GENERO 23: (2019) 217-236

Pregledni rad

Ljiljana Dobrosavljević Grujić
Univerzitet u Beogradu
Institut za fiziku

UDK
517:929 Коваљевска С.
512:929 Нетер Е.

ONE SU POMERALE GRANICE ZNANJA: INTELEKTUALNE BIOGRAFIJE MATEMATIČARKI SOFIJE KOVALJEVSKE I EMI NETER

APSTRAKT U ovom tekstu se analizira život i rad dveju istaknutih matematičarki, Sofije Kovaljevske, koja je živela u drugoj polovini 19. veka, i Emi Neter, koja je bila najaktivnija u prvim decenijama 20. veka. Tekst prati probleme sa kojima su se suočavale obe matematičarke kada je reč o mogućnostima za visoko obrazovanje, koje uglavnom nije bilo široko dostupno za žene, a zatim i kada je reč o dobijanju titule doktorki nauka i zaposlenju na univerzitetima. Analizira se i njihov doprinos matematici (analizi, parcijalnim diferencijalnim jednačinama, algebri), disciplini u kojoj su žene uglavnom bile uskraćene kada je reč o njihovoj vidljivosti i nagradama. Rad, konačno, ukazuje na značaj stalnog podsećanja na pionirke u naučnim istraživanjima različitih naučnih disciplina, ne samo zato što su se uz manje ili veće žrtve izborile za vidljivost u naukama kojima su se bavile, već i zbog njihovog nastojanja da otvore prostor za rad drugih žena i novijih generacija naučnica.

Ključne reči: intelektualne biografije, matematičarke, istorija matematike, analiza, parcijalne diferencijalne jednačine, algebra, diskriminacija, Sofija Kovaljevska, Emi Neter

PROLOG

Prethodni tekstovi (cf. Dobrosavljević Grujić 2017; 2018) ukazali su na velike probleme sa kojima su se suočavale žene u pokušajima da se obrazuju, a zatim i bave naukom kao pozivom. Međutim, zna se da je bilo mogućnosti za naučno obrazovanje žena u antici i, iako nije postojala striktna podela naučnih disciplina kao što je to slučaj danas, najčuvenije naučnice ovog perioda bile su astronomke i matematičarke, čak i alhemičarke, kao na primer u Aleksandriji, gradu u kome je nastao Ptolomejev kosmološki model i gde je živela i radila čuvena naučnica i filozofkinja Hipatija (Hypatia).

https://doi.org/10.18485/genero.2019.23.1.10

Dok je Platonova Akademija primala žene, Aristotelov Licej je, nažalost, bio zatvoren za žene, i njegova predstava o ženama, koje je smatrao inferiornim u odnosu na muškarce još u materici, kasnije je preuzeta od strane hrišćanske crkve, što je, naravno, negativno uticalo na socijalno okruženje u kojem su žene naučnice pokušavale da rade. Ovakav stav prema ženama je oblikovao i naučnu i širu javnost preko 2000 godina.

Za razliku od klasičnog perioda, mračno doba hrišćanskog srednjeg veka je bilo još mračnije za žene. Čak i posle naučne revolucije koja je počela u 16. veku, pa sve do 20. veka, žene koje su nešto značajno doprinele matematici bile su prava retkost. Zašto je to bilo tako u matematici? Odgovor je sličan kao i za prirodne nauke: smatralo se da je to polje delatnosti koje nije za žene. Novi procvat nauke, uključujući i doprinos žena, dolazi sa naučnom revolucijom i dobom prosvećenosti. Međutim, evropski univerziteti su još uvek bili zatvoreni za žene. Izuzetak je bila Italija, gde su univerziteti, kao i akademija nauka, bili otvoreni i za žene iz drugih evropskih zemalja. Inače, žene su mogle da se bave astronomijom, jer se to smatralo njihovim hobijem, a ne ozbiljnim naučnim radom, i taj stav prema angažmanu žena u istraživanjima astronomije postoji još od antike: žene su se mogle baviti astronomijom kod kuće tako što pomažu bratu, mužu ili nekom drugom muškom srodniku. Uskraćivanje istraživačke samostalnosti, koje je trajalo sve do novijeg vremena, predstavlja specifičan vid diskriminacije naučnica.[1]

Kada je reč o drugoj disciplini, matematici i značajnim ženama u toj nauci, matematičarkama, o njima je dosta pisano, uglavnom u stranoj literaturi, i uvek se kao važno postavlja pitanje kakvo je njihovo nasleđe i kakav je položaj žena u matematici danas. Danas, srećom, u matematici ima puno

1 Postoji veliki broj primera iz istorije nauke koji pokazuju kako su žene bile često saradnice svojih muških srodnika. Hipatija iz Aleksandrije, astronomka, kosmološkinja, matematičarka i filozofkinja, bila je dragocena saradnica svog oca Teona, profesora aleksandrijskog Muzeja. Drugi primer je čuvena astronomka Karolina Heršel (Caroline Herschel), čiji je životni put veoma zanimljiv. Počela je kao pomoćnica svog brata, da bi nastavila kao saradnica svog bratanca i doživela duboku starost kao samostalna naučnica. Pošto su njihov život i rad obrađeni u ranijim tekstovima (Dobrosavljević Grujić 2009a; 2009b; 2014), ovde ih navodim samo kao primere istaknutih žena u istoriji astronomije, jedne od dve naučne discipline u kojima su žene imale svoje mesto (iako su bile diskriminisane i marginalizovane) još od antike.

žena, i to veoma uspešnih matematičarki. Prepreke koje im i dalje postavlja takozvana „muška solidarnost" naučnika ipak još nisu sasvim nestale, i zato ne čudi što je do danas samo jedna žena u istoriji dobila prestižnu Fildsovu nagradu (*Fields Medal*), ekvivalentnu Nobelovoj nagradi, koja za matematiku ne postoji. Ta jedna jedina žena bila je iransko-američka matematičarka Marjam Mirzakani (Maryam Mirzakhani, 1970–2017), koja je zajedno sa još tri matematičara dobila nagradu 2014. godine. Zato je inspirativno saznati nešto više o životu slavnih pethodnica matematičarki današnjice, koje su uspele da savladaju veliki broj prepreka sa kojima se mnoge matematičarke današnjice, možda upravo zahvaljujući radu i borbi svojih prethodnica, ne suočavaju. Ovaj tekst je posvećen dvema matematičarkama koje su doživele veliku diskriminaciju kako šireg društva, tako i naučne zajednice: jedna je živela u 19. veku, i njeno ime je Sofija Kovaljevska (Sofya Kovalevskaya / Софья Васильевна Ковалевская), a druga u 20. veku, i radi se o Emi Neter (Emmy Noether).

1. SOFIJA VASILJEVNA KOVALJEVSKA (1850–1891)[2]

Sofija Kovaljevska je bila prva žena profesorka više matematike u celoj Evropi i jedna od najvećih matematičarki 19. veka. Pored toga, ova svestrano obdarena žena bila je i književnica, velika humanistkinja i borkinja za ženska prava. Njen život, buran kao najuzbudljiviji roman, bio je predmet nekoliko književnih dela.

Rodila se u porodici pukovnika Krukovskog, koji uskoro postaje general, a zatim dobija i plemićku titulu. Pod novim imenom Korvin-Krukovski daje ostavku i odlazi na svoje seosko imanje Palibino, gde je Sofija provela detinjstvo. U to vreme, u Rusiji nije bilo mnogo gimnazija, a ženskih nije bilo uopšte. Plemići su uzimali za decu domaće učitelje, pa je tako i Sofija – Sonja ili Sofa, kako su je zvali kod kuće, imala učitelja, između ostalog, i za matematiku, za koju je pokazivala mnogo smisla.

Prvi problemi kada je reč o obrazovanju pojavili su se kada se postavilo pitanje Sofijinog višeg obrazovanja: devojkama je bio zabranjen pristup na

2 Tekst u ovom odeljku zasnovan je na analizi koja se može naći u sledećim izvorima: Leffler 1895; Koblitz 1993; 2004; Rappaport 1981; Rowold 2001; Osen 1999a; Cook 1984; Kochina 1985.

Slika 1. Sofija Kovaljevska (1880)
Autor/ka: nepoznat
Izvor: Wikimedia; Mittag-Leffler-Instituts der Schwedischen Akademie der Wissenschaften, Stockholm

ruske univerzitete i samo su mogle da pohađaju visoke škole u inostranstvu, i to ne svuda. Na mnogim nemačkim univerzitetima devojke su primane „samo kao izuzetak", dok je mogućnost ravnopravnog školovanja i dobijanja diplome za žene i muškarce postojala na ciriškom univerzitetu i politehničkom institutu.

Doba Sofijine mladosti je takođe doba prvih revolucionarnih stremljenja u Rusiji, tako da je pokret za više obrazovanje žena bio deo opšteg naprednog pokreta za jednakost i demokratiju koji je započeo posle Krimskog rata. Mladi ljudi u Rusiji su bili verovali u moć obrazovanja i zalagali se da svi, a to znači i žene, imaju pravo na obrazovanje, koje treba da bude usmereno na dobrobit društva i pomoć svim ljudima. Međutim, čak i u slučaju kad su roditelji omogućavali obrazovanje devojaka, to je imalo svoje granice, i nije se moglo zamisliti da neudata devojka otputuje sama u inostranstvo na studije. Jedno lukavstvo, kojem su devojke pribegavale da bi to sebi ipak omogućile, bio je fiktivan brak. Bilo je potrebno naći mladog čoveka, koji bi pristao da radi viših ideala sklopi takav brak, iako bi to onemogućilo i „mužu" i „ženi" da kasnije zasnuju porodicu, jer je crkveni brak bio praktično neraskidiv. To je opisano i u čuvenom romanu Černiševskog (Nikolay Chernyshevsky/ Николай Чернышевский) *Šta da se radi* iz 1863. godine.

Ovom lukavstvu je pribegla i Sofija, i posle nekoliko neuspelih pokušaja, našla je mladića spremnog da sklopi takav brak, Vladimira Onufrijeviča Kovaljevskog (Vladimir Kovalevsky / Владимир Онуфриевич Ковалевский). Sofijina porodica nije bila zadovoljna izborom Vladimira Kovaljevskog jer nije bio naročito „dobra prilika", a i Sofija je tek navršila osamnaest godina i bila isuviše mlada za brak. Zato je Sofija – Sonja „odbegla" kod svog verenika i tek tada je njen otac konačno dao saglasnost, pa je svadba upriličena 1868. godine u Palibinu.

Kao udata žena, Sofija – Sonja je bila spremna da krene na jedan od najstarijih nemačkih univerziteta, u Hajdelberg. Tamo je prvo zatražila dozvolu da pohađa kurseve kod čuvenog fizičara Kirhofa (Gustaf Kirchhoff). Dozvolu je dobila, ali samo kao već pomenuti „izuzetak", i to tek kad se pojavio Vladimir, odnosno kada su se svi uverili da mlada gospođa Kovaljevska zaista ima muža.

Iako je tokom studija živela van Rusije, u inostranstvu, Sofija Kovaljevska je i dalje bila angažovana u borbi za pravo na obrazovanje žena i ženska prava uopšte. Bila je jedna od 400 žena koje su potpisale peticiju u korist višeg obrazovanja žena u Rusiji, što je u tadašnjim političkim okolnostima bio izuzetno hrabar čin. Pošto peticija nije imala neposrednog uticaja, i devojke su i dalje mogle da studiraju samo u inostranstvu, Sofija je u Hajdelbergu osnovala nešto što je njen muž nazvao „ženskom komunom". Naime, u nji-

hovom stanu, pored Sofijine sestre Ane, često je boravilo nekoliko studentkinja iz Rusije.

Hajdelberška „komuna" se raspala 1870. godine, kada je Sofija otišla u Berlin sa izvanrednim preporukama svojih profesora, čvrsta u svojoj nameri da što pre odbrani doktorat. Njeni hajdelberški profesori su je preporučili svetski čuvenom matematičaru, Karlu Tedoru Vajerštrasu (Carl Theodor Weierstrass), „ocu moderne analize", da bude njen mentor, kao i da joj pomogne da dobije dozvolu da pohađa univerzitet. Međutim, Senat univerziteta je odbio Sofijinu molbu i jedina mogućnost koju je imala bili su privatni časovi, koje joj je Vajerštras davao tokom narednih nekoliko godina. Život u Berlinu je bio monoton: Sofija je radila često po 16 sati dnevno i jedina razonoda su bile Vladimirove posete, koji je u to vreme spremao svoju doktorsku disertaciju iz paleontologije na Univerzitetu u Jeni. Po završetku disertacije, Vladimir se vratio u Rusiju.

Sofija je vredno radila na svojoj disertaciji i do proleća 1874. godine je napisala čak tri rada „za svaki slučaj" (Rowold 2001, 606), od kojih je svaki pojedinačno bio dovoljan za doktorsku titulu. Najvažniji je onaj koji se odnosi na teoremu o rešenju jedne date parcijalne diferencijalne jednačine. Kasnije se pokazalo da je i francuski matematičar Ogusten Koši (Augustin Cauchy) dao rešenje tog problema još 1842. godine, iako Sofija i njen mentor Vajerštras za to nisu znali. Slavni francuski matematičar, fizičar i filozof nauke Anri Poenkare (Henri Poincaré) je zabeležio: „Kovaljevska je znatno uprostila [Košijev] dokaz, i dala teoremi njenu završnu formu" (Rappaport 1981, 566). Ta teorema danas nosi ime teoreme Koši–Kovaljevske. Drugi rad se odnosio na oblik Saturnovih prstenova, što je bio klasičan problem u teorijskoj astronomiji. Treći rad se odnosio na redukciju jedne klase integrala na jednostavniji oblik. Jula 1874. godine, Sofija Kovaljevska je dobila titulu doktorke filozofije (*in absentia*) Univerziteta u Getingenu, u oblasti matematike, *summa cum laude*, bez usmenog ispitivanja i odbrane. Nepotrebno je reći da se radilo o presedanu (Rowold 2001, 606; Rappaport 1981, 566).

Posle doktorata, Sofija Kovaljevska se vraća u Rusiju i zajedno sa Vladimirom odlazi u Petrograd. Međutim, nije nikako mogla da nađe odgovarajuće zaposlenje: nastavnička mesta u višim razredima gimnazije i na univerzitetima su bila zatvorena za žene. Početkom 1875. godine, Sofija i Vladimir započinju posle sedam godina fiktivnog braka emotivnu vezu i u

jesen 1878. godine dobili su ćerku Sofiju – Fufu. U ovom periodu, Sofija Kovaljevska igra ulogu „dame": ide na prijeme i prima istaknute goste, posećuje pozorišta i koncerte... Međutim, život u Petrogradu postaje sve skuplji, a finansijska situacija porodice Kovaljevski sve gora. Posle nekoliko neuspelih pokušaja da postane docent na moskovskom univerzitetu i nekih poslovnih i finansijskih neuspeha, Vladimir odlazi u inostranstvo, a raskid između supružnika postaje neizbežan.

Sofija se nada da će, po preporuci Vajerštrasovog đaka i svog kolege, švedskog matematičara Mitag-Leflera (Göste Mittag-Leffler), dobiti mesto privatne docentkinje (*Privatdozentin*) na Univerzitetu u Helsinkiju. To nije uspelo jer su helsinški naučnici, navodno nemajući ništa protiv žena, smatrali da bi za njom došle i druge žene, među kojima može biti i „socijalistkinja". Nova mogućnost se pojavila u Stokholmu, gde je Mitag-Lefler uspeo da ubedi svoje kolege da će dolaskom Kovaljevske stokholmski univerzitet zauzeti vodeći polozaj u školovanju stručnjaka. Sofija je jako želela to mesto, ne samo zato da bi postala docentkinja, već i da bi na taj način stvorila mogućnost zaposlenja na univerzitetu za druge žene. Napisala je Mitag-Lefleru 1881. godine:

> „[Ako bih mogla da predajem i podučavam], na taj način bih otvorila univerzitete za žene, koji su do sada za njih bili otvoreni kao za ‚specijalne izuzetke', a to je usluga koja se može uskratiti u svakom trenutku" (Rappaport 1981, 567).

U međuvremenu, Vladimir, izgubljen u svim svojim delatnostima i nervno rastrojen, izvršava samoubistvo. Ma koliko da je to teško pogodilo Sofiju, ona od jeseni 1883. godine počinje novi život u Švedskoj. Porodica Mitag-Leflera ju je toplo primila i uskoro se sprijateljila sa sestrom svog kolege, Anom Karlotom Lefler (Anna Charlotta Leffler), koja je bila književnica. Zajedno su napisale i jednu dramu, *Put ka sreći* (*Kampen för lyckan*) 1888. godine.

Bez obzira na tremu koju je imala, prvi Sofijini časovi na univerzitetu su bili izuzetno uspešni, i studenti su joj priređivali ovacije, donosili cveće… U leto 1884. godine, Sofija dobija važnu vest: Savet Univerziteta u Stokholmu, i pored protivljenja nekih profesora, postavio ju je u zvanje profesorke univerziteta. Ta vest je u Nemačkoj bila prava senzacija. Nemački matematičari

su tražili njene radove da bi ih objavili u svojim naučnim časopisima, ministar prosvete joj je „velikodušno dozvolio" da, ukoliko to želi, prisustvuje predavanjima na svim nemačkim univerzitetima, a bila je pozvana i na godišnje zasedanje nemačke akademije nauka.

U ovom periodu Sofija Kovaljevska intenzivno radi, pa je za osam godina na stokholmskom univerzitetu održala čak 12 različitih kurseva iz matematike i mehanike, pri čemu je teoriju rotacije krutog tela predavala koristeći rezultate sopstvenih istraživanja. Ovom problemu je Kovaljevska prišla na originalan način, koristeći metode funkcija kompleksne promenljive. Rezultati su kasnije našli najširu primenu u žiroskopima, kao baza za mnoge merne, kontrolne i stabilizirajuće instrumente. Za ovaj rad Sofija je osvojila Bordenovu nagradu pariske akademije nauka, koja joj je svečano dodeljena u decembru 1888. godine. Konkurs za Bordenovu nagradu je prethodno tri puta objavljivan, ali nagrada nije bila dodeljena, pa je uspeh Kovaljevske bio utoliko veći jer je nagrada i dodeljena, a dobitnica je bila žena. Posle Bordenove nagrade, počasti se umnožavaju: Sofija Kovaljevska dobija još jednu veliku švedsku nagradu, nagradu kralja Oskara, a ruska akademija nauka je bira za dopisnu članicu iako joj ni tada, a ni kasnije nije bilo ponuđeno mesto profesorke na nekom ruskom univerzitetu.

U međuvremenu, došlo je do promena i na ličnom planu. Sofija Kovaljevska upoznaje svog zemljaka istog prezimena, profesora prava Maksima Maksimoviča Kovaljevskog (Maksim Maksimovich Kovalevsky / Максим Максимович Ковалевский), koji joj se odmah dopao i koga je opisala u svom romanu *Roman na rivijeri*. Kovaljevski je bio veoma obrazovan čovek, studirao je na evropskim univerzitetima, bio prijatelj Karla Marksa (Marx), posećivao „nedeljne večere" Fridriha Engelsa (Friedrich Engels), i već sa 26 godina postao profesor državnog prava na Moskovskom univerzitetu. Sofija se s njim viđala u Švedskoj i drugim evropskim zemljama, po kojima su putovali zajedno. Bilo je reči o braku, ali ma koliko da je Maksim Maksimovič bio impresioniran Sofijinim umom, velikom naučnom fantazijom i brzim snalaženjem u potpuno nepoznatim oblastima, on nikako nije mogao da zamisli „svoju" ženu koja ne bi bila „svetska dama", već (skromna) naučnica. Taj začarani krug Sofija nije mogla da probije, i privatni problemi su dodatno uticali na pogoršanje njenog zdravlja. Kod nje se razvija srčano oboljenje, praćeno bolovima zbog kojih je čak ponekad morala da otkaže predavanja.

Na kraju, upravo kad je izgledalo da će se sve dobro svršiti i da će Sofija i Maksim sklopiti brak, njeno zdravstveno stanje se pogoršalo, a upala pluća, do koje je došlo zbog stalnih putovanja i stresa, bila je van kontrole. Sofija Vasiljevna Kovaljevska je umrla u Stokholmu 10. februara 1891. godine, u samom procvatu svojih stvaralačkih sposobnosti.

Slika 2. Bista Sofije Kovaljevske
Autor: Walter Runeberg
Izvor: Leffler 1895

U čast Sofije Kovaljevske je izdata komemorativna marka u Sovjetskom Savezu 1951. godine, a 2000. godine je iskovan novčić sa njenim likom. Jedan krater na Mesecu nazvan je „Kovaljevska".

Udruženje žena u matematici (*Association for Women in Mathematics* – AWM) je ustanovilo pre više od dvadeset godina program „Matematičkih dana Sonje Kovaljevske" (*Sonia Kovalevski Days – SK Days*), koji se održavaju na univerzitetima širom Sjedinjenih Američkih Država sa ciljem da se osnaže žene da izučavaju matematiku. Od 2003. godine, ovo udruženje organizuje i godišnje predavanje „Sonja Kovaljevski" (*Sonia Kovalevski Lecture*), kako bi se promovisao doprinos žena na polju primenjene matematike i računarstva. Humboltova fondacija u Nemačkoj dodeljuje dvogodišnju nagradu „Sofija Kovaljevska" (*Sofia Kovalevska*) uspešnim mladim istraživačima i istraživačicama.

2. EMI (AMALIJA) NETER (1882–1935)[3]

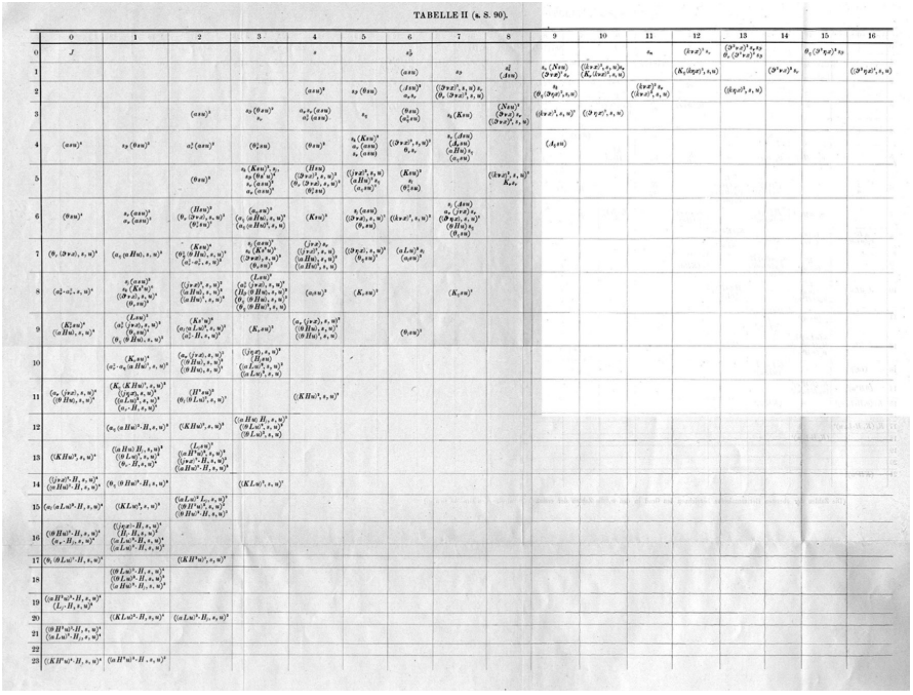
Od četvoro dece Maksa Netera (Max Noether), profesora matematike i istraživača na Univerzitetu u Erlangenu u Nemačkoj, troje su se posvetili naučnoj karijeri. Najstarija, Emi, bila je najbriljantnija i postala je genijalna algebraistkinja.

Od 1900. do 1902. godine, Emi Neter posećuje univerzitet kao spoljna slušateljka, jer devojke još uvek nisu imale pravo na više obrazovanje. Slušala je paralelno kurseve jezika i matematike. Godine 1903. specijalizira se u matematici na Univerzitetu u Getingenu, a sledeće godine je primljena na Univerzitet u Erlangenu. Završila ga je za tri godine (1907), sa titulom doktorke, dobivši čestitke za svoj rad o invarijantama (naslov disertacije je bio *Über die Bildung des Formensystems der ternären biquadratischen Form*), urađen pod mentorstvom i uticajem njenog učitelja Gordana (Paul Gordan).

Godine 1915, pozvao ju je slavni matematičar David Hilbert u Getingen, da drži predavanja u okviru njegovih kurseva. Zadivljen inteligencijom mlade žene, Hilbert pokušava da joj obezbedi mesto privatne docentkinje (*Privatdozentin*), ali u tome ne uspeva, zbog još uvek jake diskriminacije prema

3 Tekst u ovom odeljku zasnovan je na analizi koja se može naći u sledećim izvorima: Byers 2006; Kimberling 2009; Srinivasan and Sally 1983; Osen 1999b; Dick 1981.

Slika 3. Emi Neter (pre 1910)
Autor/ka: nepoznat/a
Izvor: Wikimedia



Slika 4. Tabela br. 2 promenljivih iz distertacije Emi Neter
Autorka: Emi Neter
Izvor: Noether 1908

ženama na nemačkim univerzitetima. Najzad, 1922. godine, Emi Neter dobija čisto počasno mesto „nezvanične vanredne profesorke" i malu platu za mesto predavačice iz algebre.

Univerzitet u Getingenu napušta 1933. godine pod pritiskom nacizma, kad je morala da emigrira zbog svog jevrejskog porekla u Sjedinjene Države. Tamo se zaposlila na ženskom koledžu u Brin Maru (*Bryn Mawr College*), gde drži predavanja i bavi se istraživanjem. Radi i na čuvenom Institutu za napredne studije (*Institute for Advanced Studies*) u Prinstonu, slavnom po tome što je u njemu u isto vreme radio Albert Ajnštajn (Albert Einstein).

Prvi zapaženi rad Emi Neter kao izvanredne matematičarke objavljen je 1920. godine, iz oblasti teorije skupova, i ticao se teorije nekomutativnih polja. Sledećih šest godina ona se bavila opštom teorijom ideala (specijalni podskup prstenova), za koje je dala jednu važnu teoremu. Njena apstraktna teorija je omogućila da se objedine mnogi matematički rezultati.

Glavni doprinos Emi Neter matematici je apstraktna algebra, radikalno različita od klasične algebre, jer nije zasnovana na rezultatima algebarskih

operacija (sabiranje, množenje i dr.), već na formalnim osobinama, kao što su asocijativnost, komutativnost, distributivnost. Od 1927. godine, ona se bavi nekomutativnim algebrama i njihovom primenom.

Njen najveći doprinos je u skupu teorema, koje su danas skupno poznate kao teorema Neter, gde je povezala teoriju grupa sa zakonima održanja u fizici. Ovo je bilo od posebnog značaja za razumevanje održanja energije i impulsa u opštoj teoriji relativiteta. Albert Ajnštajn je neobično cenio njen rad, kao što se vidi iz njegovih reči o Emi Neter:

> „[Emi] Neter je najistaknutiji kreativni matematički genije koga smo dobili od kada je počelo viskoko obrazovanje žena. ... U domenu algebre, gde su se najtalentovaniji matematičari trudili vekovima, ona je pronašla metode od ogromnog značaja… Čista matematika je, na svoj način, poezija logičkih ideja…. U tom traganju za logičkom lepotom, pronašla je apstraktne formule neophodne za dublje prodiranje u zakone prirode" (Einstein 1935, 12).

Nije dugo živela; umrla je 1935. godine u svojoj pedeset trećoj godini. Nakon smrti dobila je čitav niz priznanja. Godine 1992. otvoren je Insitut za matematička istraživanja „Emi Neter" pri Univerzitetu „Bar-Ilan" u Tel Avivu, u Izraelu. Na stotu godišnjicu njenog rođenja, 1982. godine, u njenom rodnom gradu Erlangenu u Nemačkoj, otvorena je Gimnazija „Emi Neter". Udruženje žena u matematici (*Association for Women in Mathematics* – AWM) svake godine od 1980. organizuje „Neter predavanja" u čast ženama matematičarkama. Odsek za fiziku i Odsek za matematiku Univerziteta u Zigenu u Nemačkoj nalaze se u kampusu koji nosi ime Emi Neter. Nemačka fondacija za istraživanja ima Program „Emi Neter", koji obezbeđuje sredstvaza istraživače i istraživačice na početku karijere, a Institut za teorijsku fiziku Perimeter u Kanadi ima više programa u okviru „Inicijativa Emi Neter" (*Emmy Noether Initiatives*): vodeći se zahtevom da je neophodno raditi na vidljivosti fizičarki u teorijskoj fizici, Institut Perimeter ima programe u okviru kojih se srednjoškolke motivišu da se bave naukom, programe za studente i studentkinje osnovnih, master i doktorskih studija fizike, a posebno je značajan program u okviru „Inicijativa Emi Neter" koji se zove „*The Simons Emmy Noether Fellows Program*", koji svake godine dodeljuje šest stipendija pod imenom „Emi Neter" za gostujuće istraživačice – istaknute teorijske fizičarke (Perimeter Institute 2012).

EPILOG

Ovim tekstom zaokružujemo priču o značaju izabranih naučnica za istoriju različitih naučnih disciplina (fizike, hemije, kristalografije, matematike...). Njihove priče, intelektualne biografije, lične i političke okolnosti u kojima su živele, obrazovale se i bavile se naukom govore i o tome da je bilo znajčajnih naučnica kroz istoriju zapadne nauke na koje stalno treba da se podsećamo, ali i o tome da su one osvojile uz veće ili manje žrtve prostor za druge žene u nauci, iako i dalje ne možemo da govorimo o potpunoj ravnopravnosti naučnika i naučnica. Na početku ovog teksta je ukazano da je za matematiku tek nedavno jedna žena, Marjam Mirzakani, dobila Fildsovu nagradu, ekvivalent Nobelovoj nagradi u matematici, a situacija nije mnogo bolja ni u drugim naučnim disciplinama. Mnoge značajne naučnice, od kojih su neke i dalje sa nama, zaobiđene su kada je reč o velikim nagradama, a zaslužile su ih. Možda je najbolje to ilustrovati na primeru dve naučnice, obe veoma poznate, koje je mimoišla Nobelova nagrada, a koje zaslužuju da se o njima i njihovim rezultatima piše i govori.

Mlađa od njih, astrofizičarka Džoslin Bel Bernel (Jocelyn Bell Burnell), rođena je 1943. godine. Pomoću radio-teleskopa koji je sama sagradila, prva je u radio-astronomiji detektovala pulsare, veoma guste neutronske zvezde koje brzo rotiraju. Ovo veliko otkriće je izazvalo ogromno interesovanje kod radio-astronoma i radio-astronomki i fizičara i fizičarki, jer se radilo o objektima ekstremno velike gustine, na kojima su se mogle testirati razne stvari iz oblasti opšte teorije relativiteta, gravitacije i superjakih magnetnih polja. Međutim, pošto je Bel Bernel bila veoma mlada, doktorantkinja od svega 24 godine, Nobelovu nagradu je umesto nje dobio njen mentor, Antoni Hjuiš (Antony Hewish). On je 1974. godine podelio Nobelovu nagradu za fiziku sa (takođe astronomom) Martinom Rajlom (Martin Ryle). Hjuiš je nagradu zaslužio, prema saopštenju Nobelovog komiteta, „svojom odlučujućom ulogom u otkriću pulsara" (The Nobel Prize 1974). Ipak, to nije bilo baš tako. Sledeće godine čuveni britanski astronom i autor većeg broja popularnih knjiga iz astronomije Fred Hojl (Fred Hoyle) je napao ovu odluku, tvrdeći da je Hjuiš „prigrabio" Nobelovu nagradu i da nije odao zaslušeno priznanje udelu Džoslin Bel. Iz tog perioda potiče šala prema kojoj Nobel znači „*no-Bell*". Džoslin Bel je dobitnica brojnih drugih nagrada za svoje

doprinose nauci, poput Heršelove medalje, Faradejove nagrade, Kraljevske medalje... Od 2008. do 2010. godine bila je prva žena predsednica britanskog Instituta za fiziku. Posvećena je i borbi za vidljivost žena u nauci.[4]

Druga čuvena naučnica koju je Nobelova nagrada mimoišla je Vera Rubin (1928–2016). Iako je Vera Rubin zaslužna za jedno od najvažnijih otkrića novijeg vremena – postojanje takozvane „tamne materije" – Nobelovu nagradu, uprkos očekivanjima, nije dobila za života. Njeni pionirski radovi iz astronomije su ukazivali na to da oko 90% mase univerzuma ne može da se vidi. Ona je posmatrala kako galaksije rotiraju oko svoje ose i našla je da se zvezde na periferiji ne kreću sporo kao što se očekivalo. Naprotiv, one se kreću brzo, povučene gravitacijom tamne materije. Konsenzus o tome šta je upravo tamna materija još uvek ne postoji.

Doprinosi Vere Rubin astronomiji, astrofizici i kosmologiji su priznati na mnogo načina. Godine 1996. dodeljena joj je Zlatna medalja britanskog Kraljevskog astronomskog društva, kao prvoj ženi posle Karoline Heršel (Caroline Herschel), koja je dobila ovu medalju davne 1828. godine. Narednih godina su sledila mnogobrojna međunarodna priznanja, ali ne i Nobelova nagrada.

Prirodne nauke, tehnologija i matematika su dugo bile polja muške dominacije. Iako barijere na putu ženskog uspeha još uvek postoje, iako je prisutna i dalje rodna diskriminacija, naučnica ne samo da ima sve više, već se one sve više probijaju kroz „stakleni plafon". Godine 2006. Frensis Alen (Frances Allen), američka naučnica u oblasti računarstva, postala je prva žena koja je osvojila Tjuringovu nagradu, koja se smatra Nobelovom nagradom za računarske nauke.

Polako nestaje i preostali, mada veoma važan vid diskriminacije žena u nauci i uopšte – „muška solidarnost", „mačo" stavovi, potcenjivanje sposobnosti žena. Borba za zasluženo mesto u nauci je samo deo opšte borbe za rodnu jednakost.

---

4 Džoslin Bel je 2018. godine dobila Nagradu za poseban proboj u fundamentalnoj fizici. Celokupni novčani deo nagrade, odnosno preko dva miliona funti, poklonila je Institutu za fiziku u Londonu sa ciljem da se preko tog fonda pomogne ženama, manjinama i izbeglicama koji žele da postanu fizičari i fizičarke (prim. ur.).

LITERATURA

Byers Nina. 2006. „Emmy Noether (1882–1935)." In *Out of Shadows: Contributions of Twentieth-Century Women to Physics*, edited by Nina Byers and Gary Williams, 83–96. Cambridge, New York: Cambridge University Press.

Cook, Roger. 1984. *The Mathematics of Sonya Kovalevskaya*. New York: Springer-Verlag.

Dick, Auguste. 1981. *Emmy Noether, 1881–1935*. Translated by H. I. Blocher. Boston: Birkhäuser.

Dobrosavljević Grujić, Ljiljana. 2009a. „Nauka, religija i država: od Aristarha, preko Hipatije, do Galileja." U *Religija između istine i društvene uloge*, uredili Vladeta Jerotić i Miroslav Ivanović, 212–228. Beograd: Dereta i Srpsko filozofsko društvo.

Dobrosavljević Grujić, Ljiljana. 2009b. „Karolina Lukrecija Heršel." *Astronomija: časopis za popularizaciju astronomije i srodnih nauka* 37: 24–28. Dostupno na: https://www.astronomija.org.rs/biografije/2493-karolina-lukrecija-herel

Dobrosavljević Grujić, Ljiljana. 2014. „Hipatija Grkinja: umna kći zalazećeg sveta." *AM: časopis za astronomiju i srodne nauke* 1. Dostupno na: http://www.astronomija.org.rs/biografije/11270-hipatija

Dobrosavljević Grujić, Ljiljana. 2017. „Trijumf otkrića I: intelektualne biografije fizičarki Irene Žolio Kiri, Lize Majtner i Marije Gepert Majer." *Genero: časopis za feminističku teoriju i studije kulture* 21: 167–196.

Dobrosavljević Grujić, Ljiljana. 2018. „Trijumf otkrića II: intelektualne biografije Doroti Hodžkin i Rozalind Frenklin." *Genero: časopis za feminističku teoriju i studije kulture* 22: 163–177.

Eistein, Albert. 1935. „Letters to the Editor: The Late Emmy Noether." *The New York Times*, May 5.

Kimberling, Clark H. 2009. „Emmy Noether." In *Who Gave You the Epsilon? And Other Tales of Mathematical History*, edited by Marlow Anderson, Victor Katz, and Robin Wilson, 349–359. Washington: The Mathematical Association of America.

Koblitz, Ann Hibner. 1993. *A Convergence of Lives: Sofia Kovalevskaia – Scientist, Writer, Revolutionary*. New Brunswick: Rutgers University Press.

Koblitz, Anne Hibner. 2004. „Book Review of *Beyond the Limit: The Dream of Sofya Kovalevskaya*." *Notices of the American Mathematical Society* 51(1): 39–42.

Kochina, Pelageya. 1985. *Love and Mathematics: Sofya Kovalevskaya*. Moscow: Mir.

Leffler, Anne Charlotte. 1895. *Sonia Kovalevsky*. London: Walter Scott Ltd.

Noether, Emmy. 1908. „Über die Bildung des Formensystems der ternären biquadratischen Form." *Journal für die reine und angewandte Mathematik* (*Crelles Journal*) 134: 23–90. doi: 10.1515/crll.1908.134.23

Osen, Lynn M. 1999a. „Sonya Corvin Krukovsky Kovalevsky 1850–1891." In *Women in Mathematics*, 117–140. Cambridge and London: MIT Press.

Osen, Lynn M. 1999b. „Emmy (Amalie) Noether 1882–1935." In *Women in Mathematics*, 141–151. Cambridge and London: MIT Press.

Perimeter Insitute. 2012. „Emmy Noether Initiative." *Perimeter Institute for Theoretical Physics*. https://www.perimeterinstitute.ca/research/emmy-noether-initiatives

Rappaport, Karen D. 1981. „S. Kovalevsky: A Mathematical Lesson." *The American Mathematical Monthly* 88(8): 564–574. doi: 10.1080/00029890.1981.11995319

Rowold, Katharina. 2001. „The Many Lives and Deaths of Sofia Kovalevskaia: Approaches to Women's Role in Scholarship and Culture in Germany at the Turn of the Twentieth Century." *Women's History Review* 10(4): 603–628. doi: 10.1080/09612020100200304

Srinivasan, Bhama, and Judith D. Sally, eds. 1983. *Emmy Noether in Bryn Mawr*. New York, Berlin, Heidelberg, Tokyo: Springer-Verlag.

The Nobel Prize. 1974. „The Nobel Prize for Physics." NobelPrize.org. https://www.nobelprize.org/prizes/physics/1974/summary/

Primljeno: 25.12.2016.
Prihvaćeno: 20.08.2017.

APPENDIX:

BIBLIOGRAFIJA RADOVA LJILJANE DOBROSAVLJEVIĆ GRUJIĆ (1935–2018) O NAUČNICAMA

(priredila Katarina Lončarević)

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. 2009a. „Nauka, religija i država: od Aristarha, preko Hipatije, do Galileja." U *Religija između istine i društvene uloge*, uredili Vladeta Jerotić i Miroslav Ivanović, 212–228. Beograd: Dereta i Srpsko filozofsko društvo.

Dobrosavljević Grujić, Ljiljana. 2009b. „Karolina Lukrecija Heršel." *Astronomija: časopis za popularizaciju astronomije i srodnih nauka* 37: 24–28. Dostupno na: https://www.astronomija.org.rs/biografije/2493-karolina-lukrecija-herel

Dobrosavljević Grujić, Ljiljana. 2010. „Mileva Marić Ajnštajn." U *Prilozi istoriji i epistemologiji nauke*, uredili Branko Dragović i Miroslav Ivanović, 133–142. Beograd: IKSI.

Dobrosavljević Grujić, Ljiljana. 2014. „Hipatija Grkinja: umna kći zalazećeg sveta." *AM: časopis za astronomiju i srodne nauke* 1. Dostupno na: http://www.astronomija.org.rs/biografije/11270-hipatija

Dobrosavljević Grujić, Ljiljana. 2017. „Trijumf otkrića I: intelektualne biografije fizičarki Irene Žolio Kiri, Lize Majtner i Marije Gepert Majer." *Genero: časopis za feminističku teoriju i studije kulture* 21: 167–196.

Dobrosavljević Grujić, Ljiljana. 2018. „Trijumf otkrića II: intelektualne biografije Doroti Hodžkin i Rozalind Frenklin." *Genero: časopis za feminističku teoriju i studije kulture* 22: 163–177.

Dobrosavljević Grujić, Ljiljana. 2019. „One su pomerale granice znanja: intelektualne biografije matematičarki Sofije Kovaljevske i Emi Neter." *Genero: časopis za feminističku teoriju i studije kulture* 23: 217–236.

They Expanded the Boundaries of Knowledge: Intellectual Biographies of Mathematicians Sofya Kovalevskaya and Emmy Noether

Ljiljana Dobrosavljević Grujić
University of Belgrade
Institute of Physics

Summary: This essay analyzes lives and works of two distinguished female mathematicians, Sofya Kovalevskaya, who lived in the second half of the 19th century, and Emmy Noether, who was the most active in the first decades of the 20th century. The essay traces the problems faced by both female mathematicians regarding the (im)possibilities for higher education for women, earning the PhD title, and subsequently gaining the position at the universities. The author analyzes the accomplishments of both female mathematicians to the field of mathematics (analysis, partial differential equations, algebra), having in mind that women have been largely made invisible and denied the most important awards in that field. Finally, this essay indicates the importance of remembering of women pioneers in the field of various scientific research and disciplines, not only because they succeeded with more or less sacrifice to become visible and recognized as accomplished scientists, but also because of immense efforts they made to open the space of science for the work of other female scientists and new generations of women in sciences.

Keywords: intellectual biography, women, history of mathematics, female mathematicians, analysis, partial differential equation, algebra, discrimination, Sofya Kovalevskaya, Emmy Noether