

Ljiljana DOBROSAVLJEVIĆ GRUJIĆ¹Univerzitet u Beogradu
Institut za fizikuUDK
378: 305-055.2
53:929 Žolio-Kiri I.
53:929 Majtner L.
53:929 Gepert-Majer M.

TRIJUMF OTKRIĆA I: INTELEKTUALNE BIOGRAFIJE FIZIČARKI IRENE ŽOLIO KIRI, LIZE MAJTNER I MARIJE GEPERT MAJER

APSTRAKT U ovom tekstu se analizira život i rad tri istaknute fizičarke u dvadesetom veku, Irene Žolio Kiri, Lize Majtner i Marije Gepert Majer. Ukazuje se na prepreke koje su postojale kako po pitanju obrazovanja, tako i rada u laboratorijama, institutima i univerzitetima, koje su često onemogućavale žene da se bave naukom. Te prepreke govore o institucionalnoj diskriminaciji žena (u sistemu obrazovanja i u politikama zapošljavanja), ali i o svetu nauke kao o muškom svetu u koji su žene teško i uz velike muke osvajale pristup. Sa druge strane, ukazuje se, na primeru ove tri fizičarke, iako one svakako nisu jedine, da su žene zaslužne za neke od najznačajnijih otkrića u fizici dvadesetog veka ili su bile deo timova koji su došli do velikih otkrića: otkriće nuklearne fisije, teorija nuklearnih „ljuski” (prvi uspešni model atomskog jezgra), otkriće Higsovog bozona. Na tom tragu se ukazuje i na izuzetno mali broj žena koje su dobile Nobelovu nagradu za fiziku.

Ključne reči: intelektualna biografija, žene, nauka, fizičarke, istorija fizike, diskriminacija, naučno otkriće, Irena Žolio Kiri, Liza Majtner, Marija Gepert Majer

PROLOG

Brojni su primeri pogrešnih ideja i prakse koje su stolicima udaljavale žene ne samo od naučnog rada, već i od obrazovanja. Cilj ovog teksta je da to i ilustruje kroz život i rad nekoliko najpoznatijih naučnica u domenu fizike. Diskriminacija žena u sistemu obrazovanja i u naukama bila je uslovljena socijalnim pritiscima na devojke da se udaju i gaje decu, nepostojanjem sistematskog obrazovanja za žene, ali i nemogućnošću zapošljavanja u naučnim institucijama i u industriji. Žene vekovima nisu

1 E-mail: ljilja.dobro@gmail.com

imale finansijsku kontrolu nad svojim životom i uglavnom su bile zavisne od dobre volje muških srodnika, ako su htele da pokušaju da uđu u akademski život.

Nepostojanje obrazovnih ustanova za devojčice i devojke, kao i zabrana upisa na visokoškolske ustanove još krajem 19. i početkom 20. veka uticali su na to da se veoma mali broj devojaka i žena angažuje na polju nauke (ruska matematičarka Sofija Kovaljevska uspela je da se upiše na univerzitet u inostranstvu, ali je zato morala da sklopi fiktivni brak, dok je slavna fizičarka Liza Majtner (Lise Meitner) krišom slušala predavanja). I one koje su uspele da savladaju društvene barijere i da se posvete naučnom radu ipak su iskusile diskriminaciju u odnosu na muškarce: mnoge naučnice su provele godine radeći bez adekvatne plate i odgovarajućeg zvanja, što se najbolje vidi iz biografija onih najslavnijih, kao što su Liza Majtner, Emi Neter (Emmy Noether) ili Marija Gepert Majer (Maria Goeppert Mayer).

Blagotvorni uticaj povoljnog okruženja vidi se ne samo kod onih naučnica koje su imale podršku najbližih srodnika, kao što su otac (Hipatija, Emi Neter), brat (Karolina Heršel/Caroline Herschel), uža porodica i muž (nobelovke Marija Kiri (Marie Curie), Irena Kiri (Irène Joliot-Curie), Marija Gepert Majer), već i kod onih koje su imale dobre početne uslove i podršku porodice u širem smislu (nobelovka Doroti Kroufut Hodžkin/Dorothy Crowfoot Hodgkin, Rozalind Frenklin/Rosalind Franklin).

U ovom tekstu, ograničiću analizu na život i rad nekih od najpoznatijih fizičarki. Čitajući njihove životne priče, možemo shvatiti koliko je važno da se uklone barijere koje i danas stoje na putu ženama u nauci. Istovremeno, važno je imati na umu njihova dostignuća, jer da je makar jedna od tih žena napustila nauku – kao što mnoge i danas čine iz raznih razloga – istorija nauka koju poznajemo bila bi značajno osiromašena.

Naravno, intelektualne biografije fizičarki koje slede nisu samo tu da nam govore o prošlosti i o značaju ovih žena za istoriju nauke. Od izuzetnog je značaja da se ima u vidu i današnje stanje, kao i pitanje da li bi nauka drukčije izgledala da nema diskriminacije, ne samo prema ženama, već i uopšte.

Istorija fizike 20. veka jeste istorija niza senzacionalnih otkrića koja su ne samo izmenila našu sliku sveta, već i naš svakodnevni život. Vek atomske energije je to postao blagodareći u velikoj meri i ženama, ma koliko to paradoksalno zvučalo kad se zna da je krajem 19. i dobrim delom 20. veka diskriminacija prema ženama u nauci bila veoma prisutna – nauka nije bila polje rada koje im je bilo pristupačno. Pa ipak, neke od njih su zaslužne za najveća otkrića u fizici. Za otkriće prirodne radioaktivnosti nerazdvojno je vezano ime dvostruke dobitnice Nobelove nagrade Marije Kiri, kao i njene ćerke Irene Žolio Kiri za otkriće veštačke radioaktivnosti. Irena Kiri i njen muž Frederik Žolio Kiri (Frédéric Joliot-Curie) dobitnici su Nobelove nagrade za hemiju za 1935. godinu. Teoriju atomske fisije – cepanja atomskog jezgra, koja leži u osnovi primene atomske (tačnije rečeno, nuklearne) energije dala je Liza Majtner, koju je Nobelova nagrada nepravedno mimoišla. Veliki doprinos nuklearnoj fizici je dala i Marija Gepert Majer, dobitnica Nobelove nagrade za fiziku za 1963. godinu, sa svojom teorijom nuklearnih „ljuski”, prvim uspešnim modelom atomskog jezgra. U nastavku teksta, analiziram život i rad tri velike fizičarke: Irene Žolio Kiri, Lize Majtner i Marije Gepert Majer.²

1. IRENA ŽOLIO KIRI (1897–1956)³

Irena Kiri, starija ćerka Marije Kiri, rođena je 1897. godine, nekoliko meseci pre nego što je Marija započela svoj rad posvećen istraživanju „uranijumskih” zraka, koji je doveo do otkrića novih prirodnih radioaktivnih elementa. Krajem 1904. godine, rođena je i njena mlađa sestra Iv (Ève Curie). Irena je imala nesto više od osam godina kad joj je otac tragično poginuo. Oca joj je u nekoliko narednih godina zamenio deda, doktor Ežen Kiri (Eugène Curie),

2 Tekst nema za cilj predstavi sve značajne fizičarke u istoriji, već samo neke na čijim primerima možemo videti koje su sve prepreke one morale da savladaju da bi se bavile naučnim radom. Dok ovde govorim o Ireni Žolio Kiri, Lizi Majtner i Mariji Gepert Majer, upućujem i na već objavljene tekstove o Mariji Kiri (Dobrosavljević Grujić 2004a), Milevi Marić Ajnštajn (Dobrosavljević Grujić 2004b; 2005; 2010) i Lizi Majtner (Dobrosavljević Grujić 2008).

3 Tekst u ovom odeljku je zasnovan na: Byres and Williams 2006; McGrayne 1998; Radvanyi 2002; Palmær 1935.



Slika 1. Irena Žolio Kiri (oko 1935)

Autor/ka: nepoznat/a
Izvor: Acc. 90-105 -
Science Service, Records,
1920s-1970s, Smithsonian
Institution Archives

pod čijim je bila velikim uticajem. Od rane mladosti, Irena pokazuje velike sklonosti za matematiku i prirodne nauke, dok je Iv bila više naklonjena muzici i književnosti.

Irena sa nepunih 18 godina pomaže svojoj majci da organizuje pokretne ambulante za radiografiju ranjenika i prati je u svojstvu tehničarke u više ekspedicija na frontu tokom Prvog svetskog rata. Marija Kiri, prezauzeta ovim poslom, šalje mladu Irenu da sama obučava vojne lekare i instalira odeljenja službe sa X-zracima u vojnim bolnicama.

Irena posvećuje radiološkoj službi veliki deo svog vremena i posle rata, ali uspeva i da na Fakultetu prirodnih nauka u Parizu diplomira fiziku i matematiku, kao i njena majka pre nje. Od 1919. godine, ona kao volonterka



Slika 2. Irena i Marija Kiri u laboratoriji (1925)

Autor/ka: nepoznat/a

Izvor: Wikimedia

pomaže Mariji Kiri u Institutu za radijum. Zvanično se zapošljava tek 1922. godine. U svojim eksperimentima, mlada naučnica je bila veoma metodična i precizna. Iako je pre svega fizičarka koja proučava radioaktivno zračenje, ona ne preza od delikatnih hemijskih metoda.

Irena postaje asistentkinja na Institutu za radijum i 1925. brani doktorsku tezu, posvećenu proučavanju alfa zraka iz radioaktivnog polonijuma. Odbranu

prati sa živim interesovanjem mladi pomoćnik Marije Kiri, koji je stupio u laboratoriju tri meseca ranije. Njegovo ime je Frederik Žolio. Dok je Frederik bio dinamičan i entuzijasta, Irena je rezervisana, promišljena i mirna. Dok ona ne razmišlja o svojim toaletama, on je uvek elegantan, pa ipak, oni nalaze da imaju zajedničke afinitete prema sportu, politici, i naravno, nauci.

Venčali su se 1926. godine i tom prilikom oboje uzeli prezime Žolio Kiri. Naredne, 1927. godine, dobili su svoje prvo dete, ćerku Elenu (Helene), a 1932. i sina Pjera (Pierre).

Od proleća 1928, bračni par Irena i Frederik Žolio Kiri vrši eksperimente i potpisuje radove zajedno. Ovaj put nije bio uvek lak: istraživanja nisu uvek vodila uspehu, ali su krčila put drugim israživačima dok se ne dođe do istine. Tako je bilo sa eksperimentima koje su Irena i Frederik započeli 1931. godine. Koristeći jake izvore alfa zraka za bombardovanje lakih elementa kao sto su, na primer, berilijum ili bor, zapazili su jedan čudan rezultat: veoma prodorno zračenje, za koje su mislili da predstavlja gama zrake velike energije. Međutim, to nije bila tačna interpretacija: 1932. godine u Kembridžu, Raderfordov (Ernest Rutherford) student Džejms Čedvik (James Chadwick) ponavlja ove eksperimente i zaključuje da se ne radi o gama zracima, već o emisiji nanaelektrisanih čestica mase približno iste kao masa protona. Tako je pronađen neutron. Do te godine, fizičari su mislili da se jezgro atoma sastoji od protona i elektrona, koji su eventualno grupisani u alfa čestice. Ovaj pronalazak je omogućio pravilnu interpretaciju mnogih eksperimenata: utvrđeno je da se jezgro sastoji iz protona i neutrona. Irena i Frederik Žolio Kiri ipak nisu bili obeshrabreni time što im je za dlaku promakla prava interpretacija. Oni nastavljaju eksperimente i konstatuju da je emisija neutrona praćena emisijom elektrona velike energije. Međutim, ove čestice su se ponašale kao da su pozitivno naelektrisane. Pozitivne elektrone (pozitron) je otkrio u kosmičkom zračenju američki naučnik Anderson (Carl D. Anderson). Irena i Frederik tada reinterpreтираju svoje rezultate, shvativši da se radi o pozitronima. Pored emisije protona do koje može doći pri bombardovanju alfa česticama aluminijuma koji prelazi u izotop silicijuma, transmutacija se može odigrati tako da se umesto protona emituje neutron i pozitron, pri čemu rezidualno jezgro ostaje isto.

Godine 1934. došlo je do krucijalnog eksperimenta, isto tako važnog kao otkriće radijuma četrdeset godina ranije. Mereći zračenje Gajgerovim (Geiger) brojačem, Irena i Frederik su konstatovali da brojač otkucava i *posle* udaljavanja izvora, i da se emisija pozitrona nastavlja. Tako je otkrivena veštačka radioaktivnost. Zaključak koji se nametao bio je da se neutron i pozitron ne emituju u isto vreme, već u dve sukcesivne etape. Nuklearna reakcija (alfa, n) – jezgro meta-apsorbuje alfa česticu i emituje neutron – formira najpre od aluminijuma jedno jezgro dotad nepoznate vrste, fosfor 30, radioaktivni izotop stabilnog jezgra fosfora 31. Zatim se taj veštački proizveden fosfor 30 transformiše spontano, emisijom pozitrona, u silicijum 30. Kasnije je pokazano da se istovremeno emituje i jedna čestica zanemarljive mase, Paulijev neutrino. Marija Kiri je imala sreću da bude svedok ovih istraživanja. Frederik Žolio je kasnije pričao da nikad neće zaboraviti izraz ogromne radosti koji se pojavio na Marijinom licu kada su joj Irena i on pokazali u maloj ampuli prvi veštački radioelement. Uzela je u svoje ruke, prstima već nagriženim od radioaktivnog zračenja, tu malu ampulu i sama proverila kako Gajgerov brojač otkucava. To joj je, bez sumnje, bila poslednja velika satisfakcija u životu, jer je nekoliko meseci kasnije umrla od leukemije.

Implikacije ovog otkrića su ogromne. Otvorile su se mogućnosti da se veštački proizvedeni radioelementi iskoriste za praćenje hemijskih promena i fizioloških procesa u organizmu, i to veoma uspešno. Detektovana je apsorpcija radiojoda u tiroidnoj žlezdi, dok je radioaktivni fosfor služio za praćenje metabolizma. S druge strane, proizvodnja nestabilnih jezgara je omogućila dalje proučavanje promena u atomu pri cepanju jezgra.

U više mahova, Irena je bila bolesna tokom tih godina. Za vreme obe trudnoće imala je zapaljenje plućne maramice; u proleće 1935, lekari joj postavljaju dijagnozu tuberkuloze pluća i ona provodi nekoliko meseci u sanatorijumu. Pa ipak, 1935. godina donosi i jedno veliko priznanje: Irena i Fredrik Žolio Kiri dobijaju zajedno Nobelovu nagradu iz hemije za sintezu novih radioaktivnih elemenata. Odlučuju da oboje govore prilikom dodele nagrade. Interesantno je kako su, pošto su neke kolege smatrale da je Irena hemičarka, a Frederik fizičar u ovom timu, njih dvojice odlučili da pokažu

suprotno: u svojoj prezentaciji Irena je govorila o fizici (cf. Joliot Curie 1935b), a Frederik o hemiji njihovih istraživanja (cf. Joliot Curie 1935a).

Sledila su dalja priznanja, ali i dužnosti. Frederik je 1937. godine postao profesor na Kolež de Frans (*Collège de France*) i posvetio se konstrukciji prvih aparata za ubrzanje čestica. Takođe, oboje su imali izraženu ideju o društvenoj odgovornosti. Još 1934. godine, oboje postaju članovi socijalističke partije i učestvuju u više antifašističkih i mirovnih akcija. Irena učestvuje u radu Međunarodnog komiteta žena protiv fašizma i rata. Bila je jedna od tri žene u vladi Narodnog fronta 1936. Kao državna podsekretarka za nauku, pomogla je se osnuje Nacionalni centar za naučna istraživanja, koji i danas rukovodi naučnom politikom u Francuskoj.

U godinama koje slede, nacizam jača u Nemačkoj i sve je veća pretnja svetskog rata. Istovremeno, rad Irene Žolio Kiri sa njenim saradnikom Pavlom Savićem pomaže berlinskim naučnicima Otu Hanu (Otto Hahn), Lizi Majtner i Fricu Štrasmanu (Fritz Straßmann) da dođu do koncepta nuklearne fisije – cepanja atomskog jezgra.

Opasnost od zloupotrebe lančane reakcije cepanja jezgra primorava kako američke naučnike koji rade na tom problemu, tako i francusku ekipu da ne objavljuju svoje rezultate. Žolio Kiri su zabeležili princip nuklearnog reaktora i dali ga u zapečaćenom omotu na čuvanje francuskoj Akademiji nauka, gde je ova tajna ostala neotkrivena sve do 1949. godine.

Rat je izbio u Francuskoj 1. septembra 1939. godine. Porodica Žolio Kiri ostaje u okupiranoj Francuskoj da bi sprečila, koliko je moguće, Nemce da se služe njihovim laboratorijama i da odnesu opremu u Nemačku. Frederik počinje da vodi dvostruki život – dok javno nastupa držeci naučna predavanja, njegov tajni rad u Pokretu otpora postaje sve intenzivniji. Rizikujući život, on u svojoj laboratoriji za ovaj Pokret proizvodi eksplozive i radio-uređaje. Irena je za vreme rata ponovo bolesna; tuberkuloza i anemija se ponovo javljaju u ratnim uslovima lošeg grejanja i nedostatka hrane. Pred kraj rata, 1944. godine, njeno zdravstveno stanje se još više pogoršava, pa Frederik uspeva da prebaci ženu i decu u Švajcarsku, dok sâm u Parizu



Slika 3. Frederik i Irena Žolio Kiri (1940-ih)
Autor: Džejms Lebental (James Lebenthal)
Izvor: Wikimedia

prelazi u ilegalu. Posle rata, kao ratni heroj, postavljen je za direktora Nacionalnog centra za naučna istraživanja, a zatim i za visokog komesara (direktora) Francuske komisije za atomsku energiju. Njegov zadatak je bio da od Francuske učini vodeću silu u nuklearnoj industriji. Godine 1945. izabran je za člana francuske Akademije nauka. Irena je takođe postala komesarka u Komisiji za atomsku energiju, a od 1946. godine i profesorka na Sorboni.

Za vreme hladnog rata, politička uverenja para Žolio Kiri dovode do njihovog političkog pada. Još 1942. godine, Frederik je postao član francuske komunističke partije, čiji je Irena bila samo simpatizer. Godine 1950. Frederik, a nekoliko meseci kasnije i Irena, gube svoja mesta u Komisiji za atomsku energiju. Oni se i dalje bore za mir, učestvujući u akcijama za zabranu nuklearnih proba, i razume se, nastavljaju svoj naučni rad. Irenino zdravlje se opet pogoršava, i ona izdržava više operacija. Poslednja velika

Irenina akcija bili su planovi za novu nuklearnu laboratoriju u Orseju, južno od Pariza, gde bi se na novom univerzitetu moglo lakše raditi sa velikim akceleratorima čestica. Početkom 1956. godine, Irena je zbog zdravlja poslata u planine, ali se njeno stanje nije popravilo. Kao i njenu majku pre nje, i nju je odnela leukemija.

2. LIZA MAJTNER (1878–1968)⁴

Životni put Lize Majtner, jedne od najslavnijih fizičarki uopšte, obeležen je borbom protiv dve vrste diskriminacije. U mladosti, pa i kasnije, to je bila borba protiv diskriminacije žena u nauci, a u zrelim godinama, kao već afirmisana naučnica, morala je da napusti svoju laboratoriju u Berlinu i da emigrira, ugrožena diskriminacijom Jevreja u Hitlerovoj Nemačkoj.

Pored velikog doprinosa proučavanju radioaktivnosti, njen drugi i najveći doprinos u nuklearnoj fizici jeste kada je zajedno sa svojim sestrićem Otom Frišom (Otto Frisch) dala prvo teorijsko objašnjenje nuklearne fisije, cepanja atomskog jezgra. Za ovo veliko otkriće je sigurno zaslužila Nobelovu nagradu, koja je nepravедno dodeljena samo njenom muškom kolegi i saradniku u eksperimentima Otu Hanu.

BEČKE GODINE

Liza Majtner je rođena 1878. godine u Beču, u porodici advokata Filipa Majtnera (Philipp Meitner). Pored nje, porodica Majtner je imala još sedmoro dece. U tako brojnoj porodici, nije bilo mnogo luksuza, ali su očevi prihodi bili dovoljni da pokriju troškove onoga što je za srednju klasu bilo neophodno: knjige, letovanje u planinama, i što je bilo najvažnije, časove muzike.

Liza je rasla u jevrejskom okruženju, ali jevrejsko poreklo nije značilo i jak uticaj judaizma. Njeni roditelji su bili veoma emancipovani i više privučeni nemačkoj kulturi, iako se nisu pokrstili. Deca su im prešla u

4 Tekst u ovom odeljku je zasnovan na: McGrayne 1998; Lewin Sime 1989; 2006; Dobrosavljević Grujić 2008; Byres and Williams 2006; Jokić 1991; 1994a; 1994b.



Slika 4. Liza Majtner (Beč, oko 1906)

Autor/ka: nepoznat/a

Izvor: Wikimedia

hrišćansku veru tek kao odrasla: Liza je bila krštena u protestanskoj crkvi tek 1908. godine.

Kada je reč o školovanju devojaka, za njih je u Austriji do kraja devetnaestog veka zakonom bio zabranjen upis na univerzitete. Dok su dečaci mogli da pohađaju gimnazije i polažu maturu, za devojke se školovanje završavalo kada bi napunile 14 godina. To je bio slučaj i sa Lizom Majtner. Jedino što joj je bilo na raspolaganju bilo je obrazovanje za nastavnicu onih predmeta za koje se nije tražila univerzitetska diploma, a to obrazovanje se moglo dobiti u privatnoj Višoj ženskoj školi. Liza je izabrala za svoje usavršavanje francuski jezik i završila tu školu 1899. godine. U međuvremenu, austrijski univerziteti su se, pod sve većim pritiskom potencijalnih studentkinja, otvorili za žene, pa im je 1897. godine dozvoljen upis na Filozofski fakultet (književnost i prirodne nauke), a nešto kasnije, i u Medicinsku školu. Za Lizu Majtner, to je značilo da prethodno mora da položi maturu, za koju se spremala na privatnim časovima dve godine – za dve godine je trebalo preći ceo program osam razreda gimnazije. Liza je položila maturu 1901. godine u jednoj muškoj gimnaziji, pred profesorima koje nikad pre toga nije srela, i to je bilo nešto čega se Liza celog života sećala. Iste godine se upisala na Univerzitet u Beču. Mala, vitka, sa zamišljenim izrazom lica i ozbiljnim tamnim očima, izgledalo je da ne mari ni za šta drugo do za studije. Ubrzo je bilo jasno da je od svih predmeta fizika najviše interesuje. Imala je sreću da je sve kurseve iz fizike držao slavni teoretičar Ludvig Bolcman (Ludwig Boltzmann). Njegove časove je Liza upamtila kao nešto najlepše i najstimulativnije od svega što je ikad čula (cf. Lewin Sime 1996).

Mnogo godina kasnije, njen sestrić Oto Robert Friš je napisao: „Bolcman joj je dao viziju fizike kao bitke za krajnju istinu, viziju koja ona nije nikad izgubila” (ibid., 17). U leto 1905. godine, kada je završila sa kursevima, Liza je započela rad na doktoratu, koji je odbranila *summa cum laude* i dobila doktorsku titulu 1906. Međutim, budućnost nije mnogo više obećavala nego kad je imala četrnaest godina. Kao druga žena sa doktoratom iz fizike, ona nije znala ni za kakve mogućnosti zaposlenja u fizici. Izgledalo je čak sasvim moguće da nikad neće moći da se bavi naučnim radom. Počela je da drži nastavu u jednoj školi za devojke.

Ipak, neke su se mogućnosti ukazale. Radeći danju u školi, Liza je uveče odlazila u Bolcmanov Institut da radi na radioaktivnosti sa Stefanom Majerom (Stefan Meyer), koji je, mada samo šest godina stariji od nje, bio već poznat u toj oblasti. Liza je merila apsorpciju alfa i beta zračenja u tankim folijama, a bolje perspektive u Beču nisu se ukazivale. Ta činjenica ju je podstakla da pita roditelje za dozvolu da ode u Berlin. Roditelji su se složili, što je bilo velikodušno sa njihove strane, pošto je Liza, iako je već imala 28 godina, još uvek bila na roditeljskom izdržavanju.

POČETAK RADA U BERLINU

Liza je stigla u Berlin 1907. godine. Mislila je da će tu studirati nekoliko semestara, a ostala je više od trideset godina. U Berlinu je bio i čuveni profesor Maks Plank (Max Planck), čija je predavanja želela da sluša. Ipak, ovi kursevi joj nisu oduzimali sve vreme, i ona je rešila da zamoli da je prime u laboratoriju profesora Rubensa (Heinrich Rubens) u Institutu za eksperimentalnu fiziku. Neiskusnoj i stidljivoj Lizi je mnogo značilo što je tu odmah upoznala jednog saradnika svojih godina, hemičara Ota Hana. Oni će raditi pod istim krovom trideset jednu godinu, prvo zajedno, a zatim i nezavisno, kao najbliže kolege i najbolji prijatelji. Iako njihova kolegijalnost nije preživela razlike koje su se pojavile među njima kasnije, njihovo prijateljstvo je bilo doživotno. U početku njihovog rada pojavio se problem: Han je radio u Institutu za hemiju, koji je bio zatvoren za žene. Nađen je kompromis tako što je Liza mogla da radi samo u jednoj prostoriji u podrumu, za koju je postojao poseban ulaz i koja je ranije bila stolarska radionica, dok je Han nije preuredio za merenja radijacije. U druge laboratorije Instituta bio joj je zabranjen ulaz. U ovoj laboratoriji, provela je pet godina radeći na radioaktivnosti. Oto je dobio titulu profesora, sa lepom platom od 5.000 maraka godišnje, dok je Liza bila još uvek neplaćeni „gost”, mada je već bila objavila više od dvadeset radova i kao naučnica stekla reputaciju uporedivu sa Hanovom, i kao fizičarka, nezavisno od njega. Zračak nade se javio tek po prelasku u novoizgrađeni Institut „Kajzer Vilhelm” (KWI) za hemiju. Maks Plank ju je imenovao svojom asistentkinjom 1912. godine. Ispravljala je studentske zadatke za njega i postala prva žena na mestu asistentkinje u Pruskoj. To je bilo njeno prvo plaćeno zvanje. Imala je trideset četiri godine.



Slika 5. Liza Majtner i Oto Han u laboratoriji Instituta „Kajzer Vilhelm” (Berlin, 1913)

Autor/ka: nepoznat/a

Izvor: Wikimedia

Godina 1913. je takođe bila dobra godina za Lizu Majtner. Postala je saradnica Instituta, što je bilo isto zvanje koje je i Han imao, ali opet sa znatno manjom platom od njega. Međutim, više nije radila u podrumu.

Odsek za radioaktivnost je i zvanično pripadao njima – to je bila laboratorija Han–Majtner. Još 1912. godine, zajedno sa Hanom, otkrila je postojanje monoenergetskih beta zraka nastalih u radioaktivnom raspadu.

U proleće 1914. godine, Liza je dobila privlačnu ponudu za nastavničko mesto u Pragu, sa dobrim izgledima za napredovanje. To je navelo direktora Instituta da joj, kako bi je zadržao, udvostruči platu na 3.000 maraka i time pokaže da ceni njen rad.

PRVI SVETSKI RAT I POSLERATNE GODINE

Nailaze nemirne godine Prvog svetskog rata. Han je mobilisan, na frontu je sve do 1915. godine, kada je vraćen na specijalni zadatak, u jedinicu za hemijski rat. Radi na proizvodnji bojnih otrova, pa čak odlazi i na front, gde je moćna smeša hlora i fozgena upotrebljena protiv ruskih vojnika. Iako šokiran agonijom umirućih Rusa, Han je ostao u toj službi do kraja rata. Liza Majtner, međutim, 1915. godine radi kao bolničarka i stručnjakinja za X-zrake, slično kao Marija Kiri u Francuskoj. U Lembergu, gde je radila u bolnici, dobila je i bračnu ponudu od jednog grčkog profesora koga je tamo srela. Da li je to bila prva, a možda i poslednja ponuda te vrste ne zna se, ali izgleda da Liza na ovu ponudu nije ni odgovorila. Posle rata, Liza nastavlja saradnju sa Hanom, koja će trajati, u manjoj ili većoj meri, sve dok je pojava nacizma u Nemačkoj ne prekine. Između ostalog, 1917. godine, potvrdili su postojanje radioaktivnog elementa protaktinijuma, posle čega njihova direktna saradnja prestaje. Liza Majtner postaje direktorka Odseka za radiofiziku na Institutu „Kajzer Vilhelm” 1917. godine.

Tokom 1920-ih, Liza Majtner se bavi ispitivanjem magnetnih beta spektara i pridruženog gama zračenja, u cilju proučavanja atomskog jezgra. Oto Han se i dalje bavi radiohemijom, dok Liza radi samostalno fizičkim metodama. Ipak, ona ostaje u najboljim odnosima sa Hanom i njegovom porodicom – čak je bila kuma njihovom sinu. Iako nije imala svoju porodicu, među fizičarima se osećala kao kod kuće.

USPON NA AKADEMSKOJ LESTVICI

Već kao profesorka u Institutu „Kajzer Vilhelm” za hemiju, Liza Majtner počinje da se penje akademskom lestvicom. U Pruskoj su žene mogle da dobiju habilitaciju počev od 1920. godine. Za Lizu, to se desilo 1922, kada je postala prva žena docentkinja (*Privatdozentin*) u Pruskoj, a druga u cejoj Nemačkoj. Pošto je bila autorka već preko četrdeset radova, Liza Majtner nije morala da podnese tezu za habilitaciju, ali je trebalo da održi inauguralno predavanje na univerzitetu pod naslovom „Značaj radioaktivnosti u kosmičkim procesima”. Ova predavanja su često štampana, i od Lize Majtner je zatražena dozvola da se štampa njeno predavanje „Značaj radioaktivnosti u kozmetičkoj fizici” (sic!). Očigledno, žena je mogla biti povezana samo sa kozmetikom!

Godine 1926. Liza Majtner je postala prva žena u zvanju profesorke fizike na univerzitetu (u punom radnom vremenu) u Nemačkoj. Počasti dolaze jedna za drugom, i ona dobija nekoliko nagrada i medalja između 1925. i 1928. godine. Svake godine, ona postaje sve značajnija: dobija stalnog asistenta, više doktoranata, posećuju je naučnici iz Nemačke i inostranstva.

NOVA ERA U NUKLEARNOJ FIZICI

Godina 1932. je velika godina u istoriji fizike. Tada se, moglo bi se reći, rodila nuklearna fizika. Te godine je Džejms Čedvik u Raderfordovoj laboratoriji u Kembridžu, bombardujući atomska jezgra beriljuma alfa česticama i posmatrajući emitovane čestice posle sudara, korektno interpretirao rezultat. Tako je otkriven neutron. Zanimljivo je da su u Parizu Irena i Frederik Žolio Kiri vršili slične eksperimente, ali nisu uspeali da ih interpretiraju na pravi način (v. odeljak 1 ovog rada). Postalo je jasno da se atomska jezgra sastoje iz protona i neutrona, a ne samo od protona ili alfa čestica, kao što se ranije mislilo. S druge strane, bombardovanje jezgara neutronima je postalo novi moćni metod istraživanja. Taj metod je koristila i Liza Majtner, koja ponovo započinje blisku saradnju sa Hanom: oni proučavaju, fizičkim i hemijskim metodama, radioaktivne elemente dobijene bombardovanjem neutronima.

Godine 1934. Enriko Fermi (Enrico Fermi) je predložio teoriju beta raspada u kojoj se neutron transformiše u proton i jednu novu česticu, neutrino, čije je postojanje Pauli (Wolfgang Pauli) teorijski predvideo 1932. Takođe, naglo se razvija kosmička fizika i konstatuje se da u kosmičkim zracima, pored elektrona, postoji i čestica u svemu identična elektronu, samo pozitivnog naelektrisanja. Liza Majtner i njen saradnik Filip (Kurt Philipp) bili su prvi koji su još 1933. godine identifikovali pozitron van kosmičkog izvora, na osnovu svojih eksperimenata sa radioaktivnim berilijumom i polonijumom. Oni su takođe konstatovali da se pozitroni uvek javljaju sa negativnim elektronima u parovima. To je bila sjajna potvrda Dirakove (Paul Dirac) teorije parova.

NA PRAGU OTKRIĆA FISIJE

Godine 1934. nastupa jedan od najuzbudljivijih perioda u istoriji nuklearne fizike, period koji je doveo do otkrića nuklearne fisije – cepanja atomskog jezgra. Pored berlinske grupe, Fermi je sa saradnicima u Rimu intenzivno proučavao produkte bombardovanja neutronima. Interakcijom urana sa neutronima pronađeni su beta emiteri, koji prema eksperimentalnim činjenicama nisu mogli biti sa rednim brojem između 82 i 92. Zaključak je bio da su proizvedeni takozvani transuranski elementi, sa rednim brojem preko 92. Različitog mišljenja je bila Ida Nodak (Ida Noddack), koja je smatrala da bombardovanjem teških jezgara neutronima raspad jezgra proizvodi nekoliko teških fragmenata, koji su poznati elementi, ali ne u blizini ozračenog elementa. Ova sugestija nije imala neku teorijsku osnovu i nije bila prihvaćena, već se dalje krenulo u potragu za transuranskim elementima.

U Parizu, Irena Kiri sa saradnicima je takođe vršila slične eksperimente. Kao rezultat interakcije neutrona sa uranijumom, Kiri sa svojim saradnikom Pavlom Savićem u periodu od 1937. do 1938. godine nalazi više radioaktivnih elemenata, od kojih je posebno interesantan, kao mogući transuranski element, radioelement sa periodom raspada 3,5 časova, koji su oni nazvali R 3,5h.

Paralelno, u Berlinu, Liza Majtner, Han i novi saradnik, hemičar Fric Štrasman, razvijaju novu metodu hemijske separacije „transuranskih” elemenata. U vezi sa elementom R 3,5h, uveli su hipotezu da se radi o mešavini radijuma, aktinijuma i torijuma. Međutim, rezultati hemijske analize su ukazivali da izotopi radijuma imaju svojstva barijuma. Kao hemičari, zaključili su da bi trebalo promeniti simbole Ra, Ac, Th, u simbole lakših elemenata Ba, La, Ce. Kao fizičari, međutim, nisu se mogli odlučiti na takav skok, koji je bio u kontradikciji sa dotadašnjim rezultatima nuklearne fizike. U Berlinu, nisu imali mnogo poverenja u rezultate pariske grupe – element R 3,5h su, podsmešljivo, nazvali „Curiosum”.

U EMIGRACIJI

No, u to vreme, Liza je imala neposrednijih briga. Još od dolaska Hitlera na vlast 1933. godine, nastala je mučna politička situacija. Počinju progoni Jevreja i njihovo potpuno eliminisanje iz javnog života. Liza je donekle bila zaštićena svojim austrijskim državljanstvom i nije bila izbačena iz Instituta, ali je njen uticaj bio marginalizovan.

Nadala se da će joj, ako zajedno sa saradnicima uspe da objasni čudne rezultate bombardovanja uranijuma neutronima, to doneti dalje internacionalno priznanje i imunitet od političkih progona. Teško se rešavala na ono što će neumitno doći – na emigraciju i napuštanje laboratorije u koju je uložila sav svoj život. Ipak, posle aneksije Austrije 1938. godine i hapšenja i progona mnogih jevrejskih kolega i prijatelja, shvatila je da je emigracija neizbežna. No, ni to nije bilo lako – Liza Majtner nije imala važeći pasoš, a zahtev za novi joj je bio odbijen. Zabranjeno joj je da napusti Nemačku, i to sa najvišeg mesta: sam Himler (Heinrich Himmler) je bio umešan u tu odluku. Prijatelji su rešili da joj pomognu i organizuju ilegalan prelaz preko holandske granice. Posle 31 godine u Berlinu, Liza ga je napustila bez ičega, sa 10 maraka u tašni. Bila je potpuno odvojena od svojih korena, bez novca, bez pasoša, odvojena od prijatelja i prijateljica, od svog rada i svog jezika. Blagodareći svojoj međunarodnoj reputaciji i prijateljima među fizičarima, Liza nakon puno peripetija odlazi, posle kratkog boravka u Kopenhagenu, u Stokholm, u Institut Manea Sigbana (Manne Siegbahn), gde će ostati sve

vreme Drugog svetskog rata, pa i kasnije. Iako daleko od svoje laboratorije, ona i dalje održava intenzivnu prepisku sa Hanom i Štrasmanom.

U emigraciji, službeno penzionisana, Liza Majtner je još uvek deo berlinskog tima, pisma svakodnevno putuju između Berlina i Stokholma. Dana 9. novembra 1938. godine, Han tajno putuje u Kopenhagen i konsultuje se sa Lizom Majtner i Nilsom Borom (Niels Bohr) o rezultatima bombardovanja uranijuma neutronima. Majtner insisitira da se provere podaci o „radijumu”; ona je ta koja je ukazivala, kada su našli ono što su smatrali radijumom, da se rezultati moraju pažljivo preispitati.

Han i Štrasman nastavljaju delikatna ispitivanja i konstatuju među izotopima nastalim bombardovanjem urana neutronima nesumnjivo prisustvo barijuma. Međutim, oni nisu mogli da prihvate jedino moguće objašnjenje, za koje je Liza već bila spremna, da je došlo do cepanja atomskog jezgra na manje fragmente.

MODEL KAPLJICE

Dana 19. decembra 1938. godine, Han piše Lizi Majtner: „Naš izotop radijuma se ponaša kao barijum” (Lewin Sime 1989, 374). Za Novu godinu, njen sestrić Oto Friš dolazi za praznike u Švedsku. Šetajući po snegu, Liza i Oto Friš dolaze do *modela kapljice* kao mehanizma raspada uranijuma. Na bazi ovog modela, oni daju *prvo teorijsko objašnjenje nuklearne fisije*: mali površinski napon dovodi do toga da je uranijumovo jezgro nestabilno, kao izdužena kapljica, koja se može podeliti na dva dela, dok je energija koja se oslobađa pri tom deljenju ogromna. Liza Majtner je shvatila da ako je jedan od dva fragmenta raspada barijum, onda drugi mora biti kripton, uz oslobađanje oko 200 MeV. Ona i Oto Friš su ovo izračunali koristeći čuvenu Ajnštajnovu (Albert Einstein) relaciju između mase i energije, $E=mc^2$. Naziv „fisija” je preuzet iz biologije, po analogiji sa deljenjem ćelija. Na osnovu modela kapljice, Bor i Viler (John Archibald Wheeler) daju 1939. godine razrađenu teoriju fisije, konstatujući da je uranijum-235 izotop bitan. Početkom 1939. godine, Friš daje eksperimentalnu potvrdu fisije, mereći „uzmak” fragmenata preko jonizacije koju izazivaju.



Slika 6. Liza Majtner na Katoličkom univerzitetu u Vašingtonu (1946)

Autor/ka: nepoznat/a

Izvor: Acc. 90-105 - Science Service, Records, 1920s-1970s, Smithsonian Institution Archives

Članak Hana i Štrasmana o prisustvu barijuma objavljen je 6. januara 1939, a članak koji su potpisali Majtner i Friš sa teorijskim objašnjenjem 11. februara 1939. Konačna eksperimentalna potvrda, Frišov rad o „uzmaku”, objavljen je 18. februara 1939. godine.

(NE)PRIZNANJA

Za pronalazak nuklearne fisije, samo je Oto Han dobio Nobelovu nagradu (za hemiju) 1944. godine. Liza Majtner i Štrasman su bili izostavljeni. Možda podsvesno, a možda i zbog griže savesti, Han je sistematski radio na tome da umanju doprinos Lize Majtner u „njegovom” otkriću. To je počelo još za vreme Trećeg rajha, kad je još bilo razumljivo da Han ne želi da privuče pažnju na svoju saradnju sa „nearijevkom”, koja je, uz to, pobjegla iz zemlje. No, to se nastavilo i posle rata. Ta revizija istorije je dostigla kulminaciju kada su Han i drugi nemački naučnici počeli čak da tvrde da bi Liza, da je ostala u Berlinu, sprečila Hana da dođe do ovog otkrića (Lewin Sime 1989, 375).

Fermi je uspeo, konstrukcijom nuklearnog reaktora, da 1942. godine ostvari kontrolu lančanog fisionog procesa. Time je otvoren put mirnodopskoj, ali i vojnoj upotrebi atomske energije. Liza Majtner više nije želela da se vrati u Nemačku, i ostaje u Švedskoj do 1960, kada se penzionise i prelazi kad svog sestrića u Kembridž u Engleskoj. U međuvremenu, mnogo putuje po Evropi i Americi, dobijajući puno počasti i priznanja.

Liza Majtner je bila članica sedam naučnih akademija i nositeljka titule pet počasnih doktorata. Dobila je 1942. godine Fermijevu nagradu u Americi, zatim Medalju „Maks Plank” i Lajbnicovu medalju. Umrula je 1968. godine u Kembridžu, u snu, u devedesetoj godini. Prestižna nagrada Evropskog fizičkog društva, koja se dodeljuje za nuklearnu fiziku svake druge godine, nosi njeno ime.

3. MARIJA GEPERT MAJER (1906–1972)⁵

Fizičarka Marija Gupert Majer je imala sreću, kao i njene prethodnice, nobelovke Marija i Irena Kiri, da nađe bračnog druga sa kojim je mogla da razmenjuje naučne ideje. Ona i hemičar Džozef Majer (Joseph Mayer) primer su bračnog para kod koga je međusobni uticaj nesumnjiv. Zajedno su

5 Tekst u ovom odeljku je zasnovan na: McGrayne 1998; Byres and Williams 2006; Johnson 1999; Goepfert Mayer 1963.



Slika 7. Marija Gpert Majer (s. d.)

Autor/ka: nepoznat/a

Izvor: energy.gov / HD.3A.050

napisali više radova i jednu knjigu. Međutim, rad svakoga od njih je najviše poznat baš po onome u čemu nisu eksplicitno saradivali: Marija je slavna po svom radu u nuklearnoj teoriji, a Džozef po primeni statističke mehanike u hemiji. Marija Gpert Majer je danas mnogo poznatija, a naročito kao

dobitnica Nobelove nagrade za fiziku 1963. godine. Pa ipak, ona predstavlja klasičan primer diskriminacije žena, jer je radila u fizici od 1930. do 1960. godine, a da nikada nije za to vreme imala plaćeno mesto sa punom platom. Kao žrtva zakona protiv nepotizma, koji je bio na snazi u Americi sve do 1972. godine, ona je sledila svog muža sa univerziteta na univerzitet, sve dok Drugi svetski rat nije izmenio njihove živote.

Marija Gepert Majer je rođena 1906. u Katovicama u Pruskoj, u današnjoj Poljskoj. Njena porodica se ubrzo preselila u Getingen, gde je njen otac bio profesor pedijatrije. U to vreme, radilo se o značajnom položaju, i Marija je vaspitavana da shvati svoje društvene obaveze ozbiljno, kao i da ceni otmeni način života. Dok ju je majka vaspitavala za društvo, otac ju je ohrabrivao u njenom ranom interesovanju za prirodne nauke. Odrasla je i školovala se u Getingenu, gde se i upisala na univerzitet 1924. godine. U početku je želela da studira matematiku, pod uticajem čuvenog matematičara Davida Hilberta (David Hilbert), koji je bio porodični prijatelj. Međutim, posle jednog seminara fizičara Maksa Borna (Max Born), opredeljuje se za fiziku. To ju je stavilo u centar kvantnomehaničke revolucije.

Born je, sa Vernerom Hajzenbergom (Werner Heisenberg) i Paskvalom Jordanom (Pascual Jordan), razvijao matematičke osnove ove teorije, kao što su to činili Ervin Šredinger (Erwin Schrödinger) u Cirihu i Pol Dirak u Kembridžu. Uticaj njenog učitelja i stečeno znanje iz kvantne mehanike, kao i uticaj odgovarajućeg matematičkog aparata, bili su od presudnog značaja za ceo njen dalji rad. Marija je započela rad na doktorkoj tezi, koju je žurila da završi jer je „srela nekoga”. To je bio Džo Majer (Joseph Jo Mayer), američki hemičar u poseti Getingenu kao postdoktorski stipendista. Iako je naporno radio na istraživanjima, imao je sasvim dovoljno vremena i za društveni život, pa su Marija Gepert i on planirali da se venčaju. Mariju su njene kolege i kolegice posmatrali kao „lepticu iz Getingena”. U relativno malom univerzitetskom krugu, posmatrana je kao princeza. Bila je vaspitana da bude ljupka domaćica koja prima goste, ali nikad nije naučila običnije veštine vođenja domaćinstva. Džo Majer je napravio strog ugovor sa njom: ako završi tezu, on će uzeti služavku kada se venčaju. Marija Gepert Majer je doktorirala 1930. godine.

Ubrzo posle venčanja 1930, bračni par Gepert-Majer odlazi u Ameriku, na Univerzitet „Džon Hopkins” u Baltimoru, gde Džo dobija mesto saradnika na hemiji. Marija je u Baltimoru provela devet godina bez pravog zaposlenja. Oba njena deteta su rođena u tom gradu.

Povremeno je držala kurseve (uključujući kvantnu mehaniku), vodila studente i tražila načine da radi u svojoj omiljenoj disciplini, matematičkoj fizici. Bavila se hemijskom fizikom, primenjujući svoja znanja iz matematike, a posebno teorije grupa. Naročito je zapažen njen proračun energetskih nivoa molekula benzena. Taj rad, u kojem je po prvi put izračunat spektar jednog organskog molekula, kasnije veoma citiran, učinio je da postane poznata kao ekspertkinja za spektre složenih molekula, a mnogi su je i smatrali hemičarkom. Godine 1939. Džo Majer prelazi na Univerzitet Kolumbija u Njujorku. Marija opet nema zvanično mesto, iako drži neka predavanja i može da koristi afilijaciju ovog univerziteta za knjigu koju su ona i Džo zajedno objavili pod naslovom *Statistička mehanika*.

Život porodice Gepert-Majer se bitno menja izbijanjem Drugog svetskog rata. I Marija i Džo su pozvani da učestvuju u nekim aspektima projekta „Menhetn”, koji je kasnije doveo do prve nuklearne lančane reakcije (1942. godine) i atomske bombe. Džo odbija poziv i radi na istraživanju vezanom za klasično oružje. Marija po prvi put bez muževljeve emotivne i naučne podrške radi u okviru jedne grupe koja proučava separaciju uranijuma, gde se bavi teorijskom analizom spektara raznih jedinjenja uranijuma. Marija je kasnije govorila da joj je to iskustvo pomoglo da dobije samopouzdanje i da postane samostalna u istraživanju.

Posle rata, na Univerzitetu u Čikagu došlo je do pokušaja nastavka produktivne saradnje fizičara, matematičara i inženjera, započete projektom „Menhetn”. Godine 1946. je otvoren Institut za nuklearne nauke, koji je okupljao niz slavnihi imena: Enriko Fermi, Edvard Teler (Edward Teller), Džejsms Frank (James Franck) i drugi. Marija i Džo Majer su takođe pozvani da im se pridruže. Marija ni na Univerzitetu u Čikagu nije dobila platu, navodno zbog zakona protiv nepotizma, ali je dobila status profesorke na Odeljenju za fiziku i mogla je da predaje i radi sa studentima i studentkinjama.



Slika 8. Marija Gupert Majer u pratnji švedskog kralja na prijemu povodom Nobelove nagrade (1963)

Autor/ka: nepoznat/a

Izvor: Smithsonian Institution

U tom je statusu provela skoro 15 godina, dok priznanje za njen rad nije došlo sa druge strane. Kao teoretičarka, bila je pozvana da se pridruži Argonskoj nacionalnoj laboratoriji, gde je, po svom izboru, bila plaćena za pola radnog vremena. Tu se prvi put ozbiljnije susreće sa problemima nuklearne fizike,

radeći sa kolegama koji su na tom polju bili aktivni već petnaestak godina. Radeći zajedno sa Telerom na teoriji o poreklu elemenata, Marija Gepert Majer otkriva fenomen koji se danas naziva fenomenom „magičnih brojeva”, što znači da izvestan broj neutrona ili protona (2, 8, 10, 20, 50 ili 82) daje jezgru neobičnu stabilnost. Nova u ovoj oblasti, ona je prišla objašnjenju bez predrasuda koje su vladale među njenim kolegama i na taj način uspela da objasni postojanje „magičnih brojeva”. Naime, naoružana znanjem iz kvantne mehanike, ona je kroz analizu nuklearne vezivne energije, energije raspada i zastupljenosti stabilnih izotopa pokušavala da nađe objašnjenje na jeziku nuklearnih nivoa energije. Međutim, to nije uspevalo, sve do jednog razgovora sa Enrikom Fermijem 1949. godine, posle koga je Marija shvatila da ako se uključi spin-orbitalna interakcija kod nukleona, relativne energije nuklearnih stanja mogu biti dovoljno modifikovane da se promene brojevi potpunosti zatvorenih „ljuski”. Pored magičnih brojeva, ovo je objasnilo i niz drugih nalaza o jezgru.

Sličan nuklearni model je otkriven simultano u jednoj grupi u Nemačkoj, pod vođstvom Hansa Jensena (Hans Jensen). Marija Gepert Majer je kasnije razvila i usavršila tu teoriju, što je kulminiralo objavljivanjem knjige koju je napisala zajedno sa Jensenom. To je bila *Elementarna teorija nuklearnih ljuski*, i za taj rad je kasnije dobila, zajedno sa Jensenom i Vignerom (Eugene P. Wigner), Nobelovu nagradu za fiziku za 1963. godinu.

I u periodu pre dobijanja Nobelove nagrade, Marija Gepert Majer se bavila nuklearnom fizikom, ali plaćeno mesto dobija tek 1959. godine, kada Univerzitet u Kaliforniji nudi bračnom paru Gepert-Majer dva mesta u San Dijegu. Međutim, uskoro po selidbi, Marija doživljava šlog i njeno zdravlje se posle toga nikad nije sasvim popravilo, pa se u narednom periodu bavila nastavnim, ali ne više i istraživačkim radom. Umrla je 1972. godine.

Danas, u Sjedinjenim Državama postoji prestižna nagrada koja nosi ime Marije Gepert Majer, a koja se dodeljuje mladim ženama za istaknute rezultate u nuklearnoj fizici dobijene u periodu od deset godina posle doktoriranja.

EPILOG

Vremenom, položaj žena u nauci se znatno promenio. Mnoge od nabrojanih barijera koje su ih sprečavale da zauzmu svoje mesto su nestale. Danas na Zapadu nema onih prepreka za obrazovanje sa kojima su se suočavale žene u devetnaestom i prvoj polovini dvadesetog veka, ženama je omogućeno da konkurišu za dobro plaćena radna mesta u nastavi ili naučnom istraživanju, dok je broj žena naučnica u prirodnim naukama, a posebno u onim „tvrdim” kao što su fizika i matematika, znatno porastao krajem dvadesetog i početkom dvadeset prvog veka. Pa ipak, diskriminacija i dalje postoji. Broj istaknutih naučnica, onih koje su dobile najviša međunarodna priznanja, još uvek je srazmerno mali. To se, između ostalog, vidi i po broju Nobelovih nagrada koje su osvojile žene. Otkako je uvedena Nobelova nagrada 1901. godine, pa do 2016, ukupno je dodeljeno 579 nagrada za 911 laureata. Od toga je samo 48 žena, uključujući i nagradu za ekonomiju, a od toga 18 za prirodne nauke. Najveći broj Nobelovih nagrada za žene je, od svih prirodnih nauka, u fiziologiji i medicini – 12. Za hemiju imamo četiri laureatkinje, a za fiziku samo dve.

Nije jasno kako je moguće da tokom 53 godine nijedna žena nije dobila Nobelovu nagradu za fiziku. Liza Majtner je bila nominovana za različita priznanja preko 40 puta, i dobila je mnoge nagrade i priznanja, ali ne i Nobelovu nagradu. Slično je bilo i sa Rozalind Frenklin, a malo je nedostajalo da ni Marija Kiri ne dobije Nobelovu nagradu za fiziku 1903. godine.

Za neka od najvećih otkrića u fizici dvadesetog veka zaslužne su žene. Za velike prodore u fizici dvadeset i prvog veka, kao što je eksperimentalno otkriće u CERN-u Higsovog bozona (elementarne čestice čije postojanje potvrđuje tzv. standardni model u ovoj oblasti) ili detekcija gravitacionih talasa (što potvrđuje Ajnštajnovu opštu teoriju relativiteta), potreban je timski rad, u kojem učestvuju i naučnice. Ohrabruje to što je na čelu CERN-a (Evropske organizacije za nuklearna istraživanja) sada jedna žena. Naime, 2014. godine, italijanska fizičarka Fabiola Đijanoti (Fabiola Gianotti) izabrana je za prvu direktorku CERN-a. Ona je stupila na ovu dužnost 2016. godine, i možda ovo postavljenje daje nadu da je „stakleni plafon” u fizici konačno probijen.

LITERATURA

- Byers, Nina, and Garry Williams, eds. 2006. *Out of the Shadows: Contributions of Twentieth-Century Women to Physics*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Dobrosavljević Grujić, Ljiljana. 2004a. „Marija Sklodovska Kiri – Paradigma ženskog uspeha.” *Genero: časopis za feminističku teoriju* 4/5: 115–122.
- Dobrosavljević Grujić, Ljiljana. 2004b. „Senka Mileve Marić.” *Treći program* 1/2(121-122): 102–109.
- Dobrosavljević Grujić, Ljiljana. 2005. „Mileva Marić Ajnštajn.” *Genero: časopis za feminističku teoriju* 6/7: 135–145.
- Dobrosavljević Grujić, Ljiljana. 2008. „Liza Majtner i otkriće nuklearne fisije.” *Flogiston: časopis za istoriju nauke* 16: 141–154.
- Dobrosavljević Grujić, Ljiljana. 2010. „Mileva Marić Ajnštajn.” U *Prilozi istoriji i epistemologiji nauke*, uredili Branko Dragović i Miroslav Ivanović, 133–142. Beograd: IKSI.
- Goeppert Mayer, Maria. 1963. „Nobel Lecture: The Shell Model.” Dostupno na *The Nobel Prize*, December 12. https://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1963/mayer-lecture.pdf
- Johnson, Karen E. 1999. „Science at the Breakfast Table.” *Physics in Perspective* 1(1): 22–34. doi: 10.1007/s000160050003
- Jokić, Stevan, 1991. „Otkriće fisije i 50 godina istraživanja.” U *Zbornik predavanja i priloga Simposijuma o fisiji*, uredili Stevan Jokić i Vukota Babović, 1–28. Kragujevac: Prirodno-matematički fakultet.
- Jokić, Stevan. 1994a. „Nuklearne reakcije u interakciji teških jona.” *Sveske fizičkih nauka* 7(1): 1–101.
- Jokić, Stevan. 1994b. „Nuklearne reakcije u interakciji teških jona.” *Sveske fizičkih nauka* 7(2): 1–89.
- Joliot Curie, Frédéric. 1935a. „Nobel Lecture: Chemical Evidence of the Transmutation of Elements.” Dostupno na *The Nobel Prize*, December 12. https://www.nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/1935/joliot-fred-lecture.pdf

Joliot Curie, Irène. 1935b. „Nobel Lecture: Artificial Production of Radioactive Elements.” Dostupno na *The Nobel Prize*, December 12. https://www.nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/1935/joliot-curie-lecture.html

Lewin Sime, Ruth. 1989. „Lise Meitner and the Discovery of Fission.” *Journal of Chemical Education* 66(5): 373–376. doi: 10.1021/ed066p373

Lewin Sime, Ruth. 2006. *Lise Meitner: A Life in Physics*. Berkley, Los Angeles, London: University of California Press.

McGrayne, Sharon Bertsch. 1998. *Nobel Prize Women in Science: Their Lives, Struggles, and Momentous Discoveries*. Washington D.C: Joseph Henry Press.

Palmær, Wilhelm. 1935. „Award Ceremony Speech.” Dostupno na *The Nobel Prize*, December 12. https://www.nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/1935/press.html

Radvanyi, Pierre. 2001. *Les Curies: Deux couples radioactifs*. Paris: Pour la Science.

Primljeno: 25.12.2016.

Prihvaćeno: 05.08.2017.

The Triumph of Discovery I: Intellectual Biographies of Physicists Irène Joliot Curie, Lise Meitner and Maria Goeppert Mayer

Ljiljana DOBROSAVLJEVIĆ GRUJIĆ

University of Belgrade
Institute of Physics

Summary: This essay analyses lives and works of three distinguished female physicists of the 20th century - Irène Joliot Curie, Lise Meitner and Maria Goeppert Mayer. The essay emphasizes the obstacles that existed regarding the possibilities for education and then employment in laboratories, institutes and universities, obstacles that often prevent women from doing scientific research. Those obstacles include institutional discrimination of women (in the educational system and in the employment policies), but also tell us about the world of science as the men's world in which women rarely got an access and had a lot of difficulties to win the right to be a part of that world. On the other side, this essay indicates, using the example of these three female physicists, although they are certainly not the only ones, that women are credited for some of the most important discoveries in the 20th century physics, or they were important part of teams that came up with great discoveries: the discovery of the nuclear fission, the nuclear shell model (the first successful model of the atomic nucleus), the discovery of the Higgs boson. Pursuing that line in reasoning, the article also indicates a surprisingly small number of women who won the Nobel Prize for physics.

Keywords: intellectual biography, women, science, female physicists, history of science, discrimination, scientific discovery, Irène Joliot Curie, Lise Meitner, Maria Goeppert Mayer