora. U čast

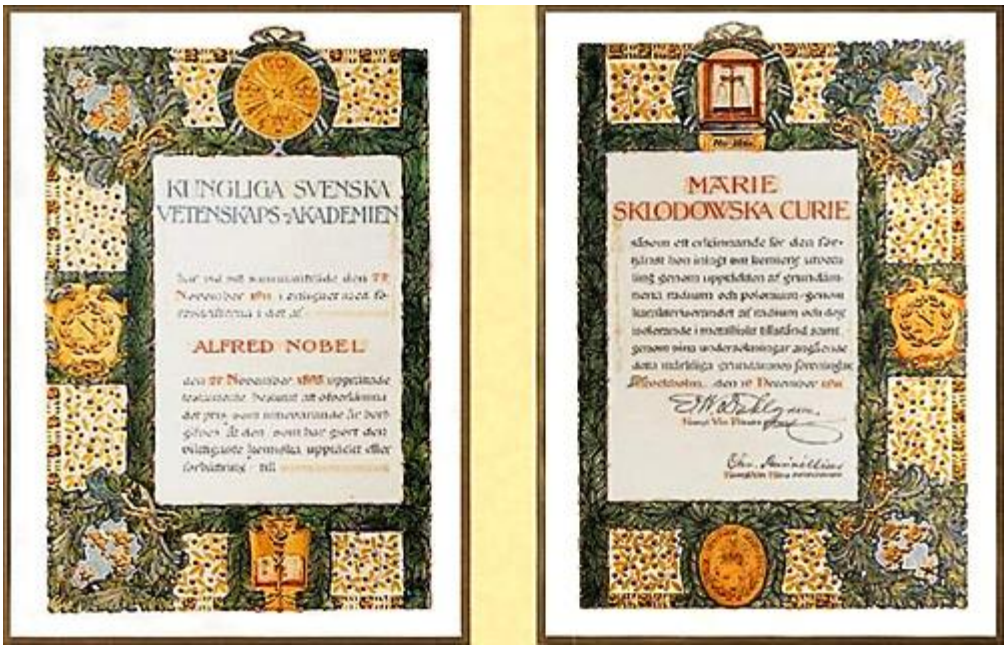
[64] Haber H. Naš prijatelj atom., Zagreb: Školska knjiga. 1962., str. 83
[65] Haber H. Naš prijatelj atom., Zagreb: Školska knjiga. 1962., str. 85
[66] Haber H. Naš prijatelj atom., Zagreb: Školska knjiga. 1962., str. 86
[67] Haber H. Naš prijatelj atom., Zagreb: Školska knjiga. 1962., str. 87
[68] Haber H. Naš prijatelj atom., Zagreb: Školska knjiga. 1962., str. 91

Curiejevih mjerna jedinica za radioaktivnost izvan SI-sustava mjera nazvana je kiri (Ci). Izvorno je jedan kiri bio jednak radioaktivnosti jednog grama radija 226. Po njima su nazvani i kirij, umjetno sintetiziran kemijski element sa simbolom Cm i atomskim brojem 96, kao i radioaktivni minerali sklodovskit i kuprosklodovskit.[69]

Slika 9. Minerali koji su dobili ime prema Curievima (Izvor: autoričin fond)

Tijekom života Marija je držala predavanja u više europskih zemalja, a posjećivala je i Sjedinjene Američke Države i Brazil. Iako je to mogla, nikad nije prisvajala korist bilo za sebe, bilo za svoju djecu. Kad su Curiejevima bili ponuđeni veliki novčani iznosi za postupak izoliranja radija, dvoje znanstvenika podijelilo je rezultate svojih istraživanja i zalihu radija sa znanstvenim svijetom besplatno.[70] Njihov rad postao je temelj za mnoga daljnja istraživanja u nuklearnoj fizici i kemiji.[71]

[69] http://www.chemgeneration.com/hr/marie-curie/utjecaj-njenog-rada.html, zadnji put pristupljeno 4.5.2016.
[70] http://www.chemgeneration.com/hr/marie-curie/marija-predava%C4%8Dica-i-istra%C5%BEiva%C4%8D.html, zadnji put pristupljeno 4.5.2016.
[71] Maravić B. Marie Curie-Sklodowska - 100. obljetnica dodjele Nobelove nagrade za kemiju// Kemija u industriji/ vol. 60, br.12. Zagreb. 2011., str. 677



Slika 10. Nobelova nagrada za kemiju 1911. godine (Izvor: https://www.nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/1911/marie-curie-diploma.html)

3.3. Postupak izoliranja radija i polonija

Marie Curie je 1903. godine napisala niz članaka u kojima je opisala postupak izoliranja radija i polonija. Njeni su članci, koji nose naziv *Radio-active substances*, detaljno opisivali njihova otkrića, od dostignuća drugih znanstvenika do tada[72], preko mjerenja intenziteta radioaktivnog zračenja[73] do samog postupka izolacije radija i polonija. Ona navodi da je analiza uranijeva oksida dovela do otkrića polonija i radija. Kroz jednu od sljedećih metoda frakcioniranja, proizvodi bizmuta pokazali su se iznimno bogatim polonijem:

1. sublimacija sulfida *in vacuo*: aktivan sulfid je promjenjiviji od bizmutovog sulfida;

2. taloženje otopina nitrata u vodi: taloženje osnovnog nitrata je aktivnije nego sol koja ostaje u talogu;

3. taloženje sumporovim vodikom otopine klorovodične kiseline, iznimno jake kiseline: nataloženi sulfidi su mnogo aktivniji nego soli koje ostaju u otopini.

Radij je tvar koja dolazi uz barij nataložen u uranijevom oksidu; podsjeća na barij prema reakcijama, a razdvaja se od njega kroz razliku u topljivosti klorida u vodi, u razrijeđenom alkoholu ili u vodi zakiseljenoj klorovodičnom kiselinom. Postigli su odvajanje klorida barija i

[72] *The chemical news and journal of physical science, A journal of practical chemistry*, ur. sir William Crookes, Vol LXXXVII, London, 21. kolovoza 1903., str. 85
[73] *The chemical news and journal of physical science, A journal of practical chemistry*, ur. sir William Crookes, Vol LXXXVII, London, 28. kolovoza 1903., str. 97

radija podvrgavanjem smjese frakcijskoj kristalizaciji pri čemu je radijev klorid bio manje topljiv nego barijev.[74] U nastavku navodimo postupak izoliranja polonija i radija.

3.3.1. Izoliranje polonija

Prvi korak u izoliranju je izoliranje barija s radijem iz rude uranija, kao i bizmuta s polonijem i rijetkih uzoraka koji sadrže aktinij. Kada se ova tri primarna proizvoda izoliraju, izolacija novog radioaktivnog tijela iznimno je zahtjevna. U drugom se dijelu koristi postupak frakcionacije iako postoji mogućnost gubljenja dijela materije koja se razdvaja. Nakon što su dobili nekoliko tona uranijeve rude, o čemu sam već pisala, najvažnija stavka bila je pretvaranje sulfata u karbonate prokuhavanjem materije u koncentriranoj otopini natrijeva karbonata. Ostatak uglavnom sadrži sulfate olova i kalcija, silicijev dioksid, aluminijev oksid i željezni oksid. Gotovo svi metali nalaze se u većoj ili manjoj koncentraciji (bakar, bizmut, cink, kobalt, mangan, nikal, vanadij, antimon, talij, niobij, tantal, arsen, barij, itd.). Radij se u ovoj mješavini nalazi kao sulfat i u njoj je najmanje topljiv. Kako bi se otopio važno je ukloniti sumpornu kiselinu koliko god je to moguće, a kako bi se to postiglo, otopina se prvo tretira kuhanjem koncentrirane natrijeve otopine. Sumporna kiselina kombinirana s olovom, aluminijem i kalcijem prelazi većim dijelom u otopinu natrijeva sulfata koji se razdvaja neprestanim ispiranjem vodom. Alkalna otopina istovremeno uklanja olovo, silicij i aluminij, a netopljivi dio uklanja se običnom klorovodičnom kiselinom. Ovaj postupak potpuno dezintegrira i otapa većinu materije. Polonij i aktinij se mogu dobiti iz te otopine; polonij se taloži uz sumporov vodik, a aktinij se može pronaći u vodicima nataložen u amonijaku u otopini odvojenoj od sumpora i oksidiran. Radij ostaje u netopljivom dijelu. Ovaj dio se ispire vodom i onda tretira s vrućom otopinom soda karbonata. Ovaj postupak dovršava transformaciju sulfata barija i radija u karbonate. Materija se tada temeljito ispire vodom, a onda tretira hidrokloričnom kiselinom. Otopina sadržava radij, kao i polonij i aktinij. Onda se filtrira i taloži sa sumpornom kiselinom. Na taj se način, od olova i željeza izdvajaju sirovi sulfati barija koji sadrže radij i kalcij, kao i od tragova aktinija. Otopina i dalje sadrži mali dio aktinija i polonija koji se mogu izdvojiti hidrokloričnom otopinom. Od jedne tone materije dobije se od 10 do 20 kilograma sirovih sulfata, čija je aktivnost 30 do 60 puta veća od one metalnog uranija. Onda se moraju pročistiti. Kako bi se to postiglo, oni se kuhaju s natrijevim karbonatom i pretvaraju se u kloride. Otopina se tada tretira sa sulfitnim hidrogenom koji daje malu količinu aktivnih sulfita koji sadrže

[74] *The chemical news and journal of physical science, A journal of practical chemistry*, ur. sir William Crookes, Vol LXXXVII, London, 11. rujna 1903., str. 134

polonij. Otopina se filtrira i oksidira i taloži s čistim amonijakom. Nataloženi hidrati i oksidi su iznimno aktivni i aktivnost se pripisuje aktiniju. Filtrirana otopina se taloži s natrijevim karbonatom, a nataloženi karbonati alkalnih elemenata ispiru se i pretvaraju u kloride. Ovi kloridi isparavaju pa se ispiru s čistom koncentriranom hidrokloričnom kiselinom. Kalcijev klorid gotovo se u potpunosti razgrađuje, dok klorid barija i radija ostaje neotopljen. Tako se od jedne tone originalnog materijala dobiva oko 8 kilograma barijeva i radijeva klorida čija je aktivnost oko 60 puta jača od metalnog uranija. Klorid je tada spreman za frakcionaciju.[75] Kao što je već rečeno, prolazeći sumpornom kiselinom kroz razne hidrokloričnе otopine aktivni se sulfidi talože čija se aktivnost pripisuje poloniju. Ovi sulfidi načelno sadrže bizmut, malo bakra i olova koji se pojavljuju u relativno malim količinama jer se njihov veliki dio uklanja natrijevom otopinom i jer je njihov klorid slabo topljiv. Antimon i arsen nalaze se u oksidima u najmanjim količinama, a njihovi se oksidi također razgrađuju u natriju. Kako bi se dobili iznimno aktivni sulfati primjenjuje se sljedeći postupak: otopine prate snažne kiseline s hidrokloričnom kiselinom ako su nataložene hidrogen sulfatom, sulfiti na taj način nataloženi vrlo su aktivni i potrebni su za izolaciju polonija, a u otopini tada ostaju tvari koje se ne mogu u potpunosti taložiti u hidrokloričnoj kiselini (bizmut, olovo, antimon). Kako bi se dovršilo taloženje otopina se razrjeđuje vodom i ponovno tretira hidrogen sulfatom koji daje drugi talog sulfida, mnogo manje aktivan nego prvi. Za daljnju purifikaciju sulfida potrebno je ispiranje amonijevim sulfidom koji uklanja posljednje tragove antimona i arsena. Onda se ispiru vodom i amonijevim nitratom i tretiraju razrijeđenom dušičnom kiselinom. Nikada se ne pojavljuje cjelovita otopina; uvijek postoji netopljivi ostatak, veći ili manji, koja se može iznova otapati. Otopina je smanjena na mali volumen i taloži se ili pomoću amonijaka, ili dodavanjem vode. Olovo i bakar tada ostaju u otopini, a malo bizmuta, slabo aktivnoga, ponekad također ostaje u otopini. Talog oksida i temeljnih nitrata podvrgava se frakcionaciji na sljedeći način: talog se rastvara u dušičnoj kiselini i otopini se dodaje voda dok se ne stvori dovoljna količina taloga. Talog se razdvaja od plutajuće tekućine i ponovno rastvara u dušičnoj kiselini nakon čega se tekućine tako dobivene i ponovno nataložene s vodom tretiraju kao i prije. Različite se frakcije kombiniraju s obzirom na njihovu aktivnost i koncentracija se izdvaja koliko je god to moguće. Na taj se način dobiva jako mala količina iznimno aktivne tvari koja pokazuje samo linije bizmuta na spektrometru.

[75] *The chemical news and journal of physical science, A journal of practical chemistry*, ur. sir William Crookes, Vol LXXXVII, London, 11. rujna 1903., str. 134-135

Dobivanje novih tvari moguće je fuzijom s kalijevim cijanidom. Talozi su ponekad bijeli, no češće žućkasti ili crvenkasti.[76]

3.3.2. Izoliranje radija

Prvi korak u izdvajanju čistog radijevog klorida čini pravljenje mješavine klorida u frakcijsku kristalizaciju u čistoj vodi, a onda u vodi u koju je dodana hidroklorična kiselina. Razlika u otopinama dvaju klorida koristi se jer je radij manje topljiv nego barij. Na početku frakcionalizacije koristi se čista destilirana voda. Rastvara se klorid i otopina se zagrijava do vrenja kako bi se omogućilo kristaliziranje hlađenjem. Na dnu se stvaraju prekrasni kristali i plutajuća zasićena otopina lako se dekantira. Ako dio otopine ispari i pretvori se u prah, klorid koji se dobije je oko pet puta manje aktivan nego onaj kristalizirani. Klorid se zato razdvaja u dva dijela, pri čemu je prvi više aktivan nego drugi. Postupak se ponavlja s oba dijela i dobivaju se dva nova dijela od svakoga. Kada se završi postupak kristalizacije manje aktivan dio dodaje se novom jače aktivnom dijelu. Tako nastaje treći dio koji se podvrgava istom postupku. Aktivnost svakog novog razdvojenog dijela se smanjuje. Kada njegova aktivnost postaje nemjerljiva, prestaje postupak frakcionizacije. Tako se uklanja neaktivni dio, a u aktivnom dijelu ostaje klorid bogat radijem. Marie Curie ističe da je količina materije u frakcijama manja što se više povećava aktivnost.[77]

3.3.3. Radij i polonij danas

Radij je prirodni, sjajni, srebrnkasti, mekani i radioaktivni element iz grupe zemnoalkalijskih elemenata. Svijetao je kad je svježe pripremljen, ali potamni na zraku. Radij reagira sa kisikom i vodom. Radijeve soli sjaje. Curie (Ci) je jedinica radioaktivnosti i definirana je onom količinom radioaktivnosti koja ima mjeru raspada kao i 1 g ^{226}Ra, a to je $3{,}7 \cdot 10^{10}$ raspada u sekundi. Uz polonij, pripada u skupinu najrjeđih elemenata koji se nalaze u Zemljinoj kori. Kao produkt radioaktivnog raspada uranija nalazi se u tragovima u uranijskim rudama; daljnjim raspadom, njegovi se atomi pretvaraju u atome radona, a ovi konačno u atome olova ^{206}Pb. Na 1000 t eruptivnog stijenja ima u prosjeku samo 2-3 mg radija.

Najbogatija sirovina za proizvodnju radija je uranijev smolinac, a jedna tona sadržava 0,4 g radija. Dobivanje radija iz ruda koje ga sadržavaju u tako maloj količini mučan je i skup proces, stoga ga do danas (u obliku spojeva) na cijelom svijetu ukupno nije proizvedeno ni 1 kg.

---

[76] *The chemical news and journal of physical science, A journal of practical chemistry*, ur. sir William Crookes, Vol LXXXVII, London, 18. rujna 1903. str. 145-146

[77] *The chemical news and journal of physical science, A journal of practical chemistry*, ur. sir William Crookes, Vol LXXXVII, London, 18. rujna 1903., str. 146-147

Elementarni radij jest metal srodan i sličan kalciju i bariju, može se dobiti elektrolizom radij-klorida. Budući da je radioaktivnost svojstvo atomske jezgre, jednako su radioaktivni spojevi kao i sam metal; stoga se radij redovito proizvodi i upotrebljava u obliku bromida, $RaBr_2$. Radij služi kao izvor zračenja u nuklearnim istraživanjima, za liječenje raka, za industrijsku radiografiju, kontinuirano mjerenje debljine metalnih limova, proizvodnju svijetlećih namaza za brojčanike (u smjesi sa cink-sulfidom), za uklanjanje statičkog elektriciteta u industrijskim uređajima (kao i polonij), itd. Za sve te svrhe potrebne su minimalne količine radija; za mnoge se danas više upotrebljavaju jeftinije proizvedeni radioaktivni izotopi od kojih neki imaju mnogostruko jače djelovanje nego radij.

Radij je zapravo vrlo rijedak element. Nastaje kao proizvod radioaktivnog raspada uranija pa ga u vrlo malim količinama ima u njegovim rudama: uranijevom smolincu (UO_2, oko 0,14 g u toni rude) i karnotitu ($K_2(UO_2)_2(VO_4)_2 \times 3H_2O$). Najvažnija nalazišta uranijeva smolinca nalaze se u Češkoj (Bohemia i Joachimsthal), a najvažnija nalazišta karnotita nalaze se u Coloradu (SAD), Kanadi i Zairu.

Kako je kemijski najsličniji bariju, kod dobivanja radija njegovim se rudama dodaju najprije barijeve soli, a postupak obrade te sirovine analogan je kao kod postupka dobivanja barija do izdvajanja sulfata. Kako su barijevi i radijevi sulfati netopljivi u većini kemikalija, prevode se u karbonate ili sulfide koji se otapaju u klorovodičnoj kiselini. Radij se u obliku soli (obično klorida i bromida) odvaja od barija frakcijskom kristalizacijom tih klorida. Radijeve, visokoradioaktivne soli drže se u zatvorenim, staklenim, cilindričnim posudama koje se drže u olovnim štitovima, kao što je bio i jest slučaj s osobnim stvarima Marie i Pierrea Curie. U zraku ili vodi je nestabilan, a plamen boji žarko crvenom bojom. Spontanim radioaktivnim raspadima svojih izotopa emitira alfa, beta i gama-zrake i stoga je opasno radiotoksičan te uzrokuje tumore i druge poremećaje u stanicama i organizmu.

Radij je oko milijun puta radioaktivniji od uranija, a alfa-raspadom pretvara se u radioaktivni plemeniti plin radon koji ulazi u sastav Zemljine kore i atmosfere. Jedan kilogram izotopa ^{226}Ra dnevno oslobađa oko 100 cm^3 plina radona pri standardnim uvjetima.

Upotreba radija relativno je skromna. Najviše se koristi kao izvor zračenja u nuklearnim istraživanjima i industrijskoj radiografiji (slično rendgenu) te za dobivanje radioaktivnog plina radona. U minimalnim količinama koristi se kao dodatak pastama samosvjetlećih boja (koje su relativno opasni radioaktivni sastojci), a nekad su se koristile za svjetleće skale raznih instrumenata i satova. Dosta se primjenjivao u medicinskoj radioterapiji tumora, tuberkulozne

upale kože (lupusa) i drugih kancerogenih bolesti, ali je danas zamijenjen manje opasnim radionuklidima.

U svim spojevima radij ima oksidacijsko stanje +2. Radijev hidroksid ($Ra(OH)_2$) relativno je lako topljiv u vodi i daje jaku lužinu. Radijev sulfat ($RaSO_4$) u vodi i razrijeđenim kiselinama netopljiviji je od kemijski sličnog barijevog sulfata, a radijev karbonat ($RaCO_3$) ne otapa se u vodi, ali se otapa u kiselinama. Zbog svoje radioaktivnosti, radij je veoma opasan ako se apsorbira u tijelo; najveća količina ^{226}Ra koju tijelo smije apsorbirati je 7400 becquerela.[78]

Polonij se uz emisiju alfa i gama-zraka pretvara u izotop olova, a period poluraspada je 138 dana. Kemijski je srodan svojim homolozima, sumporu, selenu i teluru. Proizvodi se u miligramskim količinama bombardiranjem bizmuta neutronima. Služi za proizvodnju izvora neutrona, a dodan elektrodama svjećica u motorima s unutarnjim izgaranjem za paljenje, olakšava njihov rad na niskim temperaturama.

U nekim svojstvima sličan radiju, polonij je reaktivan, srebrnkasto-siv metal koji se dobro otapa u razrijeđenim kiselinama, a vrlo slabo u lužinama. Prilično je hlapljiv i pola će ga ispariti za dva dana ako se drži na temperaturi od 55 stupnjeva. Gram kapsula polonija će dostići temperaturu od 500 stupnjeva zbog intenzivnog alfa-zračenja pa se zato polonij koristi kao lagani izvor topline za satelite, a koristi se i kao izvor alfa-zračenja za istraživanja.

Osim iz uranijevih ruda, polonij se dobiva bombardiranjem izotopa ^{209}Bi neutronima pri čemu nastaje ^{210}Bi koji beta raspadom daje izotop ^{210}Po. Izotop ^{210}Po, s vremenom poluraspada $t_{1/2}$=138,38 dana, čak je 5000 puta jači alfa-emiter od radija i oslobađa veliku količinu topline (ampulica s pola grama polonija se ugrije iznad 500°C) pa se može koristiti kao izvor energije za napajanje satelita.

Zbog manje dostupnosti i visoke cijene primjene polonija su dosta ograničene. Uglavnom se koriste izotopi koji su alfa-emiteri u obliku nanosa na metalnim trakama i šiljcima i služe kao discipatori statičkog elektriciteta u prostorima gdje je nepoželjan (mjerni laboratoriji, električni uređaji) ili se stvara u proizvodnom procesu (npr. u tekstilnoj industriji). Alfa-zračenje polonija ionizira zrak i čini ga vodljivim pa se statički elektricitet gubi. Polonij stvara ionske spojeve u kojima može imati oksidacijsko stanje +2, +4 i +6. Važniji su spojevi: Polonijevi(II)-spojevi, npr. halogenidi ($PoCl_2$, $PoBr_2$, oksid (PoO), te hlapljivi hidrid (H_2Po), polonijevi(IV)-spojevi, kao što su: bromid ($PoBr_4$), hidroksid ($Po(OH)_4$), nitrat ($Po(NO_3)_4$), sulfat ($Po(SO_4)_2$) i oksid

[78] Radij i polonij, URL: http://pse.pbf.hr/hrvatski/elementi/ra/index.html#OPCENITO, zadnji put pristupljeno 28.4.2016.

(PoO_2) koji nastaje zagrijavanjem metala na zraku. Polonij je iznimno opasan zbog alfa-zračenja. Rude uranija sadrže oko $100 \cdot 10^{-6}$ g polonija na jednu tonu rude i Marie Curie-Sklodowska je prvi uzorak polonija dobila iz tog izvora.[79]

3.4. Nastavak istraživanja za Marieinog života

Od 1900. godine na adresu Curiejevih dolaze pisma iz Engleske, Njemačke, Austrije, Danske u kojima mnogi znanstvenici mole razjašnjenje postupka. Curieji su u neprekidnoj pismenoj vezi sa sir Williamom Crookesom, bečkim profesorima Suessom i Boltzmannom i s danskim znanstvenikom Paulsenom. Curieji su s veseljem odgovarali na upite. U nekim su zemljama učenjaci počeli tražiti još nepoznata radioaktivna počela nadajući se novim otkrićima. Lov je bio uspješan, a plijen su počela mezotorij, radiotorij, ionij, protaktinij i radioaktivno olovo. Godine 1903. dva su engleska učenjaka, Ramsay i Soddy, dokazali da radij stalno izbacuje malu količinu nekog plina, helija. To je prvi slučaj izmjenjivanja atoma. Nešto kasnije će Rutheford i Soddy potvrditi hipotezu koju je još 1900. godine naslutila Marie Curie – objavit će uzbudljivu teoriju o radioaktivnom raspadu atoma. Tvrdili su, i dokazali, da su radioaktivna počela, iako na prvi pogled nepromjenjiva, u stanju svojevoljnog raspada: koliko je brži njihov raspad, toliko je veća njihova aktivnost.[80]

3.5. Objavljeni radovi

Znanstveni rad Marie Curie bio je itekako plodan. U vrijeme zajedničkog rada sa suprugom Pierreom objavila je sveukupno 32 znanstvena rada, a neki su od njih:

- *O kemijskim svojstvima radijevih zraka* (Marie i Pierre Curie, 1899.);
- *O atomskoj težini barija* (Marie Curie, 1900.);
- *Nova radioaktivna počela i njihovo izžarivanje* (Marie i Pierre Curie, 1900.);
- *O radioaktivnim tvarima* (Marie i Pierre Curie, 1901.);
- *Atomska težina radija* (Marie Curie, 1902.);
- *Istraživanja radioaktivnih tijela* (Marie Curie, 1903.).[81]

Neki su od njenih najznačajnijih radova:

[79] Radij i polonij, URL: http://pse.pbf.hr/hrvatski/elementi/po/index.html, zadnji put pristupljeno 28.4.2016.
[80] Curie, E. Marie Curie-Sklodowska. Zagreb: Narodna knjižara. 1946., str. 197
[81] Curie, E. Marie Curie-Sklodowska. Zagreb: Narodna knjižara. 1946., str. 196

- *Zrake koje emitiraju uranij i torij/ Rayons emis par les composes de l'uranium et du thorium* (1898.);
- *Doktorska disertacija/ These presentees a la Faculte des Scienses de Paris pour obtenir le grade de docteur es sciences physiqes* (1903.);
- *Otkriće radioaktivnih supstanci/ Untersuchungen uber die radioaktiven Substanzen* (1904.);
- *Radioaktivnost/ Radioactivite* (1910.);
- *Bavljenje radioaktivnošću/ Traite de radioactivite* (1910.);
- *Otkriće radija/ The discovery of radium* (1921.);
- *Radiologija i rat/ La Radiologie et La Guerre* (1921.).

3.6. Negativne strane otkrića

Već sam spomenula kako se neposredno nakon otkrića industrija naglo zainteresirala za nove tvari i proizvodila mnoštvo proizvoda koje su ih sadržavale. Međutim, 1925. godine slika se počela mijenjati. Te je godine Margaret Carlough, mlada žena koja je bojila zidne satove u jednoj tvornici satova u New Yerseyu, tužila svoga poslodavca, U. S. Radium Corporation. Bojila je brojčanik satova bojom koja je svijetlila sama od sebe. Devet radnika koji su radili isti posao već je preminulo s teškim ozljedama usta kao prvim simptomom: naređeno im je da vlaže šiljasti kist vlastitom slinom i nakon relativno kratka vremena počele su se pojavljivati rak-rane koje su rasle, ali uopće nisu cijelile. Zubi su istrunuli, obrazi dobili neizlječive rane, jezici pocrnjeli, razjapljene crne usne šupljine svjedočile su o tome da ta lijepa samosvijetleća boja možda sadržava zračenje koje je smrtonosno. Drugi su bolovali od teške anemije, poslije nazvane radionekroza. Tvrtka koja je proizvodila te lijepo obojane satove negirala je povezanost, a simptom je nazvala histerijom.[82]

Međutim, bilo je to itekako štetno, a smatra se da je presudilo i samoj Marie i Pierreu. Naime, njezini rukopisi, pa čak i kuharica, još uvijek su toliko radioaktivni da se moraju čuvati u posebnoj olovnoj kutiji.[83] O tomu je i sama pisala:

> *Kod proučavanja pak radioaktivnih tvari, moramo biti osobito oprezni, ako želimo točno mjeriti. Predmeti u kemijskom laboratoriju kao i naprave za fizikalne pokuse postaju s vremenom radioaktivni i djeluju također kroz crni papir na fotografske ploče. Prašina, zrak, prostorija u kojoj radimo, odjeća, sve postaje radioaktivno.*

[82] Enquist P. O. Knjiga o Blanche i Marie. Zagreb: Fraktura , 2007., str. 21-22
[83] Maravić B. „Marie Curie-Sklodowska - 100. obljetnica dodjele Nobelove nagrade za kemiju“, str. 678

Zrak u prostoriji je provodan. U našem su laboratoriju prilike već neizdržive, jer niti jednoga aparata nemamo više koji bi bio potpuno izoliran.[84]

Još su 1900. godine njemački znanstvenici Walkhoff i Giesel javili da radij uzrokuje novo počelo i fiziološke promjene. Pierre Curie je nakon toga izložio svoju ruku obasjavanju radija. Svoje je simptome opisao u izvještaju Akademiji:

Koža je pocrvenjela na površini od šest kvadratnih centimetara; izgled je bio isti kao kod opeklina, ipak nisam osjećao gotovo nikakvih boli. Nakon nekoliko dana postalo je crvenilo intenzivnije, no nije se povećala površina; nakon dvadeset dana najprije se načiniše kraste, a zatim se otvorila rana koju smo povezivali; četrdeset i drugog dana počela je koža od vanjskih rubova prema sredini cijeliti i pedeset i dva dana nakon obasjavanja, rane je bilo još samo za jedan kvadratni centimetar. Boje je sivkaste; po tome zaključujemo da su pogođeni i dublji slojevi.[85]

Umjesto da ih brine, ta ih je činjenica očarala. Naime, profesori Bouchard i Balthazard, Pierreovi suradnici, ustanovili su da radij ubija bolesne stanice i tako ozdravljuje lupus, čireve i neke oblike raka. To spominje i Marie koja navodi da je doktor Daulos iz bolnice Saint-Louis istraživao utjecaj radijevih zraka na kožu i da je radij pokazao značajne rezultate – sloj epiderme koju je mjestimice uništio obnavlja se sasvim zdrav.[86]

4. Izabrane teme

4.1. Marie Curie kao majka

Marie je rodila dvoje djece: Irene 1897. i Eve 1904. godine. Bila je požrtvovna majka koja je brinula o intelektualnom i tjelesnom odgoju svojih kćeri. Međutim, imala je vlastite ideje o odgoju djece. Pomno je i pažljivo pratila njihove sposobnosti i potencijale te u svom sivom notesu pravila bilješke o Ireneinim dostignućima na području matematike i Eveinom uspjehu u svijetu glazbe.

Slika 11. Marie s kćerima (Izvor: http://www.aip.org/history/curie/contents.htm,

[84] Curie, E. Marie Curie-Sklodowska. Zagreb: Narodna knjižara. 1946., str. 199
[85] Curie, E. Marie Curie-Sklodowska. Zagreb: Narodna knjižara. 1946., str. 201
[86] Curie, E. Marie Curie-Sklodowska. Zagreb: Narodna knjižara. 1946., str. 202

Najveću podršku u podizanju dviju djevojčica pružio joj je svekar koji je ostao s malom obitelji bez oca čak i nakon sinove smrti. Zahvaljujući svom miru i mudrosti, ali i vedrini, svekar Curie blagotvorno je djelovao na udovicu i imao snažan utjecaj na intelektualno obrazovanje svojih unuka. Njezina će kćer Irene, kako je spomenuto, nastaviti majčinim stopama i dobiti Nobelovu nagradu za otkrivanje umjetne radioaktivnosti.[87]

4.2. Pionirka radiologije

Tri su njemačke bombe pale na Pariz, 2. rujna 1914. godine, a oko mjesec dana kasnije Njemačka je objavila rat Francuskoj. Do tog je doba završen postupak osnivanja Instituta radija, iako Marie tamo još nije preselila svoj laboratorij. Njezini su istraživači bili poslani u rat, kao i svi sposobni Francuzi. Ona je u ratu vidjela mogućnost nastavka svoga rada pa 1. siječnja 1915. godine piše Paulu Langevinu:

> *Odlučna sam uložiti sav svoj trud za pomoć svojoj novoj domovini, s obzirom da ne mogu pomoći svojoj rodnoj grudi u ovom trenutku...*

Kako je njemačka vojska marširala prema Parizu, vlada se odlučila skloniti u Bordeaux. Čitava zaliha radija sastojala se tek od jednog grama što ga je Marie imala u svome laboratoriju. Na vladino inzistiranje pošla je s njima vlakom u Bordeaux, zajedno s gramom radija koji je nosila u olovnoj kutiji. Za razliku od mnogih, smatrala je da joj je mjesto u Parizu. Nakon što je položila radij u sigurnosni pretinac u Bordeauxu, vratila se u Pariz vojnim vlakom. Shvatila je da X-zrake mogu spasiti živote vojnika jer mogu pomoći doktorima da vide metke, šrapnele i slomljene kosti. Uvjerila je vladu da joj omogući da osnuje prve francuske radiologijske centre. Imenovana je ravnateljicom radiološke službe Crvenoga križa pa je prikupljala novac i vozila od bogatih poznanika. Uvjerila je tvornice automobila da preinače vozila u kombije i molila proizvođače da doniraju opremu. Do konca listopada 1914. godine prvih 20 radioloških vozila bilo je spremno za rad. Nova su vozila dobila neslužbeni naziv *petites Curies* (mali Curiesi).

Slika 12. Marie Curie obučava žene (Izvor: https://www.aip.org/history/exhibits/curie/war1.htm)

[87] http://www.chemgeneration.com/hr/marie-curie/marija-majka-i-udovica.html, zadnji put pristupljeno 2.5.2016.

Iako je Marie predavala o X-zrakama na Sorbonni, nije imala nikakva iskustva u radu s njima. U namjeri da u potrebi i sama upravlja vozilima radiološke službe, naučila je kako ih voziti i proučavala anatomiju kako bi bila spremna za bojišnicu. Za prvu je pomoćnicu izabrala kćer Irene, tada zrelu sedamnaestogodišnjakinju pa su se u jesen 1914. godine uputile na bojišnicu. Neadekvatno zaštićene od radijacije, majka i kćer dale su sve od sebe kako bi spasile što više života.[88]

Međutim, Marie je znala da će trebati još više obučenog osoblja. Ona i Irene nisu mogle samostalno voziti 20 vozila koja su osposobili, niti voditi 200 stacionara. Do 1916. godine Marie je obučavala žene za radiološke pomoćnice nudeći tečajeve na svom Institutu radija. Pomagala joj je Irene koja je u tom trenutku bila i studentica na Sorbonni. Kako je bilo izgledno da Nijemci neće zauzeti Pariz, vratila je radij iz Bordeuxa i koristila tehnologiju izdvajanja radioaktivnog plina radona iz njega. Radila je sama, bez primjerene zaštite, koristeći električnu pumpu kako bi prikupljala plin u 48-satnim intervalima. Stavljala je radon u tanke staklene posude oko centimetar dugačke koje su se dostavljala u vojne i civilne bolnice. Tamo su doktori stavljali posudice u platinaste igle te ih usmjeravali prema mjestima na pacijentovom tijelu na kojima je trebalo uništiti zaraženo tkivo. Za svoj je rad nagrađena vojnom medaljom.[89]

4.3. Rudnik St. Joachimsthal – izvor radija i lječilište

Za dobivanje uranija u rudniku St. Joachimsthal u sasko-češkoj Rudnoj gori od 1853. do 1964. godine iskopano je oko 8500 t od čega je dio prerađen u radij (dobiveno je samo 100 g Ra.[90]). Za izoliranje 0,1 g radija, Curijevi su morali ručno preraditi nešto više od 1 tone uranijevog smolinca i 10 tona stare šljake koja je zaostala nakon prerade srebrene rude, a koju je kralj Josip poklonio Marie Curie.[91] Nakon otkrića radioaktivnosti i uočavanja ljekovitih svojstava novootkrivenih radioaktivnih elemenata i ovdje su izgrađena lječilišta. Prvi sanatorij za liječenje, Radium Palace, izgrađen je 1912. godine. Izgradilo ga je dioničarsko društvo utemeljeno 1910. na čelu s grofom Sylva Tarrocam. Godine 1975. izgrađen je sanatorij Akademik Behounek, a 1992. sanatorij Curie. Sveukupno je bilo izgrađeno 12 lječilišnih objekata. Tridesetih godina prošlog stoljeća boravilo je u jahimovskim lječilištima 9000

[88] https://www.aip.org/history/exhibits/curie/war1.htm, zadnji put pristupljeno 5.5.2016.
[89] https://www.aip.org/history/exhibits/curie/war2.htm, zadnji put pristupljeno 5.5.2016.
[90] Šebečić B. Od značajnog rudnika srebra i urana st. Joachimsthal, odnosno Jáchymov, do Radonskih toplica u sasko-češkoj Rudnoj gori// Rudarsko-geološko-naftni zbornik/ Vol.18, No.1. Zagreb. 2006., str.107
[91] Šebečić B. Od značajnog rudnika srebra i urana st. Joachimsthal, odnosno Jáchymov, do Radonskih toplica u sasko-češkoj Rudnoj gori// Rudarsko-geološko-naftni zbornik/ Vol.18, No.1. Zagreb. 2006., str. 107

gostiju.[92] Prirodni ljekoviti izvori sadrže radioaktivni plin radon, koji je izvor alfa zračenja, a ima intenzivan utjecaj na ljudske organe utječući pozitivno na krvni tlak i pospješujući prokrvljenost.[93] Izvoru u jami Eintracht je promijenjeno ime u čast Marie Curie u Curie kada je 1925. g. došla u posjet Jachymovu.[94] Do Drugog svjetskog rata u St. Joachimstalu, odnosno Jachymovu proizvedeno je najviše radija na svijetu. Tako je od 1909. do 1936. proizvedeno 61,683 g radija, a od 1939. do 1945. god. 15,813 g radija. Pretpostavlja se da je sveukupno iz uranijske rude u Jachymovu proizvedeno oko 100 g Ra.[95]

4.4. Ostavština Marie Curie

U spomen na Marie Curie osnovane su mnoge institucije i zaklade. Primjerice, potprogram PEOPLE pruža potporu mobilnosti istraživača i razvoju karijere istraživača u Europskoj uniji i izvan nje. Provodi se nizom stipendija, koje još iz prijašnjih okvirnih programa nose naziv *Marie Curie akcije*. Marie Curie akcije, ovisno o tipu, otvorene su individualnim istraživačima ili istraživačkim organizacijama (fakultetima, sveučilištima, institutima, poduzećima). Svaka Marie Curie akcija otvorena je svim granama znanosti i područjima istraživanja. S druge strane, Marie Curie Cancer Care, britanska je dobrotvorna organizacija koja se posvećuje osobama koje su teško bolesne. U 2013./2014. godini pomogli su 40 884 ljudi. Najbolje su poznati po mreži od gotovo 2000 medicinskih sestara koje rade u domovima teško bolesnih pacijenata diljem Velike Britanije, pružajući im njegu i podršku. Također, devet Marie Curie ustanova za liječenje diljem Velike Britanije pružaju stručnu njegu i najbolju kvalitetu života teško bolesnim pacijentima. Marie Curie Cancer Care je lider u istraživanju najboljih načina skrbi za osobe koje su teško bolesne i tako poboljšava skrb u budućnosti. Imaju svoje istraživačke timove i financiraju vanjske istraživačke programe.

Nadalje, na Sveučilištu u Ottawi nazvana je zgrada po Marie Curie. No, najvažnija institucija posvećena njoj je ona u Varšavi: Maria Sklodowska-Curie muzej. Muzej je sponzoriran od strane poljskog kemijskog društva i jedini je muzej na svijetu posvećen otkriću polonija i radija. Muzej se nalazi u ulici Freta 16 u Varšavi, a nalazi se u zgradi iz 18. stoljeća u kojoj je Curie rođena. U Varšavi se nalazi i Maria Sklodowska - Curie Institut za onkologiju, a

[92] Šebečić B. Od značajnog rudnika srebra i urana st. Joachimsthal, odnosno Jáchymov, do Radonskih toplica u sasko-češkoj Rudnoj gori// Rudarsko-geološko-naftni zbornik/ Vol.18, No.1. Zagreb. 2006., str. 107
[93] Šebečić B. Od značajnog rudnika srebra i urana st. Joachimsthal, odnosno Jáchymov, do Radonskih toplica u sasko-češkoj Rudnoj gori// Rudarsko-geološko-naftni zbornik/ Vol.18, No.1. Zagreb. 2006., str. 108
[94] Šebečić B. Od značajnog rudnika srebra i urana st. Joachimsthal, odnosno Jáchymov, do Radonskih toplica u sasko-češkoj Rudnoj gori// Rudarsko-geološko-naftni zbornik/ Vol.18, No.1. Zagreb. 2006., str. 109
[95] Šebečić B. Od značajnog rudnika srebra i urana st. Joachimsthal, odnosno Jáchymov, do Radonskih toplica u sasko-češkoj Rudnoj gori// Rudarsko-geološko-naftni zbornik/ Vol.18, No.1. Zagreb. 2006., str. 111

osnovan je 1932. godine kao Radium Institute Marie Sklodowska - Curie u suradnji s poljskim predsjednikom Vlade.

Nekadašnji Institut radija koji smo spominjali, sada Institut Curie[96], jedan je od vodećih medicinskih, bioloških i biofizikalnih istraživačkih centara u svijetu. To je privatna neprofitna zaklada koja upravlja istraživačkim centrom biofizike, stanične biologije i onkologije te bolnice specijalizirane za liječenje raka. Ona se nalazi u Parizu, Francuska. Zanimljivo je spomenuti i Maria Curie-Sklodowska Sveučilište koje je osnovano 23. listopada 1944. godine u Lublinu.

U čast Marie Curie tiskan je i novac, ali i mnoštvo poštanskih markica ne samo diljem Europe, nego i diljem svijeta (vidi Prilog 2 i Prilog 3).

[96] Ilustrirana povijest 20. stoljeća. Zagreb: Veble commerce. 2001., str. 217

5. Zaključak

Marie Curie bila je dijete prosječne poljske obitelji. Nakon što je s 15 godina završila srednju školu s pohvalama, shvaća da svoju budućnost neće moći ostvariti u Varšavi na čijim sveučilištima nije bilo mjesta za žene. Zato je u Varšavi radila kao čuvateljica djece da bi uštedjela za studij fizike u Parizu. Nakon nekoliko godina odlazi u Pariz i upisuje se na čuvenu Sorbonnu. Tamo upoznaje svoga budućega muža, Pierrea Curiea te s njim radi na istraživanju radioaktivnosti uranija. Otkrivaju dva nova elementa: polonij, nazvan po njenoj rodnoj Poljskoj, i radij. Zajedno sa suprugom Pierreom Curriem dobila je 1903. godine Nobelovu nagradu za fiziku za rad na proučavanju magnetizma i radioaktivnosti. Tužna tragedija zadesila ih je 1906. godine kada je Pierre stradao u prometnoj nesreći. Izgubljena zbog muževe smrti, utjehu pronalazi u nastavku istraživanja. Prihvaća ponudu svoga sveučilišta i preuzima Pierreovu katedru na Sorbonni te postaje prva žena koja je radila na tom sveučilištu. S Antoineom Becquerelom, nakon suprugove smrti, 1911. godine dobiva Nobelovu nagradu za kemiju za izoliranje čistog radija. Bilo je to prvi put u povijesti da je jedan znanstvenik dobio dvije Nobelove nagrade. Iako teško pogođena aferom koju je izazvala njena veza s Paulom Langevinom, nastavlja svoje istraživanje, ali na polju radiologije. Tijekom Prvog svjetskog rata razvila je rendgensko snimanje i osnovala francusku radiološku službu za koju je neprestano i neumorno obučavala nove službenice. Kako je konačno od vlade uspjela ishoditi osnivanje Instituta za radij, u spomen na pokojnog supruga, od 1918. do smrti bila je ravnateljicom toga institita u Parizu. Danas je Institut Curie jedan od vodećih medicinskih, bioloških i biofizikalnih istraživačkih centara u svijetu. To je privatna neprofitna zaklada koja upravlja istraživačkim centrom biofizike, stanične biologije i onkologije te bolnice specijalizirane za liječenje raka.

Značaj rada Marie Curie prepoznat je diljem svijeta jer su u njenu čast osnivane zaklade i institucije. U Varšavi se nalazi muzej posvećen upravo njoj i otkriću radija i polonija. Za njena života mnoge su institucije i društva prepoznali njezin rad za što je dobila mnoštvo nagrada i medalja, a dobila je preko šezdeset počasnih naslova tijekom života.

Žena, majka, znanstvenica, pionirka u gotovo svemu što je započela, Marie Curie iznimna je ličnost s kraja 19. i početka 20. stoljeća, ličnost koja je cijeli svoj život podredila doprinosu znanosti, i, preko nje, doprinosu čovječanstvu.

6. Literatura

Knjige:

1. Marie Curie and the science of radioactivity, dostupno na http://www.aip.org/history/curie/contents.htm, zadnji put pristupljeno 9.5.2016.
2. Curie, E. Marie Curie-Sklodowska. Zagreb: Narodna knjižara. 1946.
3. Povijest svijeta. Zagreb: Readers Digest i Mozaik knjiga. 2007.
4. Marie Curie – her story in brief, dostupno na https://www.aip.org/history/exhibits/curie/brief/index.html, zadnji put pristupljeno 9.5.2016.
5. Enquist P. O. Knjiga o Blanche i Marie. Zagreb: Fraktura , 2007.
6. L'Annunziata M.F. Radioactivity - Introduction and History. Amsterdam: Elsevier, 2007.
7. Haber H. Naš prijatelj atom., Zagreb: Školska knjiga. 1962.
8. Ilustrirana povijest 20. stoljeća. Zagreb: Veble commerce. 2001.
9. Wertheim J., Oxlade C., Stockley C. Slikovni rječnik kemije. Rijeka: Andromeda. 2006.

Članci:

1. Maravić B. Marie Curie-Sklodowska - 100. obljetnica dodjele Nobelove nagrade za kemiju// Kemija u industriji/ vol. 60, br.12. Zagreb. 2011. str. 677-678
2. Šebečić B. Od značajnog rudnika srebra i urana st. Joachimsthal, odnosno Jáchymov, do Radonskih toplica u sasko-češkoj Rudnoj gori// Rudarsko-geološko-naftni zbornik/ Vol.18, No.1. Zagreb. 2006.. str. 103-114
3. *The chemical news and journal of physical science, A journal of practical chemistry*, ur. sir William Crookes, Vol LXXXVII, London, 21. kolovoza 1903.; 28. kolovoza 1903.; 11. rujna 1903.; 18. rujna 1903.

Internetske stranice:

1. Marie Curie, URL: http://www.chemgeneration.com/hr/marie-curie/otkri%C4%87e-polonija-i-radija.html, zadnji put pristupljeno 4.5.2016.
2. Marie Curie, URL: https://www.aip.org/history/exhibits/curie/war1.htm, zadnji put pristupljeno 5.5.2016.

3. Radij i polonij, URL: http://pse.pbf.hr/hrvatski/elementi/ra/index.html#OPCENITO, zadnji put pristupljeno 28.4.2016.

4. Nobel Prize, URL: https://www.nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/1911/marie-curie-diploma.html, zadnji put pristupljeno 13.7.2016.

Životopis

Rođena 5. studenog 1990. godine u Vukovaru, trenutno živi u Sotinu. Osnovnu školu pohađala u Negoslavcima i završila 2005. godine kao učenik generacije. Iste godine upisala Opću gimnaziju u Vukovaru. Po završetku srednje škole, 2009. godine, upisala se kao redovna studentica na preddiplomski studij Fizike na Odjelu za fiziku u Osijeku koji je završila 2013. godine. Iste godine upisala Sveučilišni diplomski studij Fizike i informatike. Aktivno se služi engleskim, a pasivno njemačkim jezikom. Posjeduje vozačku dozvolu B kategorije.

Dodatci

Prilog 1. Nagrade i medalje koje je dobila Marie Curie

Nagrade:

1898. Gegnerova nagrada pariške Akademije znanosti

1900. Gegnerova nagrada pariške Akademije znanosti

1902. Gegnerova nagrada pariške Akademije znanosti

1903. Nobelova nagrada za fiziku

1904. Nagrada Osiris, podijeljena od sindikata pariškog tiska

1907. Actonianova nagrada britanskog Kraljevskog društva

1911. Nobelova nagrada za kemiju

1921. Ellen Richards nagrada za znanstveno istraživanje

1924. Velika nagrada markiza d'Argenteuil za godinu 1923., zajedno sa brončanom medaljom Društva za pospješivanje narodne industrije

1931. Cameronova nagrada, podijeljena od sveučilišta u Edinburgu

Medalje:

1903. Berthelotova medalja

1903. Počasna medalja grada Pariza

1903. Davyjeva medalja Kraljevskog društva u Londonu

1904. Mateuccijeva medalja Talijanskog znanstvenog društva

1908. Kuhlmannova velika zlatna medalja Industrijalskog društva u Lilleu

1909. Zlatna medalja Elliota Cressona, podijeljena od Franklinovog instituta

1910. Albertova medalja Kraljevskog društva umjetnosti u Londonu

1919. Veliki križ civilnog reda Alfonza XII. Španjolskog

1921. Medalja Benjamina Franklina Američkog filozofskog društva u Philadelphiji

1921. John Scottova medalja Američkog filozofskog društva u Philadelphiji

1921. Zlatna medalja Narodnog instituta socijalnih znanosti u New Yorku

1921. William Gibbsova medalja Američkog kemijskog društva u Chicagu

1924. Odlikovanje prvog stupnja za zasluge, podijeljeno od rumunjske vlade sa zlatnom medaljom i diplomom

1924. Zlatna medalja radiološkog društva S.A.D.

1929. Medalja Saveza ženskog kluba grada New Yorka

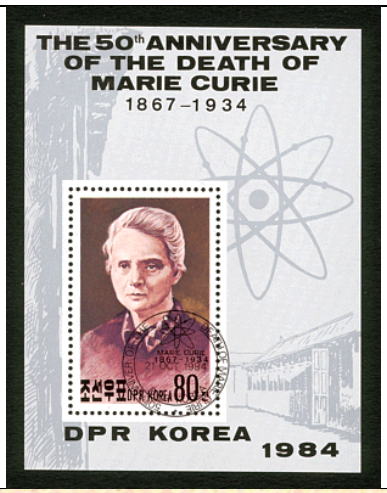
1931. Medalja Američkog kolegija za radiologiju

Prilog 2. Novac tiskan u spomen na Marie i Pierrea Curie

MADAME · MARIE · CURIE
Ra · 88
1867-1934
PIERRE CURIE
1859-1906
DISCOVERER OF RADIUM
SUR UNE SUBSTANCE NOUVELLE RADIO-ACTIVE CONTENUE DANS LA PECHBLENDE
RAYS
OF HOPE
1898

SETNA
ROCZ
NICA
URODZIN
MARII
SKŁO
DOW
SKIEJ
CURIE
10 zł
POLSKA RZECZPOSPOLITA LUDOWA
1967

Prilog 3. Poštanske markice tiskane u spomen na Marie i Pierrea Curie

Poštanska markica	Država u kojoj je markica tiskana
	Demokratska Narodna Republika Koreja
	Francuska Republika
	Republika Poljska
	Ujedinjeni Arapski Emirati

		New Yersey
		Indija
		Moldavija
		Bosna i Hercegovina – Republika Srpska
		Republika Panama

		Rumunjska
		Republika Poljska
		Republika Poljska
		Republika Djibouti

	Kneževina Monako
	Somalija
	Republika Poljska
	Gvineja – Bissau
	Liberija

		Gvineja – Bissau

Prilog 4. Podijeljeni počasni naslovi

1904. Počasna članica Carskog društva prijatelja prirodoslovnih znanosti, antropologije i etnografije u Moskvi

1904. Počasna članica britanskog Kraljevskog društva

1904. Vanjska članica londonskog Kemijskog društva

1904. Dopisna članica Filozofskog društva u Bataviji

1904. Počasna članica Društva za fiziku u Meksiku

1904. Počasna članica Akademije znanosti u Meksiku

1904. Počasna članica Društva za pospješivanje industrije i trgovine u Varšavi

1906. Dopisna članica Argentinskog znanstvenog društva

1907. Vanjska članica Holandijskog znanstvenog društva

1907. Počasni doktor prava sveučilišta u Edinburghu

1908. Dopisna članica Carske akademije znanosti u Petrogradu

1908. Počasna članica Prirodoslovnog društva u Braunschweigu

1909. Počasni doktor medicine sveučilišta u Ženevi

1909. Dopisna članica Akademije znanosti u Bologni

1909. Vanjska članica Češke akademije znanosti, književnosti i umjetnosti

1909. Počasna članica Kolegija za farmaciju u Filadelfiji

1909. Djelatna članica Akademije znanosti u Krakovu

1910. Dopisna članica Znanstvenog društva u Chileu

1910. Članica Američkog filozofskog društva

1910. Vanjska članica Kraljevske švedske akademije znanosti

1910. Članica Američkog kemijskog društva

1910. Počasna članica Društva za fiziku u Londonu

1911. Počasna članica društva za fizičko istraživanje u Londonu

1911. Vanjska dopisnica članica Znanstvene akademije Portugalske

1911. Počasni doktor prirodoznanstvenih nauka sveučilišta u Manchesteru

1912. Počasna članica Belgijskog kemijskog društva

1912. Članica-suradnica Carskog Instituta za eksperimentalnu medicinu u Petrogradu

1912. Redovita članica Znanstvenog društva u Varšavi

1912. Počasna članica Filozofskog fakulteta sveučilišta u Lvovu

1912. Članica Fotografskog društva u Varšavi

1912. Počasni doktor politehnike u Lvovu

1912. Počasna članica Društva prijatelja znanosti u Vilni

1913. Izvanredna članica Kraljevske akademije znanosti u Amsterdamu (odsjek za matematiku i fiziku)

1913. Počasni doktor sveučilišta u Berminghamu

1913. Počasna članica Znanstvenog i umjetničkog udruženja u Edinburghu

1914. Počasna članica Fizikalno-medicinskog društva na sveučilištu u Moskvi

1914. Počasna članica Filozofskog društva u Cambridgeu

1914. Počasna članica Znanstvenog instituta u Moskvi

1914. Počasna članica Higijenskog instituta u Londonu

1914. Dopisna članica Akademije prirodoznanstvenih nauka u Filadelfiji

1918. Počasna članica Kraljevskog španjolskog društva za elektrologiju i medicinsku radiologiju

1919. Počasna ravnateljica Instituta za radij u Madridu

1919. Počasna ravnateljica Instituta za radij u Madridu

1919. Počasna profesorica sveučilišta u Varšavi

1919. Članica Poljskog kemijskog društva

1920. Redovita članica Kraljevske danske akademije znanosti i književnosti

1921. Počasni doktor prirodoznanstvenih nauka Yalovog sveučilišta

1921. Počasni doktor prirodoznanstvenih nauka sveučilišta u Chicagu

1921. Počasni doktor prirodoznanstvenih nauka sveučilišta Northwestern

1921. Počasni doktor prirodoznanstvenih nauka Smithovog kolegija

1921. Počasni doktor prirodoznanstvenih nauka Wellesleyevog kolegija

1921. Počasni doktro Ženskog medicinskog kolegija u Pensylvaniji

1921. Počasni doktor prirodoznanstvenih nauka sveučiliša u Columbiji

1921. Počasni doktor prava sveučilišta u Pittsburghu

1921. Počasni doktor prava sveučilišta u Pensylvaniji

1921. Počasna članica Mineraloškog kluba u New Yorku

1921. Počasna članica Radiološkog društva Sjeverne Amerike

1921. Počasna članica Udruženja učitelja kemije u Novoj Engleskoj

1921. Počasna članica Američkog prirodoslovno-povjesnog muzeja

1921. Počasna članica Kemijskog društva u New-Yerseju

1921. Počasna članica Društva za industrijsku kemiju

1921. Članica Akademije u Kristianiji

1921. Počasna doživotna članica Knoxove akademije umjetnosti i znanosti

1921. Počasna članica Američkog radijskog društva

1921. Počasna članica Nordijskog društva za medicinsku radiologiju

1921. Počasna članica Francuske alijanse u New Yorku

1922. Neobvezna članica Medicinske akademije u Parizu

1922. Počasna članica Akademskog ruskog skupa u Belgiji

1922. Počasna članica Rumunjskog društva za medicinsku hidrologiju i klimatologiju

1923. Počasni doktor prava sveučilišta u Edinburghu

1923. Počasna članica drušva čeških matematičara i fizičara u Pragu

1924. Počasna građanka grada Varšave

1924. Upisano je njezino ime (zajedno s Pasteurovim) u jednoj od dvorana Town Halla u New Yorku

1924. Počasna članica Poljskog kemijskog društva u Varšavi

1924. Počasni doktor medicine sveučilišta u Krakovu

1924. Počasna građanka grada Rige

1924. Počasna članica Društva za fizička istraživanja u Ateni

1925. Počasna članica Medicinskog društva u Lublinu

1926. Redovita članica društva „Pontificia Tibernia“ u Rimu

1926. Počasna članica Kemijskog društva u Sao Paulo (Brazilija)

1926. Dopisna članica Brazilske akademije znanosti

1926. Počasna članica Brazilskog društva za progres feminizma

1926. Počasna članica Farmaceutskog i kemijskog društva u Sao Paulo (Brazilija)

1926. Počasna članica Brazilskog farmaceutskog udruženja

1926. Počasni doktor odsjeka za kemiju na politehnici u Varšavi

1927. Počasna članica Akademije znanosti u Moskvi

1927. Vanjska članica Češkog književnog i znanstvenog društva

1927. Počasna članica Akademije znanosti u S.S.S.R.

1927. Počasna članica Medicinskog udruženja za međudržavno nastavljanje studija u Sejvernoj Americi

1927. Počasna članica Novozelandskog instituta

1929. Počasna članica Društva prijatelja znanosti u Poznanju (Poljska)

1929. Počasni doktor prava sveučilišta u Glasgowu

1929. Počasna građanka grada Galsgow

1929. Počasni doktor prirodoznanstvenih nauka sveučilišta u Saint-Lawrenceu

1929. Počasna članica Newyorške medicinske akademije

1929. Počasna članica Poljskog medicinskog i zubarskog društva u Americi

1930. Počasna članica Francuskog udruženja izumitelja i učenjaka

1930. Počasna predsjednica Francuskog udruženja izumitelja i učenjaka

1931. Počasna članica Svjetovnog saveza za mir u Ženevi

1931. Počasna članica Američkog kolegija za radiologiju

1931. Vanjska dopisna članica Akademije eksaktnih fizičkih i prirodoslovnih nauka u Madridu

1932. Članica Cesarske njemačke akademije prirodoslovaca u Hallu

1932. Počasna članica Medicinskog društva u Varšavi

1932. Počasna članica Čehoslovačkog kemijskog društva

1933. Počasna članica Britanskog instituta za radiologiju i društva za rentgenologiju u Londonu