

O UTJECAJU SVJETLA NA PAPIR

Tatjana Ribkin-Puškadija Arhiv Hrvatske, Zagreb
ožujka 1978.

Već je davno dokazano, a i iskustvo to potvrđuje, da su izravno sunčevo i ultraljubičasto svjetlo iz umjetnih izvora prvenstveno, a zatim dnevna i umjetna rasvjeta općenito, jedan od bitnih uzroka nepovratnih oštećenja raznih objekata kojima je u osnovi papir, kao što su rukopisne i tiskane knjige, razni dokumenti, djela grafičke umjetnosti, slike izvedene na papiru različitim tehnikama i bojama, fotografije i dr.

Taj problem postaje osobito aktualan posljednjih godina kada interes za muzeje raste iz dana u dan, pa se sve većem broju posjetilaca želi što više i bolje prikazati naša bogata kulturna baština. Kako i kulturna razina prosječnog posjetioca muzeja raste, potrebno je obratiti što veću pažnju količini i vrsti izloženog materijala, a isto tako i načinu postave, i na stalnim i na povremenim ili prigodnim izložbama.

Upravo je zbog toga sve aktualnije pitanje kako da se materijal, osjetljiv na svjetlo, učini dostupnim što širem krugu zainteresiranih posjetilaca, a istodobno očuva od optećivanja.

Nije sasvim jednostavno objasniti što je to svjetlo.

Može se reći da je svjetlo svaka energija zračenja koja na mrežnicu oka djeluje tako da čovjek ima osjet koji se zove svjetlost. Proučavajući prirodu zračenja, koji je po svojim fizičkim osobinama potpuno jednak onome što u oku izaziva osjet svjetla, ljudsko tijelo osjeća drukčije (npr. kao toplinu), ili uopće ne osjeća.

Prva znanstvena razmatranja o tome što je zapravo svjetlo daju nam Ch. Huygens (1678) i I. Newton (1704). Newton zamišlja svjetlo kao roj čestica (korpuskula) što izlijeću iz izvora svjetla (korpuskularna teorija svjetlosti), dok Ch. Huygens, a poslije (u XIX st.) A.J. Fresnel i T. Young, nadovezujući svoja istraživanja na Huygensova, izvode teoriju da je svjetlo valovita pojava (valna ili undularna teorija svjetlosti). Istraživanja A. Einsteina pokazuju da svjetlo ima dualnu (dvojnu) prirodu, tj. da je to roj fotona, (čestica), ali se širi u valovima.

Što su zapravo valovi svjetlosti spoznalo se kad su otkriveni elektromagnetski valovi (J.C. Maxwell 1863. i H. Hertz 1888.). Naime, elektromagnetski valovi i valovi svjetlosti po svojim su fizičkim svojstvima identični; razlika je samo u valnoj dužini. Kao i elektromagnetski, svjetlosni valovi nastaju promjenama električnog i magnetskog polja koje izaziva titranje elektrona u atomu odnosno molekuli. Takvo stanje postiže se ako se neko tijelo ugrije do određene temperature. Prema tome, izvor svjetla može biti Sunce, a uz to i neka druga tijela koja obično nazivamo izvorima umjetne rasvjete.

Ljudsko oko vidi Sunčevo svjetlo kao bijelo svjetlo. Ali, već je I. Newton (1666) uveo snop Sunčeva svjetla, kroz prizmu, u tamnu komoru i na suprotnoj strani komore dobio je niz vrlo živih intenzivnih boja počevši od crvene preko drugih ("duginih") boja i nijansi do ljubičaste.

Ta se pojava zove disperzija ili lom bijele svjetlosti.

Pojava disperzije pri prolazu svjetlosti kroz optičku prizmu uvjetovana je time što se bijela svjetlost sastoji od zraka različitih valnih dužina. Zrake većih valnih dužina slabije se lome od onih manje valne dužine. Utvrđeno je da svaka boja svjetla ima specifičnu i konstantnu valnu dužinu, i upravo o toj valnoj dužini ovisi kakvu će boju vidjeti ljudsko oko. Valne dužine vidljivog spektra kreću se približno od 800 m do 400 m¹. Treba imati na umu da je to tek mali dio cjelokupnog spektra elektromagnetskih valova.

Spektar Sunca uz vidljivo svjetlo sadrži ultraljubičaste zrake kraće valne dužine od vidljivih (400 m - 15 m), i infracrvene ili toplinske, čija je valna dužina veća od vidljivih (400 - 0,8).

Sunce, svako tijelo zrači elektromagnetske valove. Ti valovi imaju određenu energiju. Zbog toga se kaže da tijelo ima energiju zračenja. Ta energija zračenja ovisi o temperaturi tijela i prirodi njegove površine. Ako je temperatura tijela dovoljno visoka, tijelo zrači i takve elektromagnetske valove koje naše oko zapaža kao svjetlo. Takvo tijelo zovemo onda izvorom svjetla. Možemo u tom slučaju reći: ako je izvor svjetla Sunce, to je izvor prirodne rasvjete, a ako je izvor svjetla neko drugo tijelo, to je izvor umjetne rasvjete.

Kad crno tijelo ima temperaturu npr. 300°C, ono najviše emitira valove valne dužine oko 5000 m - to su valovi infracrvenog dijela spektra. To tijelo ne zrači svjetlo, nego samo toplinske zrake. Ako crno tijelo ima temperaturu 700°C, ono zrači i elektromagnetske valove čije su valne dužine 700 m, tj., tijelo zrači crvenkastu svjetlost. Kad je temperatura tijela oko 3000°C (to je tem-

peratura npr. niti u žarulji), tijelo zrači elektromagnetske valove čitavog područja vidljivog spektra, tj. od 400 do 800 m . Nama se to čini sjajno, ono je izvor bijelog svjetla.

Da bi neko tijelo zračilo svjetlo, tj., da bi bilo izvor svjetla, mora mu se dodavati neka energija. Dio te energije troši se na sam dovod energije do izvora svjetla (npr. kod električne žarulje dio energije utroši se na stvaranje topline zbog električnog otpora u dovodnim žicama do žarulje), a drugi dio energije pretvara se u energiju zračenja.

Kod svakog izvora svjetla samo dio energije zračenja djeluje na oko. Taj dio energije zračenja zovemo s v j e t l o s t .

Tok (fluks) svjetlosti jest energija emitirane svjetlosti nekog izvora u jedinici vremena. Izvor je svjetla to bolji, efikasniji, što od sveukupne energije uložene unj daje veći tok svjetlosti. Omjer između toka svjetlosti i uložene energije u jedinici vremena zove se efikasnost izvora svjetlosti. Jedinica toka svjetlosti jest 1 lumen.

Jakost izvora svjetla. Izvor svjetla koji daje veći tok svjetlosti jači je izvor. Da bismo uspoređivali izvore svjetla različitih jakosti, treba definirati jedinicu jakosti svjetla. Jedinica jakosti izvora svjetla jest 1 svijeća (kandela).

Rasvjeta. Kad određeni tok svjetlosti padne na neku površinu, kažemo da je ta površina osvijetljena. Kolika je rasvjeta te površine ovisi o tome koliki tok svjetlosti padne na jedinicu površine, tj., rasvjeta je upravo proporcionalna s tokom svjetlosti, a obrnuto proporcio-

nalna s površinom. Jedinica za rasvjetu jest 1 luks. Ploha ima rasvjetu 1 luks ako na svaki m^2 te plohe pada tok svjetlosti od 1 lumen. Rasvjeta u nekoj točki ravnine proporcionalna je s jakošću tog izvora i s kosinusom kuta upadanja zraka, a obrnuto proporcionalna s kvadratom udaljenosti izvora od te točke. Kad je ravnina osvijetljena s više izvora svjetla, onda je ukupna rasvjeta na toj ravnini jednaka rasvjeti pojedinih izvora.

Rasvjeta Sunca najveća je na ekvatoru kad je Sunce u zenitu, i iznosi 100.000 luksa. Minimalna rasvjeta za normalan rad jest 50 - 100 luksa. Drži se da rasvjeta objekata osjetljivih prema djelovanju svjetla ne smije duže vrijeme iznositi više od 300 luksa, a za neke osjetljivije i manja.

Instrumenti kojima se određuje rasvjeta nazivaju se fotometri.

Već je davno utvrđeno da zrake određenih valnih dužina, iako imaju ista fizička svojstva, mogu izazvati specifične fizičke i kemijske promjene u organizmima i materijalima. Treba isto tako imati na umu da takve promjene može izazvati samo onaj dio zraka koje takav organizam ili materijal apsorbira, dok dio zraka koji prolazi kroz tijelo ili se od njega reflektira ne izaziva promjene u tom tijelu.

Uz to treba razlikovati primarne procese² i sekundarne ili naknadne reakcije³ koje energija zračenja, u našem slučaju Sunčevo svjetlo ili odgovarajuća svjetlost iz umjetnih izvora, može izazvati u nekom materijalu.

Promatramo li promjene, koje se zbivaju pod utjecajem izravnog Sunčeva svjetla na različite vrste papira, vidjet ćemo da se neki od njih izbjeljuju (npr. stari papir izradjen od lanenih i pamučnih krpa bez nekih posebnih do-

dataka, pamučno i laneno platno), neki materijali blijede (npr. neke vrste boja i tinta kojima su pisani rukopisi ili izradjene slike), i to tako da u krajnjem slučaju mogu posve nestati s podloge, a neki materijali (npr. novinski papir i uopće papir koji sadrži lignin, ljepilo, osobito takvo kojemu su u osnovi kolofonij i neke boje), žute i tamne do gotovo posve smedje boje, postaju kruti i lomljivi i na kraju se raspadaju u prašinu. Fotografije žute i blijede, a fotografijama u boji može se mjestimično promijeniti nijansa boje.

Na objektima izloženim umjetnim izvorima svjetla te promjene mogu, ali ne moraju, biti jednake ili slične, a katkada su i posve različite.

Koji su izvori tih promjena?

Već je spomenuto da u materijalu djelovanjem energije svjetlosti mogu nastupiti primarni procesi ili naknadne reakcije. Kao posljedica primarnog procesa - fotoliza - dolazi do cijepanja molekule celuloze, lignina, boja, tinta i drugih materijala koji ulaze u sastav papira ili dokumenata, čime se bitno mijenjaju osobine tih tvari, papir može požutjeti, čvrstoća mu se može smanjiti, ljepila tamne, boje blijede ili mijenjaju nijansu.

Za proces čiste fotolize, npr. celuloze, potrebna je vrlo velika količina energije koju daju elektromagnetski valovi s valnom dužinom manjom od 360 m , tj. ultraljubičasto svjetlo, dok prisutnost zraka (kisika iz zraka), vlage i topline nije bitna za sam proces.

Uzmemo li u obzir da već i obično, nezaštićeno, prozorsko staklo zadržava najveći dio ultraljubičastog dijela Sunčeva spektra - do valne dužine od 290 - 300 m (tj. upravo onaj dio zračenja koji ima najveću energiju aktivacije), uočiti ćemo da proces čiste fotolize celuloze i

ne zauzima značajnije mjesto kao uzrok oštećivanja toga materijala. Izuzetak je ako slične objekte izložimo duljem djelovanju ultraljubičastog svjetla iz umjetnih izvora. Ima, međutim, materijala za čiju je fotolizu potrebna bitno manja količina energije aktivacije (npr. lignin, kolofonij, neke boje), pa oštećivanje može nastupiti već i pod utjecajem vidljive svjetlosti, tj. modrog i ljubičastog dijela Sunčeva spektra, koje prozorsko staklo ne zadržava, pa ga materijal može apsorbirati.

Za oštećivanje papira, tinta i boja koje ulaze u sastav objekata na papiru, mnogo su značajnije sekundarne ili naknadne reakcije. Kako je već spomenuto, u slučajevima kad neki materijal ne može sam apsorbirati svjetlo dovoljne energije, kemijske promjene mogu nastupiti i onda kad se u njemu ili njegovoj najbližoj okolini nalaze neke tvari koje mogu apsorbirati svjetlo, aktivirati se i u takvu aktivnom stanju izazvati promjene osnovnog materijala, a da se pri tom same bitno ne promijene. Taj se proces naziva i fotosenzibilizacija.

Dok za procese fotolize papira i objekata na papiru prisutnost kisika iz zraka, vode (vlage), nekih drugih sastojaka i veća toplina nemaju veće značenje, za promjene koje se zbivaju fotosenzibilizacijom vrlo je važna prisutnost kisika, vlage, topline i tzv. senzibilizatora - tvari koje pojačavaju osjetljivost materijala na djelovanje svjetla. Naime, energija svjetla, a posebice u prisutnosti senzibilizatora (npr. iona nekih metala, neke soli), aktivira kisik koji u aktivnom stanju i sam za sebe, a i uz vodu s kojom daje vodikov peroksid, izaziva procese oksidacije papira (celuloza, lignin, ljepila, punila), tinta i boja na papiru. Što je temperatura okoline viša, reakcije se odvijaju brže.

Treba imati na umu i to da izlaganje nekog objekta svjetlu manje energije (većih valnih dužina) duže vrijeme, ili izlaganje svjetlu veće energije kraće vrijeme, može izazvati slična oštećenja. Kakva će biti posljedica takvih oštećenja, ovisi prvenstveno o osobinama samog materijala.

Govori li se o utjecaju Sunčeva svjetla, a i svjetla iz nekih umjetnih izvora, treba se potsjetiti na to da se Sunčev spektar sastoji od ultraljubičastog, vidljivog i infracrvenog (toplinskog) dijela. Prema tome se utjecaj svjetla ne može odvajati od utjecaja topline⁴, barem one koja se prenosi zračenjem.

Toplina sama za sebe malokad je uzrok oštećivanja materijala na papiru (požari, izravan dodir s pregrijanim predmetima), ali se, djelovanjem topline ubrzava isparavanje vode iz različitih vrsta materijala. Gubitkom te tzv. vezane vode (koja služi kao neka vrsta plastifikatora) materijali gube svoje osnovne osobine. Papir postaje krt i lomljiv, koža na koricama knjiga puca i raspada se u prašinu, pucaju slojevi boje i sl. Isparavanjem plastifikatora ili nekih drugih hlapljivih sastojaka, osobito iz ljepila, boja i lakova, mogu nastupiti trajne promjene tih materijala (npr. nepovratno pucanje slojeva ljepila, boja ili zaštitnih lakova, trajna promjena boja ili nianse boja).

Iako je neosporno da svjetlo (i izravno Sunčevo, i jako dnevno i ono iz umjetnih izvora) štetno djeluje na papir, tinte i boje, posljednjih se godina sve više uočuje da određene vrste tinta i boja, naročito onih kojima su u osnovi organska bojila, blijede, a papir, osobito onaj koji sadrži lignina ili je jače lijepljen kolofonijem, žuti i postaje krt i lomljiv, iako se čuvaju zaštićeni košuljicama, omotima ili u kutijama, smješteni na policama

ma u prostorijama propisno zaštićenim od svjetla. Zapaženo je isto tako da su neke vrste tinta i boja to stabilnije što je papir kiseliiji, a u isto je vrijeme mehanička čvrstoća papira to slabija što je papir kiseliiji. Ti procesi, čije su posljedice vrlo slične onima što nastaju djelovanjem svjetla, odvijaju se znatno polaganije u mraku, ali nisu nipošto zanemarljivi, osobito onda kad je riječ o objektima trajne vrijednosti.

Grupa sovjetskih istraživača došla je u toku višegodišnjih ispitivanja tih pojava do zaključka da je uzrok tome kisik iz zraka pri povišenoj vlažnosti i povišenoj temperaturi u spremištima.

Sumirajući dosad rečeno, može se ponoviti da su ultraljubičasto i vidljivo svjetlo, te infracrveno (toplinsko) zračenje, jedan od bitnih uzroka oštećivanja materijala na papiru, ali, uz najosnovnije zaštitne mjere od utjecaja svjetla - prirodnog ili iz umjetnih izvora, u muzejima, bibliotekama i arhivima, gdje se čuva spomeničko blago na papiru trajne vrijednosti, utjecaj svjetla ne može se promatrati odvojeno od utjecaja topline, vlage i kisika iz zraka.

Koje su najosnovnije mjere zaštite?

1. Nikakvi materijali na papiru, trajne vrijednosti, ne smiju se izlagati izravnom Sunčevu svjetlu.
2. Izlaganje tih materijala izravnom ultraljubičastom svjetlu treba svesti na najmanju moguću mjeru (snimanje radi ispitivanja, čitanje izbljedjelih rukopisa). U takvim slučajevima treba zaštititi oči zaštitnim naočarima da ne bi došlo do povrede očiju ultraljubičastim svjetlom (npr. pri proučavanju većeg broja listova izbljedjelih rukopisa).

3. Prozorni prostori u kojima se čuvaju ili izlažu materijali na papiru treba da budu okrenuti prema sjeveru, uz to zaštićeni zastorima, vanjskim ili nutarnjim roletama ili rešetkastim kopcima za reguliranje svjetla.
4. Preporučuje se da stakla na prozorima budu mliječna ili matirana, a još bolje takva koja ne propuštaju ultraljubičasto i vidljivo svjetlo manjih valnih dužina. (Više vrsta takvih stakala posljednjih se godina pojavljuje na tržištu, a mogu biti bezbojna ili obojena.)
5. Spremišne ili izložbene prostorije bez prozora imaju određene prednosti, ali u tom slučaju mora biti osigurano potrebno provjetravanje uređajima za klimatizaciju ili na koji drugi način. Čak i ako postoje uređaji za klimatizaciju, treba predvidjeti i neku drugu mogućnost provjetravanja, jer ako takvi uređaji zataje, može doći do oštećivanja vlagom.
6. Materijale na papiru, u spremišnim prostorijama, treba čuvati u košuljicama, omotnicama, mapama, albumima ili kutijama. Takva zaštitna sredstva, osim od svjetla, čuvaju materijal na papiru i od prašine. Nisu li izradjena od prvorazrednog materijala, treba ih povremeno pregledavati, jer oštećen zaštitni materijal može prouzročiti i oštećivanje zaštićenog materijala, nalazi li se s njim u bližem dodiru.
7. Ako u spremišnim ili izložbenim prostorijama postoji uz prirodnu i umjetna rasvjeta, ili se upotrebljava isključivo umjetna, treba nastojati da ona bude što slabija, da izravno ne osvjetljuje izložena djela, te da se upotrebljava samo toliko vremena koliko je to prijeko potrebno za normalan rad.

8. Na povremenim, a osobito stalnim izložbama treba nastojati da materijali na papiru budu osvijetljeni najmanjom mogućom jačinom svjetla, potrebnog da izloženi predmet dodje do izražaja. U slučaju da je potrebno jače svjetlo, ono ne smije padati izravno na predmet, ili ga treba gasiti čim više nije nužno .

9. U granicama mogućnosti treba nastojati da predmet bude zaštićen od svjetla barem običnim staklom, a kad je riječ o predmetima osobite vrijednosti, i posebnim staklima ili folijama koje sprečavaju utjecaj ultraljubičastog i vidljivog svjetla manjih valnih dužina.

10. Treba izbjegavati izlaganje na stalnim, a u određenim slučajevima i na prigodnim, izložbama naročito dragocjenog materijala.

11. Kako bi se i izuzetno dragocjeni materijal povremeno učinio pristupačnim širem krugu posjetilaca, treba vitrine u kojima se izlaže izraditi od stakla koje ne propušta ultraljubičasto svjetlo i svjetlo manjih valnih dužina. Osvjetljenje izloženih predmeta u vitrinama treba da bude isključivo indirektno, a i tada svjetlo valja gasiti čim više nije prijeko potrebno. Takav materijal mora biti zaštićen i od prašine, utjecaja prekomjerne vlage i topline, ali i od provale i nepažljivog rukovanja prilikom postavljanja izložbe. Kontrola vlage u takvim vitrinama obavlja se pomoću higrometra manjih dimenzija, a reguliranje pomoću higroskopnih tvari, kao npr. silika gela koji se može povremeno mijenjati.

12. Ako se naročito vrijedni predmeti na papiru izlažu na stalnim izložbama, preporučuje se na vitrine staviti pomoćne zavjese koje posjetilac može odgrnuti dok gleda izloženo djelo.

13. U nekim zemljama, radi što bolje zaštite osobito vrijednih originalnih djela na papiru, izradjuju se rukom kopije koje prosječnom posjetiocu daju privid originalnog djela, a tek će dobar poznavalac primijetiti da je riječ o umjetnički izradjenoj kopiji (ČSSR, Francuska).

14. Ako se namjerava snimati za potrebe filma ili televizije, naročito umjetnička djela izvedena flomasterima, kemijskim olovkama ili nekim bojama kojima je u osnovi organsko bojilo, treba sve pripreme obaviti sa sličnim predloškom, a originalno djelo izlagati utjecaju jakog svjetla i popratne topline što je moguće kraće vrijeme kako ne bi došlo do promjene nijanse boje. Drži se da temperatura na površini objekta ne smije porasti više od 5°C , a osvjetljenje ne smije trajati duže od 15 minuta.

Bilješke:

1

1 (mikron) = 0,001 mm

1 m = 0,001

1 Å (angstrom) = 0,1 m

2

Primarni su procesi takve promjene koje nastaju u nekom materijalu djelovanjem energije Sunčeva svjetla iz nekoga umjetnog izvora, bez sudjelovanja bilo kakvih drugih tvari koje se nalaze u samom materijalu ili njegovoj neposrednoj blizini.

3

Sekundarni procesi ili naknadne reakcije zbivaju se onda kad apsorbirana količina energije svjetla nije sama

po sebi dovoljna da u nekom materijalu izazove određene promjene, ali se u samom materijalu ili njegovoj neposrednoj blizini nalaze tvari koje su kadre apsorbirati potrebnu količinu energije da se aktiviraju i u takvu aktivnom stanju potpomažu ili izazivaju promjene u osnovnom materijalu.

4

Toplina je oblik energije vezan za posebno, kaotično gibanje molekula nekog tijela. Subjektivni osjećaj topline dobiva se dodiranjem s nekim ugrijanim tijelom. Toplina se prenosi vodjenjem, strujanjem i zračenjem. Jedinica za mjerenje topline jest 1 kilokalorija (1 kcal), a to je ona količina topline koja je potrebna da se jedan kilogram vode ugrije od $14,5^{\circ}\text{C}$ do $15,5^{\circ}\text{C}$ pri 760 mm pritiska živina stupca. Temperatura je veličina koja karakterizira toplotno stanje nekoga tijela. Za objektivno mjerenje i uspoređivanje toplinskog stanja dvaju različitih tijela upotrebljavaju se termometri.

Literatura:

Pouille E. - J. Escher-Desrivieres - R. Péteri, La protection des archives contre la lumière; recherches expérimentales. La Gazette des Archives, 26 (1959) 33-45.

Spinner I.H., Brightness Reversion. A Critical Review with Suggestions for Further Research. Tappi, 45 (1962) 6, 495-514.

Krollau E.K., O zaštite bumagi svetofiltrami ot vozdejs-tvija svetovyh lučej. Problema dolgovečnosti dokumentov i bumagi. "Nauka", Moskva-Leningrad 1964, str. 113-116.

Feller R.L., The Deteriorating Effect of Light on Museum

Objects. Principles of Photochemistry. The Effect on Varnishes and Paint Vehicles and on Paper. Museum News - Technical Supplement No. 3 42 (1964) 10, 20-37.

Feller R.L., Control of Deteriorating Effects of Light Upon Museum Objects. Museum, 16 (1964) 2, 85-96.

Feller R.L., Control of Deteriorating Effects of Light on Museum Objects: Heating Effects of Illumination by Incandescent Lamps. Museum News - Tehnical Supplement, 46 (1968) 9, 39-47.

Zittel Bernhard, Belichtung und Belüftung von Archivmagazinen. Archivalische Zeitschrift, 64 (1968) 79-131.

Wessel C.L., Enviromental Factors Affecting the Permanence of Library Materials. The Library Quarterly, 40 (1970) 1, 39-84.

Hanlan J.F., The Effect of Electronic Photographic Lamps on the Materials of Works of Art. Museum News - Technical Supplement, 48 (1970) 10, 33-41.

Korobeckaja G.P. - V.F. Privalov - I.A. Ščerbakova, O mehanizme temnovogo vycvetanija krasitelej na bumage. - Trudy VNIIDAD, Tom III. Moskva 1973, str. 144-164.

Bobkova V.N. - G.P. Korobeckaja - L.V. Kuroedova - M.G. Potapova - V.F. Privalov - I.A. Ščerbakova, Vlijanije uslovij sredy na skorost temnovogo vycvetanija krasitelej na bumage. - Trudy VNIIDAD, Tom V/2, Moskva 1974, str. 90-109.

Privalov V.F. - V.N. Bobkova - L.V. Kuroedova, Principales lois de décoloration des textes des documents d'archives dans l'obscurité. Études concernant la Restauration d'archives, de livres et de manuscrits, Bruxelles 1974, str. 243-253.

WILHELM KUNDT'S PHYSIKALISCHES KUNSTWERK, I. NACHRICHTEN ÜBER DIE PHYSIKALISCHEN KUNSTWERKE, 1868.
Zagreb, 1976. 111 str. + reprodukcije.
Obj. u: "Zbornik Hrvatske Akademije znanosti i umjetnosti"

Knjiga je izdala Hrvatska Akademija znanosti i umjetnosti, Zagreb, 1976.

U ovom prilozi predstavljamo rad i postojanje Hrvatske fizikalne škole u 19. i 20. stoljeću. Hrvatska fizikalna škola je nastala u Zagrebu, a njezina je glava bio profesor dr. Marko Matijević. On je bio jedan od najpoznatijih hrvatskih fizičara i jedan od osnivača hrvatske fizikalne škole. Matijević je bio jedan od najpoznatijih hrvatskih fizičara i jedan od osnivača hrvatske fizikalne škole. On je bio jedan od najpoznatijih hrvatskih fizičara i jedan od osnivača hrvatske fizikalne škole.

U ovom prilozi predstavljamo rad i postojanje Hrvatske fizikalne škole u 19. i 20. stoljeću. Hrvatska fizikalna škola je nastala u Zagrebu, a njezina je glava bio profesor dr. Marko Matijević. On je bio jedan od najpoznatijih hrvatskih fizičara i jedan od osnivača hrvatske fizikalne škole. Matijević je bio jedan od najpoznatijih hrvatskih fizičara i jedan od osnivača hrvatske fizikalne škole. On je bio jedan od najpoznatijih hrvatskih fizičara i jedan od osnivača hrvatske fizikalne škole.

U ovom prilozi predstavljamo rad i postojanje Hrvatske fizikalne škole u 19. i 20. stoljeću. Hrvatska fizikalna škola je nastala u Zagrebu, a njezina je glava bio profesor dr. Marko Matijević. On je bio jedan od najpoznatijih hrvatskih fizičara i jedan od osnivača hrvatske fizikalne škole. Matijević je bio jedan od najpoznatijih hrvatskih fizičara i jedan od osnivača hrvatske fizikalne škole. On je bio jedan od najpoznatijih hrvatskih fizičara i jedan od osnivača hrvatske fizikalne škole.