

## Dr. Stjepan Mohorovičić (1890. – 1980.) – promicatelj povezanosti hrvatske optičke industrije sa školstvom

**BRANKO HANŽEK**

Zavod za povijest i filozofiju znanosti HAZU

A. Kovačića 5

HR-10 000 Zagreb

bhanzek@hazu.hr

Predhodno priopćenje

*Preliminary communication*

Primljeno/Received: 8.7.2022.

Prihvaćeno/Accepted: 12.9.2022.

*Osnutkom Kraljevskog gospodarskog i šumarskog učilišta u Križevcima počele su se u nastavi i vježbama koristiti naj-složenije optičke sprave. Za razliku od inozemne optičke industrije, optička industrija kod nas bila je u povojima. Godine 1947./1948. u nas optička industrija počela je s radom oslanjajući se na znanost i optičku školu. Važna osoba bio je Stjepan Mohorovičić koji je razvitak optičke industrije povezao s razvitkom optičke škole, što dosad nije bio predmet znanstvene obrade.*

*Ključne riječi:* dr. Stjepan Mohorovičić, hrvatska optička industrija, hrvatsko školstvo, promicanje povezanosti

### 1. UVOD

Kao i svaka povijest, tako i povijest razvitka optike počinje s prapoviješću. Pri rješavanju svojih životnih problema čovjek je došao do zanimljivih slučajnih otkrića koja su mu dodatno pomogla u svakodnevnom životu. Kod pečenja lonaca pojavljivali su se nusproizvodi pocakljene staklovine i to u vrijeme oko 2100 godina pr. n. e. u Egiptu i Mezopotamiji. Iz toga doba pronađeno je dvanaestak predmeta - sitnih staklenih kuglica. Kinezi su takve kuglice uvozili i vrlo ih uspješno oponašali, ali i poboljšavali. Dodavali bi u staklo razne dodatke od kojih je za optiku bilo najkorisnije olovo. Tako su dobili tzv. kremeno staklo. Feničani su oko 8. stoljeća pr. n. e. bili poznati po tome što su proizvodili vrlo prozirno staklo, o čemu svjedoče brojne iskopine. U rimskim radionicama stakla proizvodile su se razne vrste stakla, od prozorskih pa preko staklenih bočica i žara, sve do ukrasnih proizvoda od stakla.<sup>1</sup> Zahvaljujući prijevodu Alhazenove (latiniziranom obliku prezimena al-Hasan, punim imenom: Ibn al-Haytham, Abu ali al-Hasan ibn al-Hasan (965. – 1040.) knjige na latinski jezik, došlo je do izuma naočala krajem 13. stoljeća u Italiji. Manastirske kronike iz Pise spomi-

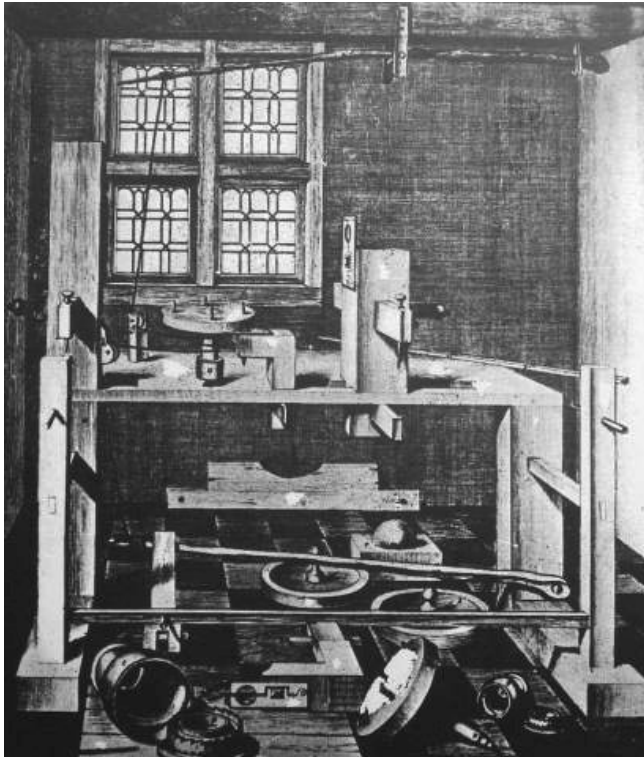
nju da je Alessandro de Spina znao načiniti naočale. U 14. i 15. stoljeću svi pronalasci u svezi s lećama i njihovim primjenama bili su u rukama majstora obrtnika, vještih u staklarskoj struci. Obrtnici su samo radili empirijski, a rijetki teorijski obrazovani znanstvenici samotnjački su mogli vršiti eksperimente u svojim laboratorijima. No, kasnije, u 16. i 17. stoljeću, došlo je do suradnje te su obrtnici i znanstvenici surađivali.

No, zakon loma još nije bio opisan sve do Willebrorda Snella (1580. – 1626.). On je 1621. u svojim bilješkama s predavanja naveo da je pokusima otkrio kako se zrake svjetlosti pri prelasku iz zraka u optički gušće sredstvo lome prema okomici po konstantnom omjeru. Rene Descartes (1596. – 1650.) je 1637.<sup>2</sup> ponovno izrekao konstantnost omjera, ne spominjući povezanost loma svjetlosti s kutovima. Konačno je Pierre Fermat (1601. – 1665.) postavio načelo najmanjeg vremena 1662.<sup>3</sup> koje omogućava da se matematički precizno utvrdi koliki su odnosi među traženim veličinama te je položena valjana osnova za teorijsko objašnjenje optičkih uređaja, naročito mikroskopa i teleskopa. To je čuveni izraz  $\sin\alpha/\sin\beta=c_1/c_2=\text{konst.}$  a ta je konstanta indeks loma. Od tada majstori gube svoju primarnu ulogu jer se tehnologija udružila sa znanostu na

<sup>1</sup> Povijesni izvori bilježe da je 63. godine po. n. e. Lucius Annaeus Seneca spominjao da se slova promatrana kroz staklenu vodom ispunjenu sferu i staklenu čašu punu vode čine veća i jasnija koliko god bila mala i nejasna.

<sup>2</sup> U svom spisu *Dioptrique* koji je bio dodatak knjizi *Rasprava o metodi*, a u kojoj je dao upute za izradu optičkih leća i zrcala.

<sup>3</sup> Kada svjetlost kreće iz točke 1 u prvom sredstvu i stiže u točku 2 u drugom, ide putem za koji joj je potrebno najkraće vrijeme.

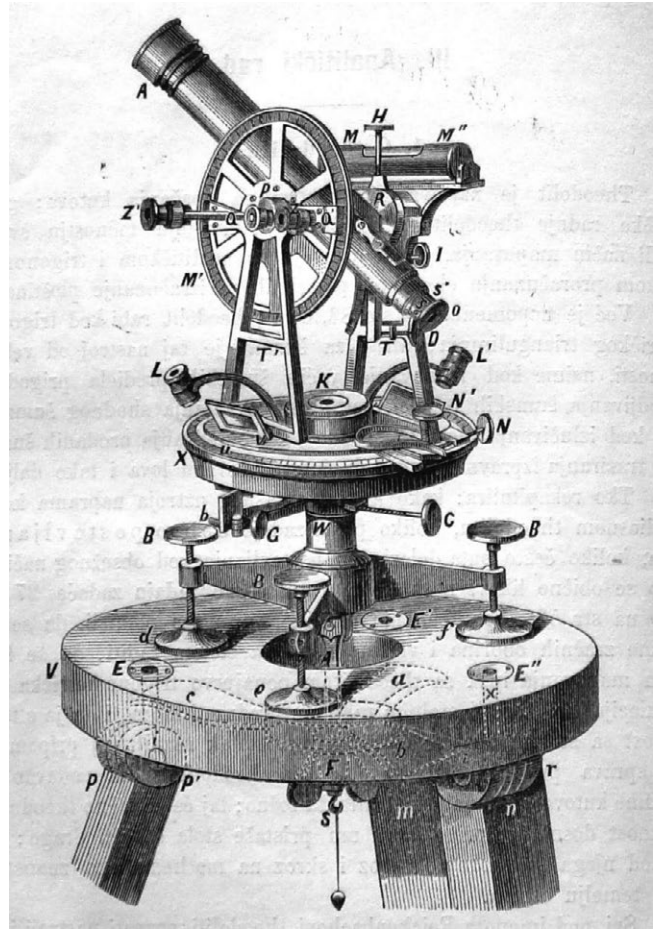


**Slika 1.** Optička majstorska radionica iz 17. stoljeća

način da je znanost počela prethoditi tehnologiji. Naime, ne samo da je pronađen postupak lijevanja stakla pa je ručna proizvodnja potisnuta i započela je masovna industrijska proizvodnja optičkog stakla, već je pronalženjem egzaktno teorijskog zakona loma načinjen ogroman korak naprijed koji je omogućavao niz tehnoloških i tehničkih napredaka. U 18. stoljeću došlo je do potrebe bolje rasvjete, kako u prostorijama tako i na ulicama, pa se više mjerila svjetlost i razvijala fotometrija. Pierre Bourger (1698. - 1758.) prvi je konstruirao fotometar i pokazao da je intenzitet svjetlosti obrnuto razmjeran kvadratu udaljenosti od svjetlosnog izvora.

## 2. OPTIČKA STRUKA U 19. I 20. STOLJEĆU

U prvoj polovini 19. stoljeća došlo je do razvoja valne optike kojom su se jedino mogle objasniti pojave ogiba i interferencije svjetlosti. Tomas Young (1773. - 1829.) uveo je 1893. novi naziv za valnu optiku nazvavši je »fizikalnom optikom«. Taj se naziv zadržao sve do današnjih dana. U drugoj polovini 19. st. došlo je do razvoja istraživačkih laboratorija u svijetu. Pojavili su se veliki laboratoriji koji su korišteni za industrijska istraživanja. Proizvodnja se više nije mogla ostvarivati bez znanstvenih otkrića i radova. Tehničko stvaralaštvo više se nije moglo zamisliti bez velikog broja školova-



**Slika 2.** Teodolit - preuzeto iz knjige Geodāsija, autora V. Köröskenya, koja je tiskana 1874. u Zagrebu

nih inženjera i znanstvenika. Prirodne znanosti i tehnologija polako ali sigurno počeli su zauzimati primarno mjesto u cjelokupnoj ljudskoj djelatnosti. U Njemačkoj su osnovane prve optičke firme poput Zeissa 1846. godine, Rodenstocka 1877., a 1887. u Njemačkoj utemeljeno je prvo znanstveno središte za mjerenje u svijetu (Physikalisch-technische Reichanstalt – skraćeno: PTR). PTR je pridonijelo naglom razvoju njemačke industrije, omogućilo opći uspon eksperimentalnog istraživanja prirode i izvanredno unaprijedilo preciznu mehaniku.

Kakvo je bilo stanje kod nas? Prve optičke radnje u 19. st. otvarali su i vodili doseljenici (uglavnom Nijemci i Austrijanci). Optičarske radnje postojale su samo u Zagrebu i nešto kasnije u Splitu i Dubrovniku. U manjim mjestima optičkom strukom bavili su se urari i zlatari kao nekompetentni obrtnici. Ipak, u Osretku kod Samobora, otvorena je 1838. staklana, a 1893. podignuta je i talionica. No, tamo se proizvodilo obično, a ne optičko staklo. Danas tamo nema više nikakve proizvodnje. Godine 1860. otvoreno je Kraljevsko gospodarsko-šumarsko učilište u Križevcima. Uz teorijsku

nastavu učenici su imali i vježbanje na polju gdje su koristili optičke sprave. Predavač za predmete mjeračica (mjerenje), mjerstvo (geometrija), razanje (niveliranje), graditeljstvo bio je dr. Vjekoslav Köröskényi.<sup>4</sup>

Suvremene sprave - teodoliti (poput prikazanog na slici), uvozili su se dovršeni iz inozemstva, a isto je bilo i s jednostavnim optičkim proizvodima poput naočala. Izrađivanje naočala prema liječničkom receptu bilo je kod nas u povojima. U Daruvaru je od 1920. radila tvornica stakla, ali se tamo proizvodilo staklo za stol. Neposredno nakon završetka II. svjetskog rata u cijeloj ondašnjoj državi (Jugoslaviji) bila su samo tri optičara koja su imala završenu Zeissovu Višu optičku školu u Jeni. Došlo je i do osnutka optičke industrije, kao i optičke škole.



Slika 3. Dr. Stjepan Mohorovičić

### 3. O OSNUTKU NAŠE OPTIČKE INDUSTRIJE

Godine 1946. tadašnji ministar industrije i rudarstva Rade Žigić dao je inicijativu da se u Zagrebu osnuje tvornica Fotokemika. Uporište za to imao je u stručno-znanstvenom radu koji je napisao dr. Stjepan Mohorovičić.<sup>5</sup> Naslov objavljenog rada jest *O nekim optičkim instrumentima s obzirom na potrebe razvoja naše optičke industrije*, objavljenog u časopisu *Nauka i tehnika*, god. II, br. 6, Beograd, 1946. str. 475-490. U tom svom radu Mohorovičić objašnjava kako je osnivanje optičke industrije s preciznom mehanikom bezuvjetno potrebno kako bi ondašnja država postigla ekonomsku neovisnost od inozemstva. Da bi sve bilo uspješno, industrija se mora oslanjati i raditi strogo po znanstvenim načelima. U nastavku rada Mohorovičić daje odgovor na pitanje što nam sve optička industrija može pružiti i koje sve sprave može načiniti. Naglašava da želi dati približnu sliku znanstveno-računarskog rada koji teorijski fizičar trebD upotrijebiti za proračunavanje novih optičkih sustava. Ipak, treba istaknuti da ni s postojećim sustavima nije lako raditi ako se ne mogu nabaviti optička stakla s odgovarajućim koeficijentom

loma te veličinom i vrstom disperzije. U radu Mohorovičić je dao detaljnu stručnu analizu jednostavne (jednostruke) leće kakva se koristi za izradu naočala. Nakon toga pisao je o pogreškama jednostavne leće: sfernoj aberaciji, kromatskoj aberaciji, astigmatizmu, zakrivljenosti slike, komi i ukazao kako se te pogreške mogu ukloniti. Rad je Mohorovičić završio analizom složene (sastavljene) leće koja se koristi za najsloženije optičke sprave poput dalekozora, teleskopa, teodolita, fotoobjektiva i objektiva kino uređaja.

### 4. DOSAD PISANO O S. MOHOROVIČIĆU

S. Mohorovičić dosad je kratko predstavljen u enciklopedijama,<sup>6</sup> i leksikonima,<sup>7</sup> a tematski su ga prikazala petorica autora: R. Galić,<sup>8</sup> G. Ivanišević,<sup>9</sup> akademik V. Paar<sup>10</sup> te M. Orlić i I. Vrkić.<sup>11</sup> O Mohorovičiću su, uz ostale znanstvenike, pisali Z. Živaković-Kerže (poglavljaj: Osnovni osobni podaci i Mohorovičić kao nastavljaj očeva (Andrijinog) znanstvena rada i kozmolog, str. 151-153), rad: Obitelj Mohorovičić u hrvatskoj znano-

<sup>4</sup> V. Köröskényi rođen je 1839., a umro je 1909. Završio je studij tehnike i gospodarstva u Grazu i Beču, a doktorirao je u Rostocku. Osim što je bio predavač, bio je i ravnatelj učilišta u Križevcima.

<sup>5</sup> S. Mohorovičić (Bakar, 1890. - Zagreb, 1980.), matematičar, fizičar, geofizičar, astronom. Studirao matematiku i fiziku u Zagrebu (1908. – 1912.) i Göttingenu 1912. God. 1918. doktorirao filozofiju (fizika i matematika). Bio je srednjoškolski profesor u Bjelovaru, Zagrebu, Koprivnici i Osijeku. Poslije 1945. bio je znanstveni suradnik i savjetnik u raznim institutima. Objavio je 446 radova.

<sup>6</sup> Narodna enciklopedija, II. knjiga, Zagreb, 1925-1929, str. 1016-17; Enciklopedija Jugoslavije, tom 6, Zagreb, 1965., str. 150.

<sup>7</sup> Leksikon Minerva, Zagreb, 1936., str. 910; Hrvatski leksikon, II. sv. L-Ž, Zagreb, 1997., str. 127-28.

<sup>8</sup> Pozitronij je rođen u Zagrebu, Priroda, 1982/1983, str. 30-31.

<sup>9</sup> Stjepan Mohorovičić (1890. – 1980.) i njegova »Privatna postaja za kozmičku fiziku«, Zbornik radova VII. Nacionalne konferencije Jugoslavenskih astronoma, Beograd, 9 - 11 V 1984., Beograd, 1985., str. 131-134.

<sup>10</sup> Stjepan Mohorovičić - otac pozitronija, Hrvatski znanstveni zbornik, Zagreb, 1993., str. 51-106.

<sup>11</sup> Bibliography of papers, reports and books published by Stjepan Mohorovičić, Geofizika, Vol. 32, No. 1, 2015, str. 93-127.



**Slika 4.** S. Mohorovičić promatra kroz teleskop - crtež jednog njegova učenika

sti, Osječki zbornik, Vol. 26 (2002.), str. 145 - 156; akademik Ž. Dadić (poglavlja: Znanstveni radovi Stjepana Mohorovičića do Drugog svjetskog rata na str. 226 - 242 i Pokušaj Stjepana Mohorovičića da dobije katedru na Sveučilištu početkom Nezavisne Države Hrvatske na str. 345 - 352) u knjizi Egzaktne znanosti u Hrvatskoj u ozračju politike i ideologije (1900 - 1960), Zagreb, 2010; B. Hanžek u radu: Njemački jezik i fizika u znanstvenim radovima u Hrvatskoj u razdoblju 1876. - 1946., na str. 177 - 179, objavljenom u Godišnjaku njemačke zajednice, Osijek 2020.

R. Galić prvi je u Hrvatskoj istaknuo da je Mohorovičić 1934. prvi predvidio postojanje pozitronija, vezanog stanja elektrona i pozitrona – čestica jednakih masa koje se okreću oko zajedničkog središta masa, a koji je Mohorovičić nazvao *electrum*. Da pozitronij postoji eksperimentalno je dokazano 1949. -1952. godine.

G. Ivanišević javnost je pisano obavijestio da je 1936. godine S. Mohorovičić u svom stanu u Zagrebu uredio astronomsku postaju za promatranje i proučavanje svih pojava koje zasijecaju u kozmičku fiziku. Pod time je mišljeno da u tu fiziku spadaju astronomija,

astrofizika i geofizika. Ivanišević je također istaknuo da je, zbog svojih radova, Mohorovičić izabran za pravog člana matematičko-prirodoslovnog i filozofskog odjela The academy of Nations in USA, a kasnije i za počasnog člana Učenog društva u Debrecinu (Mađarska). Na kraju je istaknuto da su na Mohorovičićev poticaj, osim Sekcije u Zagrebu, i Rajiću Gornjem, Milni na Braču, Ljubljani, Beogradu i Beču osnovane Sekcije za promatranje nebeskih pojava koje su sve bile opskrbljene teleskopima. Uz to, sve su imale radioprijemnike za hvatanje signala točnog vremena.

Akademik V. Paar je s dosta detalja prikazao geofizička istraživanja S. Mohorovičića i odnos između njegovih i očevih istraživanja. Treba naglasiti da je S. Mohorovičić bio sin čuvenog geofizičara Andrije Mohorovičića koji je, na osnovi seizmografskih zapisa, prvi utvrdio postojanje Zemljine kore i odredio njezinu debljinu, kao i diskontinuitet između kore i plašta. Dalje Paar piše o teoriji S. Mohorovičića o postanku i građi Mjeseca i postanka prakontinenta. Akademik Paar nastavlja pisanje o kritici Einsteinove teorije relativnosti i teoriji crvenog pomaka u astrofizici. Znatno dio teksta Paar posvećuje Mohorovičićevu postuliranju pozitronija, a na kraju izlaže i njegov životopis.

M. Orlić i I. Vrkić u svom radu na engleskom jeziku najprije iznose poznate podatke o životu i radovima S. Mohorovičića, da bi poslije donijeli popis svih 440 publikacija što ih je on objavio. To je dosad najkompletniji takav popis koji ukazuje da Mohorovičić zaslužuje veću pozornost od one koja mu je bila iskazana.

Z. Živaković-Kerže je u svom radu pisala o porodici Mohorovičić, njezinom porijeklu i nastanku prezimena. U tom radu objavljeni su osnovni osobni podaci i vrijedni znanstveni doprinosi Andrije Mohorovičića, Stjepana Mohorovičića i Andrea Mohorovičića.

Akademik Ž. Dadić je, u spomenutim poglavljima u svojoj knjizi, vjerno prenio sve relevantne podatke o Mohorovičiću, navodeći i njegov matematički doprinos. Od svih navedenih autora Dadić je jedini naveo da je Mohorovičić položio profesorski ispit. Riječ je o stjecanju Svjedodžbe o sposobnosti učiteljskoj br. 140 koju je 22. listopada 1912. izdalo Kraljevsko povjerenstvo za ispitivanje kandidata srednjoškolskog učiteljstva. To povjerenstvo priznalo je Stjepanu Mohorovičiću sposobnost da može učiti matematiku i fiziku u čitavoj gimnaziji. To je bio uvjet za stalan posao i dobivanje naslova »profesor«. Dadić je također detaljno opisao njegov pokušaj dobivanja *venia legendi*<sup>12</sup> iz seizmologije i teorije relativnosti. Taj pokušaj nije uspio i to je bio razlog što Mohorovičić nije nikada napredovao u

<sup>12</sup> Dozvola za predavanje na sveučilištu koju je dobivao kandidat nakon uspješno provedenog habilitacijskog postupka i stjecanja zvanja privatnog docenta koji je bio učitelj, ali ne i kraljevski javni činovnik.

pogledu dobivanja sveučilišnih učiteljskih zvanja izvanrednog i redovnog javnog profesora.

B. Hanžek u svom radu naveo je S. Mohorovičića kao osporavatelja njemačkog nobelovca Alberta Einsteina. Navedeno je i 14 njegovih radova pisanih na njemačkom jeziku, a obrazloženo je u čemu se sastojala Mohorovičićeva kritičnost.

Kad se pogleda što je pisano o Mohorovičiću, može se uvidjeti da je o njemu dosta pisano i istraživano te da se on dosta uspješno bavio mnogim znanstvenim područjima (matematika, fizika, kozmička fizika, geofizika, meteorologija, seizmologija, astronomija). U ovom je radu zanimanje usmjereno na segment njegova rada koji dosad nije poznat ili je nedostatan poznat. Riječ je o njegovu doprinosu razvitku hrvatske optičke industrije i povezanosti s prvom optičkom školom.

## 5. RAZVITAK NAŠE OPTIČKE INDUSTRIJE

Rješenjem od 20. studenog 1947. o spajanju poduzeća »Foto« za proizvodnju, preradbu i trgovinu fotografskim materijalom i za fotografiju potrebnim priborom i »Ozace« proizvodnja na svjetlo osjetljivih papira u poduzeće »FOTOKEMIKA« tvornica foto i na svjetlo osjetljivih papira osnovana je optička industrija u Hrvatskoj. Rješenje su potpisali Rade Žigić, ministar industrije i rudarstva i dr. Vladimir Bakarić, predsjednik Vlade Narodne Republike Hrvatske.<sup>13</sup> U »FOTOKEMICI« osnovana je mala optička radionica za izradu meniskus leća i tražila za boks kamere. Ambiciozni ministar predložio je da se u novoosnovanoj tvornici osnuje radionica koja će izrađivati fotokamere. Konstruirana su i tri tipa aparata za povećavanje. Izradbom objektivna za fotokamere i kondenzora za aparate za povećavanje započela je industrijska izrada optičkih elemenata kod nas.<sup>14</sup>

Za daljnji tijek događaja bitna su dva aspekta. Jedan je oslobađanje zarobljeničtva njemačkih majstora optičara ako oni budu uključeni u rad naše optičke industrije kao zaposlenici. Tako je njemački optičar Zink Heinz 4. ožujka 1948. molio dolazak njegove obitelji u Zagreb te je nakon udovoljenja ostao 5 godina, a nakon toga dobio dopuštenje da se vrati u Njemačku. Drugi važan događaj jest donošenje nastavnih planova i programa za tečajevе staklarske struke koje je odobrio Komitet za

škole i nauku pri vladi Federativne Narodne Republike Jugoslavije 15. studenoga 1947.<sup>15</sup> Prema tom planu i programu rada postojala su tri tečaja. Prvi je bio tečaj tehničkog minimuma koji je trajao 2 mjeseca. Predmeti matematika, mehanička tehnologija i tehnologija stakla slušali su se u sveukupno 78 sati, a tečaj su mogle upisati nekvalificirane osobe i osobe koje prvi put dolaze u poduzeće. Nakon završenog tečaja radnik je mogao samostalno obavljati jednu radnu operaciju u jednoj struci. Drugi tečaj bio je za priučene radnike, a trajao je 6 mjeseci. Predmeti materinji jezik, račun s geometrijom, istorija i geografija, ustav FNRJ i radno zakonodavstvo, higijena, fizika i hemija, tehničko crtanje, mehanička tehnologija i tehnologija stakla slušali su se sveukupno 230 sati. Tečaj su mogli upisati radnici s tehničkim minimumom i nekvalificirani radnici. Završetkom tečaja priučeni radnik mogao je samostalno obavljati izvjestan broj radnih operacija iz jedne struke. Treći tečaj bio je za kvalificirane radnike i trajao je 10 mjeseci. Predmeti materinji jezik, istorija i zemljopis, ustav FNRJ i radno zakonodavstvo, higijena, matematika fizika i tehničko crtanje slušali su se 480 sati, a tečaj su mogle upisati osobe koje su završile tečaj za priučene radnike te radile najmanje 1 godinu kao priučeni radnik nakon što su položile prijemni ispit.

Tijekom 1948. godine doneseni su planovi za izgradnju Tvornice za brušenje leća pod rukovodstvom »FOTOKEMIKE«, a Planom kapitalne izgradnje i izgradnje društvenog standarda za 1948. godinu planirana je izgradnja Tvornice diaskopa i Tvornice fotoaparata – sve u sklopu »FOTOKEMIKE«. Također je u »FOTOKEMICI« predviđena adaptacija strojeva za tvornicu optičkih leća jer su prvi strojevi na kojima su se brusile i polirale leće dobiveni reparacijom iz Njemačke.<sup>16</sup>

### 5. 1. Uloga S. Mohorovičića u razvitku naše optičke industrije i osnutku Optičke škole u Zagrebu

Kao što je vidljivo iz Zapisnika br. 1, dana 8. prosinca 1948. održana je 1. sjednica posvećena osnutku Optičke škole u Zagrebu. Taj je zapisnik potpisao upravitelj škole dr. Stjepan Mohorovičić koji je istaknuo da škola može odmah započeti s radom u prostorijama Tvornice precizne optike »Optika« u Zagrebu-Kraljevec, poslijepodne od 16 do 19 sati. Sjednici su prisustvovali: Josip Matas, direktor Kadrovskog odjela Glavne direkcije za kemijsku industriju Ministarstva indu-

<sup>13</sup> HR-HDA, Glavna direkcija kemijske industrije, pov. spisi 1947. 572-670 i 1948. 1-300, 515-285.

<sup>14</sup> Z. Vrebčević: Razvoj optičke industrije u Hrvatskoj od osnutka do danas, Hrvatski optičar, Vol. 4, br. 9, lipanj 1998., str. 28-37.

<sup>15</sup> Pov. br. III. 1444.

<sup>16</sup> HR-HDA, Glavna direkcija kemijske industrije, pov. spisi 1948. 301-842, 516/285.



**Slika 5.** Zgrada Optičke škole u Kraljevcu, Zagreb, za nastavu su korištene 2 prostorije.

strije i rudarstva, honorarni nastavnici: prof. M. Filipović, Š. Guberina, D. Aras, D. Čokić. Iz zapisa vidljivo je da je S. Mohorovičić bio prvi honorarni upravitelj škole i stručni nastavnik. U rukopisu koji je sastavio sam Mohorovičić navedeno je da je on od 1948. do 1953. bio i znanstveni suradnik i znanstveni savjetnik u optičkoj industriji u Zagrebu kao šef znanstvenog odjeljenja i računarskog biroa (za proračunavanje fine optike). Ljubica Trajbar-Benčić i Dušan Benčića su, u svom radu pod naslovom Optička škola jezgra današnje Tehničke škole Ruđera Boškovića,<sup>17</sup> naveli da je dr. Stjepan Mohorovičić bio i konstruktor i predstojnik istraživačkog odjela u optičkoj tvornici, a da je te školske godine praktičnu nastavu u školi vodio Zink Heinz, njemački optički majstor, koji je vodio proizvodni pogon u tvornici.

Prema zapisniku br. 2., na svečanom otvaranju Optičke škole od 11. prosinca 1948. prisustvovali su predstavnici Glavne direkcije za kemijsku industriju, predstavnici tvornice precizne optike »Optika«, hono-

rarni nastavnici prof. M. Filipović, J. Rogulja, D. Čokić, Š. Guberina i D. Aras, kao i svi budući učenici. Zapisnik je vodio upravitelj škole dr. Stjepan Mohorovičić. On je održao i kratko predavanje o razvoju optike kod nas. Istaknuo je da optika kao znanost kod nas nije nova, ima dubok korijen te da su Markantun Gospodnetić (de Dominis), Marin Getaldić (Marinus Ghetaldus) i Ruđer Josip Bošković (Rogerius Josephus Boscovich) zadovoljili sva mjerila kao kriterij vrednovanja za fundamentalna istraživanja: značajan doprinos svjetskoj znanosti, zabilježen i vrednovan u svjetskoj znanstvenoj literaturi. No, za razvojna istraživanja temeljni kriterij - doprinos proizvodnji na temelju vlastitog razvoja i konkurentnost na svjetskom tržištu - još nije bio ispunjen jer još nismo proizvodili složene optičke leće, prizme i zrcala.

Iz oba zapisnika mogu se uočiti zanimljive pojedinosti. Spominje se Tvornica precizne optike »Optika«, iako je rješenje o osnivanju »Optike« Vlada donijela tek 3. kolovoza 1949., a tvornica je upisana u registar državnih privrednih poduzeća tek 24. studenoga 1949. broj: 44153-XIV-1949.<sup>18</sup> Međutim, postoji dopis Optike, tvornice precizne optike od 25. travnja 1949. s potpisom direktora Optike Vintera Gabriela.<sup>19</sup>

Dakle, razvidno je da je 1949. došlo do izdvajanja optičkog poduzeća iz »FOTOKEMIKE«. Između spomenutih optika razlika je jedino u navodnicima.

Nadalje, iz navedene Spomen knjige vidljivo je da je 1948. godine Optičku školu završilo 23 učenika i to za zanimanje precizni optičar. Prema broju honorarnih nastavnika predviđenih za nastavu navedenih predmeta očito se radilo o drugom tečaju (priučeni radnici) u trajanju od 6 mjeseci. Mohorovičić kao nastavnik mogao je predavati predmete matematiku i fiziku. Isto tako, 1949. godine škola je promijenila naziv u Industrijsku optičku školu, a za direktora škole postavljen je Miljenko Pekota. Kako je škola dobila stalne nastavnike (Miru Filipović, Ljubicu Trajbar i stručnog nastavnika za



**Slika 6.** Logotip Optike, tvornice precizne optike

<sup>17</sup> Objavljenom u *Spomen knjizi Tehničke škole Ruđera Boškovića Zagreb*, Zagreb, 1998.

<sup>18</sup> Objavljeno u *Narodnim novinama*, God. V. (CXL), br. 97, str. II., Zagreb, srijeda 21. prosinca 1949.

<sup>19</sup> HR-HDA, Glavna direkcija kemijske industrije, pov. spisi 1949. 543 - , 518/285.

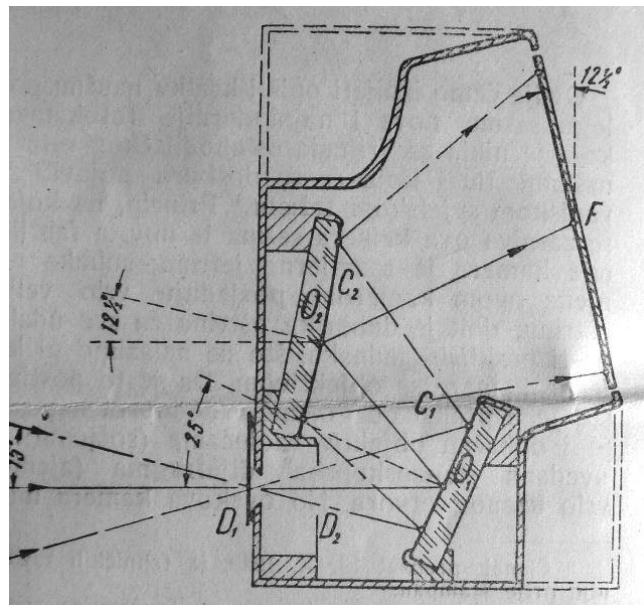
praktičnu obuku Hinka Cvijanovića, optičkog majstora), stvoreni su uvjeti za redovan rad škole. Time je završen doprinos S. Mohorovičića kao pedagoškog rukovoditelja i nastavnika u Optičkoj školi. Daljnja suradnja u optici odvijala se njegovim djelovanjem u »Optici« koja je, nakon prvotne promjene imena u Optičku industriju u Zagrebu, godine 1954. dobila novo ime Optička industrija »GHETALDUS« po Marinu Getaldiću – Ghetaldus (1568. - 1628.).

U nastavku teksta više nećemo pratiti razvojni put Optičke škole jer u njoj Mohorovičić više nije imao aktivnog sudjelovanja, već ćemo se posvetiti doprinosima koje je načinio S. Mohorovičić za našu optičku industriju.

## 6. MOHORVIČIĆ KAO ZNANSTVENI SURADNIK I PISAC TE PROMICATELJ ZNANSTVENIH RADOVA IZ OPTIKE

S. Mohorovičić razvitku je naše optičke industrije pomagao dvojako. Prvo, kao znanstveni suradnik, konstruktor, znanstveni savjetnik, predstojnik istraživačkog odjela u tvornici »Optika«, šef računarskog biroa za proračunavanje fine optike.

Prema osobnim podacima iz njegova rukopisa krajem 1951. obolio je, ali je još do 1953. radio u optičkoj industriji. Od 1953. do 1961. radio je za državne željeznice: preračunavao i konstruirao teodolit za nivelaciju pruga, surađivao na konstrukciji željezničkih signalnih svjetiljki, kao i na ispitivanju pomorskih instrumenata u tvornici pomorskih instrumenata u Zadru. Ako se pogleda arhivska građa, može se uočiti da je Mohorovičić 1949. i 1950. bio znanstveni suradnik u Tvornici »Optika«, a s njim zajedno bio je i drugi znanstveni suradnik prof. dr. Franjo Ivan Havliček (1906. - 1971.). Oni su 1949. imenovani kako bi, kao članovi komisije, ocijenili pronalazak ppuk. ing. Ivana Šimića – Kellnerov okular sa specijalnim osobinama.<sup>20</sup> Na ovom mjestu treba malo zastati da bi se objasnila uloga F. I. Havličeka.<sup>21</sup> On je 1950. napisao za časopis Tehnički pregled, br. 1, str. 3-4, rad pod naslovom Optička industrija Hrvatske. U njemu je naglasio važnost proizvodnje naočala i lupa koje bi producirala domaća industrija. Iako su strojevi i stolovi za proizvodnju leća za naočale jednostavni, oni iziskuju iskusne radnike. A ti radnici mogli su se obučavati u školama pa je kod organizacija optičke industrije



Slika 7. Pronalazak steneo kamere, objavljen 1950., za koju je S. Mohorovičić kao znanstveni suradnik dao trigonometrijsku i analitičku podlogu (teoriju), a izradio ju je optičar Rene Mosca.

uređena kod nas najprije škola. U školi budući brusar leća uče ručno brušenje leća i poliranje. Ali u školi se dobiva i opća naobrazba, tako da se u tečajevima uče osnove fizike, matematike, poznavanje instrumenata za mjerenje i slično. Na kraju Havliček ističe da je suradnja Zavoda za fiziku tehničkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu i tvornice »FOTOKEMIKA« višestruko korisna te je polučila značajne rezultate u izgradnji naše optičke industrije.

Savezna uprava za unapređenje proizvodnje izvjestila je tvornicu »Optika« krajem 1949. da će napisani i dostavljeni elaborat (rad) dr. Mohorovičića i Heiza Zinka o brušenju stakla za naočale objaviti u svom »Biltenu«. Međutim, taj rad nikada nije objavljen. Na osnovi proračuna S. Mohorovičića izrađeni su ovi proizvodi: peterodjelna spektralna prizma a vision directe (SM 5), objektiv za mali i veliki dalekozor ( $f = 0,2$  m i  $f = 0,4$  m), okular i objektiv  $f = 0,225$  m, dva foto-menisk objektiv  $f = 0,1$  m, triplet foto-objektiv anastigmat 1:6,3,  $f = 0,1$  m, triplet foto-objektiv anastigmat 1:4,5,  $f = 0,035$  m, sastavljeni triplet objektiv 1:4,5,  $f = 0,105$  m za projekciju i fotografiju, Petzval - objektiv 1:4,5,  $f = 0,15$  m za projekciju i fotografiju.

Drugi način na koji je Mohorovičić pomogao razvitku naše optičke industrije bilo je njegovo autorsko i

<sup>20</sup> HR-HDA, Glavna direkcija kemijske industrije, pov. spisi 1949. 543 - , 518/285.

<sup>21</sup> Više o F. I. Havličeku u radu B. Hanžeka: Tehničar Franjo Ivan Havliček (1906. – 1971.), objavljenom u zborniku: Povijest i filozofija tehnike, radovi EDZ sekcije 2012. - 2016., Zagreb, 2017., str. 66-74.



promicateljsko (prevodilačko) pisanje o optici. I prije spomenutog rada iz 1946. (O nekim optičkim instrumentima s obzirom na potrebe razvoja naše optičke industrije) Mohorovičić je pisao o optičkim temama. U časopisu Saturn objavio je tri rada. To su radovi: Ogromna zrcala Američke zvjezdarnice 1937., br. 2, str. 54 - 55; Primjedbe teoriji konkavnog zrcala 1938., br. 12, str. 325 - 329; Izgradnja i nabavka astronomskih instrumenata 1940., br. 4-5, str. 126. I dok je bio bolestan 1952. godine, radio je i prevodio strane radove iz optike. Bili su to radovi koji su objavljeni 1953. u časopisu Bilten (dokumentacija stručne literature, B, Mašinska tehnika i elektrotehnika, God. IV, Beograd, 1953.). Taj Bilten pokrenut je 1950. godine s namjerom da se naše tadašnje znanstvene ustanove i stručnjaci u Jugoslaviji upoznaju s dokumentacijom u industrijskim naprednim zemljama. Taj se materijal objavljavao u obliku skraćenih prikaza središnjih po sustavu decimalne klasifikacije. Razvoj znanosti i tehnike u industrijskim razvijenim zemljama nametnuo je kao nužnost poznavanje i praćenje aktualne stručne literature pa je to bilo od najveće važnosti za najširi krug stručnjaka u tadašnjoj državi. U tom biltenu Mohorovičić je objavio skraćeni prikaz radova na njemačkom jeziku i to šest radova objavljenih u njemačkom časopisu Optik. To su bili radovi:

1. Mönch, G. G.: O bojama interferencije, Optik, 9 (1952)2, 75-83, br. 8, str. 5 Biltena
2. Thomscheit, A.: Pridržavanje određenog mjerila preslikavanja kod korekcije optičkog sistema podensnim prevojem povoljne površine, Optik, 9 (1952)1, 43-44, br. 8, str. 5 Biltena
3. Wille, H.: Fotoelektrična metoda za mjerenje malenih stepena polarizacije, Optik, 9 (1952)2, 84-93, br. 9, str. 4 Biltena
4. Maeder, D.: Pogreške preslikavanja u Kartezijskom sistemu leća, Optik, 9 (1952)2, 49-74, br. 9, str. 4-5 Biltena
5. Schendell, G.: Dijagrami svjetlosti kondenzora, Optik, 9 (1952)1, 33-42, br. 9, str. 5 Biltena
6. Bernard, R., Pernoux, E.: O pojavi šlira kod promatranja vrlo tankih kristala elektronskim mikroskopom, Optik, 9 (1952)1, 1-2, br. 9, str. 5 Biltena

Podatak o tim skraćenim prijevodima S. Mohorovičića po prvi je put objavljen u ovom radu.

Mohorovičić se iskazao i kao autor ovih radova s optičkom tematikom:

1. Pronalazak nove Steneo kamere, Tehnički pregled, 1950., br. 1, str. 38-42.
2. Slikanje pomoću jedne zrcalne plohe i daljnje mogućnosti razvoja Steneo-kamere, Tehnički pregled, 1954., br. 2, str. 53-57 (sa sadržajem na engleskom, francuskom, talijanskom i njemačkom jeziku)

3. Genauigkeit von Sphärometer-messungen, Optik XI, 1954, Band 11, Heft 11, 493-495

4. Zur Messung der Krümmungsradien von Probelgläsern mit dem Ringsphärometer, Optik XII, 1955, Band 12, Heft 6, 285-292

5. Einfallwinkel ( $\epsilon$ ) als Funktion des Ablenkungswinkels ( $\delta$ ) und der Brechungszahlen ( $n, n', \dots$ ), Optik XII, 1955, Band 12, Heft 6, 281-282

6. Beiträge zur optischen Abbildung I, Optik XII, 1955, Band 12, Heft 8, 360-361

7. Beiträge zur optischen Abbildung II, Optik XII, 1955, Band 13, Heft 5, 224-226

8. Ein Beitrag zur Erweiterung des paraxialen Abbildungsbereiches, Optik XIII, 1956, Band 13, Heft 3, 102-121

Iz navedenoga vidljivo je da je Mohorovičićev znanstveni interes za optičku tematiku, popraćen objavljivanjem radova, trajao do 1956. godine.

## 7. ZAKLJUČAK

Iako je dosta pisano o Stjepanu Mohorovičiću, ipak se ne može izvući zaključak da je riječ o sustavnom pisanju, a ni pomisliti da postoji sustavno proučavanje i vrednovanje. To dokazuje ovaj rad koji pokazuje njegovu aktivnost u našoj optičkoj industriji i školstvu. Dosad u postojećoj literaturi to nije bilo predmetom znanstvene obrade. Ovaj rad popunjuje taj nedostatak i prikazuje Mohorovičićev iznimno vrijedan nastavni rad na području školske optike, budući da je ona bila u svom začetku, tj. u svom najranijem razdoblju. A svi su počeci najteži. Također je dan opis Mohorovičićeve uloge u razvoju naše optičke industrije koji je bio dvojak. S jedne strane, Mohorovičić je bio znanstveni suradnik i savjetnik, konstruktor, predstojnik istraživačkog odjela, šef računarskog biroa. Na osnovu njegovih proračuna i konstrukcija izrađeno je deset proizvoda. S druge strane, publicirao je autorske i prevodilačke – promicateljske radove iz optike te šest skraćenih prijevoda stranih autora, što je po prvi put objavljeno u ovom radu.



## POPIS CITIRANE LITERATURE

### Rukopisna građa

Zapisnik br. 1, s 1. sjednice od 8. prosinca 1948. Rukopis se čuva u Arhivi Tehničke škole Ruđera Boškovića u Zagrebu.

Zapisnik br. 2., o svečanom otvorenju Optičke škole od 11. prosinca 1948. Rukopis se čuva u Arhivi Tehničke škole Ruđera Boškovića u Zagrebu.

Rukopis (stropopis) Stjepana Mohorovičića koji je autoru ustupio Goran Ivanišević.

### Literatura

Benčić, D. 1973. *Geodetski instrumenti*, II. dio (Zagreb, 1973).

Benčić, D. 1990. *Geodetski instrumenti* (Zagreb, 1990).

Constantini, F. 1972. *Učim na pokusima* (Zagreb: Tehnička knjiga, 1972).

Dadić, Ž. 2010. *Egzaktne znanosti u Hrvatskoj u ožračju politike i ideologije (1900 - 1960)*, (Zagreb, 2010).

*Dictionary of Scientific Biography*, Volume 1, Pierre Abailard-L. S. Bery, Charles Schribner's sons (New York, 1981).

*Enciklopedija Jugoslavije*, tom 6, (Zagreb, 1965).

Faj, Z. 1999. *Pregled povijesti fizike* (Osijek, 1999).

Galić, R. 1983. Pozitronij je rođen u Zagrebu, *Priroda* (1982./1983.), str. 30–31.

Hahn, K. 1962. *Fizika II* (Beograd: Naučna knjiga, 1962).

Hanžek, B. 2020. Njemački jezik i fizika u znanstvenim radovima u Hrvatskoj u razdoblju 1876.-1946., *Godišnjak njemačke zajednice* (Osijek, 2020), str. 177–179.

*Historija čovječanstva: kulturni i naučni razvoj sv. 1.* (Zagreb: Naprijed, 1969).

*Historija čovječanstva: kulturni i naučni razvoj sv. 5.* (Zagreb: Naprijed, 1974).

Horvat, R. 1994. *Povijest trgovine, obrta i industrije u Hrvatskoj* (Zagreb: AGM, 1994.). Trajbar-Benčić, Lj., Benčić, D. 1998. Optička škola jezgra današnje Tehničke škole Ruđera Boškovića, u: *Spomen knjiga Tehničke škole Ruđera Boškovića Zagreb* (Zagreb, 1998.).

*Hrvatski leksikon*, II. sv. L-Ž (Zagreb, 1997).

Ivanišević, G. 1985. Stjepan Mohorovičić (1890 - 1980) i njegova »Privatna postaja za kozmičku fiziku«, *Zbornik radova VII. Nacionalne konferencije Jugo-*

*slavenskih astronoma, Beograd, 9. - 11. V. 1984.* (Beograd, 1985), str. 131–134.

*Leksikon Minerva* (Zagreb, 1936).

*Ludvig Darmstaedters Handbuch zur Geschichte der Naturwissenschaften un der Technik*, (Berlin, 1908.).

Mladenović, M. 1988. *Razvoj fizike, Optika* (Beograd, 1988).

*Narodna enciklopedija*, II. knjiga, (Zagreb, 1925.–1929.).

Orlić, M., Vrkić, I. 2015. Bibliography of papers, reports and books published by Stjepan Mohorovičić, *Geofizika* 32/1, str. 93–127.

Paar, V. 1993. Stjepan Mohorovičić - otac pozitronija, *Hrvatski znanstveni zbornik*, str. 51–106.

Pereljman, J. L. 1949. *Zanimljiva fizika*, knjiga druga (Zagreb: HPD, 1949).

Vrebčević, Z. 1998. Razvoj optičke industrije u Hrvatskoj od osnutka do danas, *Hrvatski optičar* 4/9, lipanj 1998., str. 28–37.

Zoković, N. 1998. Stručan optičar uvjet za napredak djelatnosti, *Hrvatski optičar* 4/9 (Zagreb, 1998.), str. 14–18.

Živaković-Kerže, Z. 2002. Obitelj Mohorovičić u hrvatskoj znanosti, *Osječki zbornik* 26, str. 151–153.

## **Dr. Stjepan Mohorovičić (1890 - 1980) – promoter of the connection between the Croatian optical industry and education**

### *Summary*

With the establishment of the Royal Agriculture and Forestry College in Križevci, the most complex optical devices began to be used in classes and exercises. Unlike the foreign optical industry, the optical industry in our country was in its infancy. In 1947/'48 in our country, optical industry began to operate relying on science and the optical school. An important person was Stjepan Mohorovičić, who connected the development of the optical industry with the development of the optical school, which had not been the subject of scientific activity until now.

*Keywords:* Dr. Stjepan Mohorovičić, Croatian optical industry, Croatian education, promotion of connectivity