

SIMON ŠUBIC, PISEC FIZIKALNIH UČBENIKOV

POVZETEK

Ob stoletnici smrti obravnavamo Šubičev učbenik fizike, ki je bil ob številnih ponatisih eno najuspešnejših del slovenskih fizikov. Njegovo vsebino primerjamo z drugimi učbeniki tistega časa in s Šubičevimi raziskovalnimi deli.

SYNOPSIS

Simon Šubic, the Author of Physics Textbooks

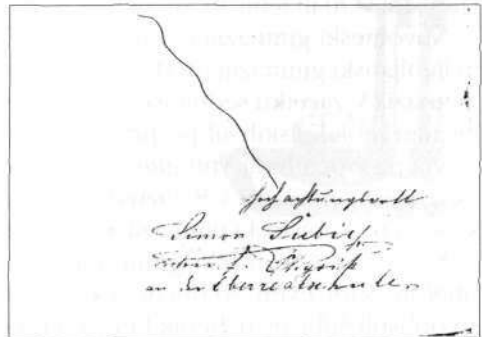
On the centenary of Simon Šubic's death we analyzed his physics textbook. With several reprints it was one of the most successful works of Slovene physicists. We compare its content with other textbooks of the time and with Šubic's scientific research.

UVOD

27. 7. 1903 je Simon Šubic umrl v Gradcu, kjer je bil dobro leto pred tem upokojen kot izredni profesor na univerzi. Bil je najvidnejši gorenjski fizik vseh časov, zato se ob stoletnici smrti spominjamo njegovega dela.

Fizikalna učbenika

Šubic je julija 1860 sestavil nemška fizikalna učbenika za nižje in za višje razrede realk in gimnazij. Naslednje leto ju je dal natisniti v Pešti, tik preden je mesto zapustil zaradi uvedbe pouka v madžarskem jeziku. Učbenik za višje razrede so obenem izdali v nemščini in madžarščini. Čeprav je odhod na Dunaj občutil kot izgon, je na Ogrskem ohranil dovolj prijateljev. Ti so v Pešti izdali dva nemška in madžarski ponatis njegovega učbenika za višje razrede, ki je bil večkrat ocenjen v strokovnih revijah. Recenzije so bile pohvalne z izjemo Stefanovega strokovnega mnenja, podpisanega 8. 4. 1869.



Šubičev podpis na zadnji strani doktora (Universitätsarchiv Tübingen 140-6/202. str. 40)

V petih letih življenja in dela na Ogrskem (1857-1861) se je Šubic posvetil predvsem pedagoškemu delu in pisanju učbenikov, začel pa je tudi raziskovati mehaniko. Tabela kaže nekaj primerjav med posameznimi izdajami njegovih učbenikov:¹

Leto izdaje	1861 (v)	1867 (v)	1874 (v)	1861 (n)	1871 (n)
Število strani	XIV + 506	VIII + 665	XVI + 720	XI + 276	VIII + 304
Cena v Fl öw	3	3,75	4,60	1,13	1,53

Šubičev učbenik fizike za višje realke in višje gimnazije so več desetletij s pridom uporabljali v habsburških dednih deželah. Po njem so radi segali študentje medicine ali farmacije in kandidati za profesorje fizike na nižji stopnji srednjih šol.²

Na gimnaziji v Ljubljani so Šubičev učbenik nabavili vsaj v tretji izdaji,³ vendar je pri pouku tedanji profesor fizike Mihael Wurner (1826-1891) raje uporabljal učno knjigo Franza Josepha Piska (1827-1888). Šubičev učbenik v 2. in 3. izdaji so uporabljali na gimnaziji v Novem mestu v letih 1869 do 1880 v sedmem in osmem razredu pri predavanjih Bernarda Vouka (r. 1824), ravnatelja dr. Johanna Zindlerja (r. 1835) in Johanna Fischerja. Po učbeniku Gorenjca Šubica je v Novem mestu študiral najpomembnejši dolenski fizik, Ignac Klemenčič (1853-1901).

Vouk je učni načrt v letih 1870 do 1877 povsem prilagodil Šubičevemu učbeniku. Le končnih treh poglavij o toploti (X), astronomiji (XI) in meteorologiji (XII) ni obravnaval, razen kolikor je po letu 1873/74 osnovne izreke iz meteorologije vključil v poglavje o aerostatiki na začetku 8. razreda. Vouk je od 1858 do 1885 vodil novomeško meteorološko opazovalnico, zato toliko bolj preseneča njegovo zapostavljanje meteorologije pri fizikalnih predavanjih v času od 1869 do 1874. Meteorologijo so na ljubljanski gimnaziji predavali na koncu pouka fizike v osmem razredu že od letnika 1855/56 dalje. Na novomeški višji gimnaziji niso ponovili fizikalne obravnave toplote iz nižje gimnazije, kot je bilo to v navadi na gimnazijah v Celovcu in Ljubljani v 70-ih letih 19. stoletja.

Novomeški gimnazijci so uporabljali Šubičev učbenik, medtem ko so v celovski in ljubljanski gimnaziji predavali po Schabusu. Od tod razlike v učnih načrtih obeh gimnazij. V začetku sedmega razreda so v Novem mestu obravnavali poglavje o delovanju molekulskih sil po prvem poglavju Šubičevega učbenika, podobnega poglavja pa v učnih načrtih gimnazij v Celovcu in Ljubljani ni bilo. Pouk fizike so na novomeški gimnaziji v 8. razredu začeli z obravnavo hidrodinamike in aerostatike, ki so ju na ljubljanski gimnaziji opustili že sredi 50-ih let.

Ko so na novomeški gimnaziji Baumgartnerjev učbenik nadomestili s sodobnejšim Šubičevim, so obenem spremenili učni načrt. Znova so ga spremenili, ko so opustili Šubičev učbenik in začeli predavati po učbenikih Piska oziroma Handla (1837-1915).

Po mnenju I. Šubica je bil učbenik S. Šubica predrag za "naše" srednje šole. Nasprotno je Dunajčan Pick zapisal, da je Šubičev učbenik razmeroma poceni. Naspro-

tujoči si trditvi bržkone pomenita, da so bili življenjski stroški na Dunaju mnogo višji kot v Ljubljani. Za 3 Fl öw, kolikor je stal Šubičev učbenik v prvi izdaji leta 1861, si v Ljubljani takrat dobil 37,5 kg najcenejšega kruha storžnika ali pa 8,1 kg govejega mesa.⁴ To pa je gotovo zelo visoko razmerje med duhovno in telesno hrano.

Deli učbenika

Šubic je tretji natis učbenika predelal in razširil na 740 strani. Med njimi jih je bila manj kot desetina posvečena kemiji,⁵ ki je bila samo v zadnjem semestru šestega razreda realk samostojni predmet. Med trinajstimi poglavji je prvo obravnavalo lastnosti teles in kemijo, naslednja štiri (gibanje, aerostatika, hidrostatika) in osmo poglavje (valovanje, zvok) pa klasično mehaniko. Šesto, sedmo, deveto in deseto poglavje (magnetizem, elektrika, optika, toplota) so obravnavala preostale panoge fizike po Helmholtzevi klasični razdelitvi. Enajsto in dvanajsto poglavje je Šubic posvetil tedanjim mejnim področjem fizike, astronomiji in meteorologiji. V zadnje, trinajsto poglavje je zapisal vprašanja za preizkus znanja.

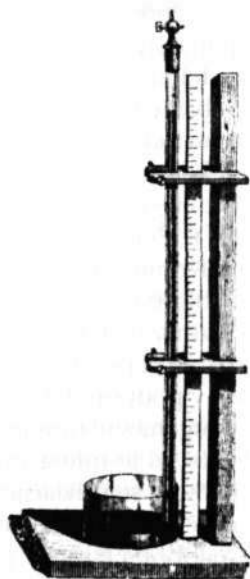
Vrstni red poglavij se nekoliko razlikuje od Šubičevega učnega načrta na realki v Pešti za leto 1859/60. Tam je predaval akustiko takoj za drugo mehaniko v prvih urah zadnjega, šestega letnika, o toploti pa je predaval pred optiko. Vrstni red poglavij v tretji izdaji Šubičevega učbenika (1874) natančno ustreza učnim programom višjih gimnazij v Ljubljani v letih 1871/72-1877/78 in v Celovcu 1869/70-1876/77. Do spremembe je prišlo šele po upokojitvi Karla Robide v Celovcu, ko so toploto začeli predavati pred optiko.

Sodobni srednješolski učni načrti se le malo razlikujejo, čeprav vključimo za konec nekaj sodobne atomike. Izpustimo pa meteorologijo, ki so jo obravnavali ob koncu zadnjega letnika v realkah in gimnazijah druge polovice 19. stoletja.

Vsebina učbenika

Šubic je navedel številne raziskovalce iz preteklih stoletij. Za študij zgodovine fizike je v uvodu k prvi izdaji učbenika priporočal Robidov Razvoj fizike iz leta 1854 in Poggendorffove biografije.⁶

Šubičev učbenik ni vseboval infinitezimalnega računa, ki ga tudi sodobni srednješolec spozna komaj v zaključnih letnikih. Šubic je skiciral fizikalne poskuse in tabeliral posamezne lastnosti snovi. Opisal je različne poskuse od antične astronomije, Kopernika, Keplerja Galileja, Guerickeja (329), Papina (575), Römerja (465) in Newtona do spektralne analize, ki sta jo razvijala Kirchhoff in Bunsen po letu 1860. Obravnaval je tudi omejeno veljavo Lentz-Jakobijevega pravila za določanje velikosti elektromagnetne sile.⁷ Ponekod je navajal samo



Šubičeva skica Torricelijevega poskusa z vakuumom v barometru, ki so ga leta 1643 postavili v Firencah (Šubic, 1874, 227 (fig. 106)).

šest let stara fizikalna odkritja, kar je v sodobnih učbenikih redkost. Nove izdaje učbenika je dopolnjeval s sodobnejšimi poskusi, vendar se je izogibal teorijam, mlajšim od četrto stoletja. Tako je podrobno opisal Joulovo določitev mehničnega ekvivalenta toplote (1842), ni pa omenil drugega (entropijskega) zakona termodinamike, čeravno ga je Clausius zapisal že leta 1855. V učbeniku ni opisal treh novosti, ki so v zgodnjih 70-ih letih 19. stol. spremenile podobo naravoslovja: periodni sistem elementov Mendelejeva (1869), Maxwell-Boltzmannova statistična mehanika (1860-1877) in Maxwellova elektromagnetna teorija polja (1873). Triinšestdeset oziroma sedemdeset kemijskih elementov je zapisal v tabeli kar po abecednem vrstnem redu,⁸ čeprav je poznal periodni sistem elementov. Bil je dopisni član JAZU, ki je 5. 12. 1882 izbrala Mendelejeva za svojega častnega člana.

V učbeniku bi zaman iskali Šubičeve raziskovalne dosežke, saj je bila srednješolska raven zanje prenizka. Poudarek tedanjega (in sodobnega) pouka fizike je bil na poskusih in ne na "algebri". Snov ni smela presežati znanja matematike na posamezni stopnji srednje šole.⁹

Sile med molekulami

Šubic ni opisal vse mehanike v zaporednih poglavjih. Na straneh 32-96 je obravnaval pojave, ki jih danes uvrščamo h kemiji, poglavje o valovanju in zvoku pa je postavil za poglavja o magnetizmu in elektriki. Opis sile med molekulami in obravnavo plinskega agregatnega stanja sta bila še posebej povezana s Šubičevim znanstvenim delom.

Šubic je ugotovil, da je poleg privlačne sile med molekulami s poskusi mogoče zaznati tudi odbojno silo¹⁰ v kapljevinah in trdnih snoveh. Obe nasprotujoči si sili v molekuli sta bili večinoma sprejeti po Clausiusovi objavi virialnega teorema (1870). Le redki so še poskušali izpeljati odbojno silo iz privlačne, med njimi Lavtar (1846-1915) iz Železnikov leta 1873, Sekulić (1874) in Robida (1865) pri obrambi Šubica pred Krönigovo kritiko.

Šubic je naštel dva pristopa k opisu sil. Najprej je opisal dinamično silo med molekulami z materijo, ki zvezno napolnjuje prostor. Odboj med molekulami je potem vzrok za nepredirnost teles. Šubic ni navedel Kanta ali Faraday-Maxwellove teorije polja v podporo takšnega zavračanja delovanje sil na daljavo.¹¹

Drugi možni opis je pripisal atomistom.¹² Nedeljivi atomi se gibljejo skozi vmesni prostor, ki je mnogo večji od njihovih premerov. Nepredirnost je potem lastnost atomov, ki se privlačijo med seboj. Odbojna sila ni lastnost samih snovnih atomov, temveč jo povzroča elastični medij okoli atomov, ki ga zaradi enostavnosti enačimo s svetlobnim etrom v prostoru. Snovni atomi privlačijo ta elastični in drobni medij tako, kot Zemlja privlači svojo atmosfero. Najmočnejše dokaze za obstoj medija ponuja valovna teorija svetlobe, saj do transverzalnega nihanja in polarizacije svetlobe lahko pride le v snovi, sestavljeni iz nezveznih delcev.¹³

Šubic je opisal Dynamido Ferdinanda Redtenbacherja (1809-1866) iz leta 1857, čeprav se ji je že 27. 6. 1871 odrekel in sprejel Clausiusovo kinetično pojmovanje toplote brez kakšnega posebnega modela atoma.¹⁴ Podobno mnenje je 9. 7. 1873 zastopal Šubičev prijatelj Sekulić in obenem ostro kritiziral koncept etra, pri čemer se

je skliceval na Šubičev tekst iz leta 1862.¹⁵ Šubičev odnos do Dynamide je bil nejasen. V nasprotju s Sekulićem je obstoj etra zagovarjal še v drugih znanstvenih delih.¹⁶ K atomistični teoriji je spadal še Šubičev opis kapilarnosti s pomočjo sil kohezije med molekulami, ki silijo kapljico v obliko krogle.¹⁷

Plini

V Šubičevem plinu ni bilo kohezijske sile, ki naj bi delovala samo v trdnih snoveh in kapljevinah. V plinih delujejo le odbojne sile med delci, ki si prizadevajo k povečanju prostornine.¹⁸ S tem se je približal Krönigovi (1864) kritiki svojega lastnega dela. Za pline velja Avogadrova hipoteza in Clausiusova trditev o dvoatomnosti enostavnih plinov.¹⁹ Izjema je ozon, ki ga je imel Šubic za kisikovo molekulo s tremi atomi.

V plinih velja Daltonov izrek o delnih tlakih kot poseben primer Mariottovega zakona.²⁰ Vrelišče po Daltonovem izreku je le spodnja meja za dejanska vrelišča, ki jih določajo Dufoureyjevi poskusi.²¹

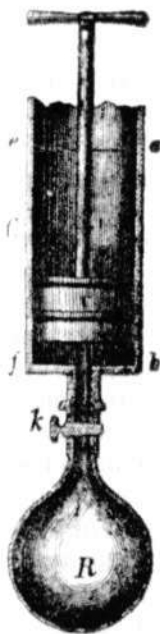
Kinetična teorija plinov ni imela večje vloge v Šubičevem učbeniku. Ni se mu še zdela dovolj podprta s poskusi, čeprav je imel toploto za gibanje najmanjših delcev snovi.²²

Boyle-Mariottov zakon je odpovedal pri visokih tlakih 2000-4000 bar v poskusih Dunajčana Nattererja, Nemca Redtenbacherja in Francoza Regnaulta.²³ Kljub temu je Šubic verjel v permanentne pline, ki jih ni mogoče utekočiniti.²⁴ Poskusi Thomasa Andrewsa so že leta 1869 nakazovali, da pri dovolj visokem tlaku in nizki temperaturi lahko kondenziramo vsak plin. Podoben poskus se je posrečil s kisikom in dušikom leta 1877, tri leta po objavi Šubičevega učbenika. Zaradi tega in številnih drugih odkritij Šubičev učbenik v 20. stoletju ni bil več uporaben.

Magnetizem

Šubic je po mehaniki najprej obravnaval magnetizem. Med vsemi mu je posvetil najmanj prostora, samo 28 strani.²⁵ Kratka obravnavata magnetizma je bila v navadi v tedanjih in v sodobnih fizikalnih učnih knjigah, saj dinamične magnetne pojave povezujejo z elektriko po Oerstedovem odkritju iz leta 1819.

Šubic je imel še dodatno opravičilo za krajšanje poglavja o magnetizmu, saj je po Amperu imel najmanjše delce ali molekule magnetna za tuljave s sklenjenim električnim tokokrogom.²⁶ Takšna ideja se je tedaj zdela zelo verjetna brez pravih eksperimentalnih dokazov. Težave z opazovanjem molekularnih magnetilnih tokov je skušal Wilhelm Eduard Weber (1804-1891) pojasniti z njihovim vztrajnim tokom brez električnega upora in stalne elektromotorne sile,²⁷ podobno pol stoletja pozneje odkriti supraprevodnosti. Ti magnetilni tokovi so posebno agregatno stanje elektrike, ki ne vpliva na snov. Zato jih ne moremo neposredno zaznati, dokler pod



Šubičeva skica Guerickeve vakuum-ske črpalke iz leta 1650 (Šubic, 1874, 245 (fig. 121).

vplivom zunanje elektromagnetne sile ne preidejo v navadne električne tokove in spremenijo agregatno stanje telesa.²⁸

Ideja o dveh med seboj različnih agregatnih stanjih električnega toka, nezmožnih medsebojnega vpliva, je bila v nasprotju s Faradayevo idejo o temeljni enakosti vseh vrst elektrike. Faraday je domnevo razvil v povsem drugem boju proti razlikovanju med statično in dinamično (galvansko) elektriko in proti domnevnim posebnostim elektrike v živih bitjih. Zavračal je Amperove molekularne magnetilne tokove podobno kot Robida.²⁹

Šubic je leta 1863/64 za knjižnico dunajske realke v okraju Rossau nabavil leto dni staro Webrovo delo o enakosti toplotne energije in gibalne energije Amperovih molekulskih tokov, ki se izmikata neposrednemu opazovanju.³⁰

Šubic je imel elektriko in toploto za posledico gibanja molekul.³¹ Idejo je uporabil še pri obravnavi dvojic molekul v Molekulski teoriji (1862), ki spominja na Webrovo obravnavo agregatnega stanja sistema z dvema enakima delcema.³² V svojem komentarju Robidove atomike je Šubic citiral Webra kot enega glavnih bojevnikov proti breztežnim snovem.³³ Menil je, da se je Webru posrečilo dokazati obstoj Amperovih magnetilnih molekulskih tokov, zaradi katerih sta potem teorija in sam obstoj magnetnega fluida nevzdržna. Diamagnetizma ni mogoče razložiti z magnetnimi fluidi, temveč le s pomočjo Amperovih magnetilnih molekulskih tokov. Diamagnetizem je bil odločilni preizkus med obema nasprotujočima si teorijama, podobno kot so interferenčni poskusi razsodili za valovno teorijo svetlobe in proti svetlobnim delcem.³⁴

Šubic je citiral le Webrovo delo iz leta 1852,³⁵ kljub temu pa se je Webru močno približal v svoji molekulski teoriji elektrike in magnetizma (1862). Manj neposreden je bil Webrov vpliv na Šubičevo teorijo toplote, saj je Weber pisal o kinetični teoriji Clausiusa, Kröniga in Maxwella šele tri leta po koncu Šubičevih raziskav.³⁶

Nekateri fiziki so zagovarjali teorijo breztežnih magnetnih fluidov zaradi pojavov, ki jih je Šubic znal razložiti s severnim (pozitivnim) in južnim (negativnim) magnetizmom. Na podoben način je kritiziral tudi teorijo električnih breztežnih snovi v povezavi z Amperovim modelom.³⁷

Elektrika

Najgljblje teoretične misli je Šubic zapisal pri obravnavi molekulske teorije elektrike in magnetizma, ki je bila leta 1862 osnovni predmet njegovega znanstvenega raziskovanja. Zagovarjal je Amperovo teorijo o tuljavah, podobnih magnetnim molekulam, po katerih brez upora teče električni tok.³⁸ Različno usmerjene tokovne zanke povzročajo diamagnetizem in feromagnetizem.³⁹

Šubic je izpostavil Michaela Faradaya (1791-1867) kot odkritelja indukcije,⁴⁰ vendar ni omenil njegove ponazoritve elektromagnetnega polja s silnicami. Zaradi nizkega Faradayevega matematičnega znanja, so bili njegovi modeli primerni za uporabo v šolah. Vendar v celinski Evropi niso bili znani pred Maxwellovo priredbo, ki so jo podprli Helmholtz (1870-1874), Štefan (1874) in Boltzmann (1873). Tako kot mnogi drugi raziskovalci pred Maxwellom se tudi Šubic ni zavedal pomena Faradayevih raziskav o vplivu naelektritve na okoliški prostor. Zdelo se je, da tak prijem

ne daje prav nič drugačnih rezultatov kot stara Coulombova teorija, ki je vpliv okoliškega prostora zanemarila. Po drugi strani je Šubic pravilno razlagal Faradayjevo idejo o naelektritvi kot prerazporeditvi električnih nabojev. Zagovarjal je Cotesovo (1713) dogmo, po kateri so vmesni pojavi med dvema delujočima nabojema neizmerljivi in zato stvar metafizike. Čeravno Cotesovih idej Šubic ni več smel izrecno braniti, je vendarle razglasil delovanje na daljavo za obliko delovanja magnetne in električne sile.⁴¹

Poldrugo stoletje dolgo vprašanje o enovitem ali dvojnem električnem fluidu je Šubic odločno rešil. Zavrnil je teorijo o dveh vrstah elektrike Roberta Symmerja (u. 1763) iz leta 1759.⁴² Menil je, da takšna teorija ni v skladu z mehanskimi principi. Tako odločno stališče v vprašanju, ki je bilo sporno v tistem času, bi bilo nenavadno za šolski učbenik. Zato se Šubic v učbeniku ni izjasnil v prid unitarne teorije, ki jo je sicer zagovarjal v svoji kinetični teoriji.⁴³ Do srede 19. stoletja je prevladovala dualna teorija. Z uveljavljanjem kinetične teorije so se začeli dokazi kopičiti v prid unitarne teorije, dokler ni bilo konec 19. stoletja potrjeno odkritje elektrona kot nosilca električnih lastnosti snovi.

Šubičeva kritika dualne teorije je prav gotovo veljala tudi breztežnim fluidom sploh, saj je tudi v drugih razpravah menil, da takšen pojem ni združljiv z mehanično teorijo snovi. Takšna kritika je bila sprejeta z valovno teorijo svetlobe in toplote, ki se je uveljavila v letih 1831 do 1845. Nikakor pa ni veljala za elektriko, kjer pojem fluida ni dobil resne zamenjave vse do konca 19. stoletja, ko se je J. J. Thomsonu posrečilo izmeriti razmerje med maso in nabojem elektrona (1897), Lebedevu pa tlak svetlobe (1901). Težje je slediti odpravljanju breztežnega električnega fluida iz šolskega pouka. Baumgartnerjev (1839) in Robidov (1849) učbenik sta delila svoja poglavja na težnostne (mehanika) in druge snovi brez teže. V drugi polovici 19. stoletja so pojem breztežnih snovi opustili in ga nadomestili s pojmom fluida, ki sicer sodobnemu bralcu zveni prav tako nesprejemljivo. Le redki avtorji so si ga upali kritizirati⁴⁴ ali vsaj ignorirati. Še po Thomsonovem odkritju so kranjski srednješolci brali v svojih učbenikih, da elektrika ne more biti snov, saj s trenjem prav nič ne izgubi na teži.⁴⁵

Pojem električnega fluida je lahko izginil iz fizike šele, ko ga je nadomestil Faraday-Maxwellov pojem električnega polja. Do te zamenjave v srednješolskih učbenikih ni prišlo pred 20. stoletjem. Pri breztežnih fluidih so vztrajali pisci, ki so:

- 1) obravnavali vse mehanske pojave v enotni skupini, ne da bi jih mešali z opisi elektrike, magnetizma, svetlobe in toplote. Če je do mešanja prihajalo, je bil to zanesljiv znak, da avtor pojavov izven mehanike ni mogel povezovati z breztežnimi snovmi. Valovanje in akustiko so navadno ločevali od sicer enotnega poglavja mehanike. Začeli so ju povezovati z valovanjem svetlobe in toplote in so ju tako ločili od preostale mehanike. Takšno ločitev je izpeljal Koppe (1858) in za njim v glavnem vsi drugi učbeniki za višje razrede srednjih šol. Schabus, Pisko (1859) in Tušek (1835-1877) pa v učbenikih za nižje razrede tega niso storili. Kunzek (1853) je mehaniko še obravnaval v enem kosu, toda razcepljeno. Večji del toplote je obravnaval pred mehaniko, razen sevanja, povezanega z optiko. Ta Kunzkova zakasnitev potrjuje verjetno domnevo, da so Kunzkov in drugi učbeniki za nižjo stopnjo bolj zaostajali za razvojem fizikalnih pojmov od učbeni-

kov za višjo stopnjo. Seveda je ločitev posameznih poglavij mehanike zadostni, ne pa tudi potrební pogoj za opustitev breztežnih snovi. Do ločitve je prihajalo v glavnem zato, ker so optiko, ki je bila preko valovanja povezana z akustiko, začeli obravnavati za poglavji o elektriki in magnetizmu.

- 2) uporabljali poseben skupni naziv za poglavja o mehaniki. Takšen naziv kaže avtorjevo opredelitev za breztežne snovi ali pa za gibanje. Večina učbenikov takšne širše delitve ni poznala. Delitve fizikalnih pojavov na osnovi domnevnih breztežnih snovi so si radi privoščili v prvi polovici 19. stoletja. Potem so tri desetletja avtorji raje puščali poglavja zunaj mehanike brez skupnega naziva. V zadnjih desetletjih 19. stoletja pa se je skupni naziv za poglavja zunaj mehanike zopet uveljavil, to pot na molekulskih osnovah. Pri učbenikih za nižje gimnazije takšnih nazivov v zadnjih desetletjih 19. stoletja še ni bilo⁴⁶ zaradi določene zakašnitve v razvoju glede na višje gimnazije.

Glede na oba kriterija je Šubic (1874) opustil breztežne fluide. Vendar si še ni upal nastopiti z molekulskim gibanjem kot vzrokom elektrike, čeprav je v takšno idejo verjel že leta 1862.⁴⁷

Optika

Obravnava optike je bila leta 1874 že dovolj utečena po prevladi valovne teorije pol stoletja prej. Šubic o optiki ni pisal znanstvenih razprav razen ocen v Časopisu avstrijskih gimnazij. Ogledali si bomo tri probleme, ki jih je rešil na samosvoj način.⁴⁸

Eter je eksplicitno priznal kot zelo droban, breztežni, elastični medij, katerega nihanje povzroča svetlobne pojave.⁴⁹ Čeravno je te besede zapisal zgolj hipotetično v sklopu valovne teorije svetlobe, ni omenil njihove nezdružljivosti z mehanskimi principi, ki jo je med drugim očital Symmerjevi teoriji.⁵⁰ Dajanje kakršne koli nove vloge breztežnim fluidom je imel dvanajst let prej za razdiralno dejavnost, saj je še posebej opozarjal na nevarnost uvrščanja samega etra med breztežne fluide.⁵¹ Podobno je pisal tudi Robida, ki se je v komentarju Šubičeve knjige iz leta 1862 veselil njegovega "zavračanja" od materije različnih etrov.⁵² Nobeden od njiju ni šel tako daleč kot Sekulić, ki je eter sploh razglasil za "izmišljeno sredstvo, ... s katerim naravoslovci beže z dežja na kap". Pri tem se je vsaj deloma skliceval na samega Šubica.⁵³

Šubičovo stališče do etra je bilo pozneje bolj strpno. Vendar je menil, da obravnavanje svetlobe kot nihanja etra še vedno ne more opravičiti enačenja svetlobe z etrom.⁵⁴

Učbenik seveda ne prinaša idej na enak način kot znanstvena razprava. Očitno se je Šubičovo mnenje o etru v letih 1864 do 1867 spremenilo. Tudi za trditve o breztežnosti etra je lahko našel mnogo opore, saj so bili med zagovorniki etra poglavitni raziskovalci kinetične teorije Clausius, Maxwell in Boltzmann. Tako je Šubic lahko samo dvanajst let po svojih ostrih kritikah etra zapisal: "Kar po truplih prostora ni napolnjenega z materijo, ga napolnjuje večji del eter, neka hipotetična neskončna tanka prvina, katera je elastične nature pa nima v primeri k znanim truplom nobene teže. Eter obdaja atome in molekule po truplih kakor obdaja ozračje našo zemljo. Eter pa je tudi razprostrten po vsem neskončnem nebeškem prostoru, ter donaša

nam s svojim vibrajočim gibanjem svetlobo in gorkoto od sonca in od zvezd na nebu".⁵⁵ Podobne opise etra zasledimo tudi v 2. in 3. izdaji Šubičevega učbenika.⁵⁶ V prvi izdaji učbenika iz leta 1861 je Šubic eter uporabil le pri opisu svetlobnega valovanja.⁵⁷

Šubic je mislil, da svetloba povzroča obenem longitudinalna in transverzalna nihanja v etru, vendar oko zaznava kot svetlobo le transverzalno komponento nihanja. Ideja ni bila nova. O njej sta 30. 8. 1816 razmišljala že Ampere in Fresnel, 13. 1. 1817 pa je T. Young pisal Aragu, da bi bilo mogoče polarizacijo pojasniti s transverzalnimi valovi svetlobe, povezanimi z longitudinalnimi. Za prenos transverzalnih vibracij bi potrebovali eter z nemogočimi mehanskimi lastnostmi. Zato je od nadaljnega razvoja Fresnelove teorije odstopil eden od njenih začetnikov, Dominique François Jean Arago (1786-1853). Julija 1818 je v razpravi o odboju svetlobe Augustin Jean Fresnel (1788-1827) prvič objavil idejo o transverzalnih svetlobnih valovih, medtem ko je longitudinalno komponento kar opustil.⁵⁸

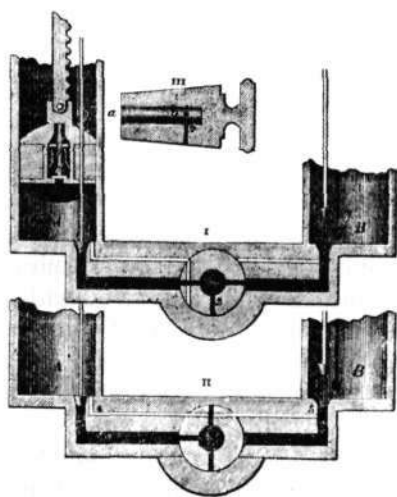
Šubic in Robida sta longitudinalno komponento valovanja uporabljala v svojih teorijah. Robida jo je imel celo za merljivo. Teorija o dvojni naravi svetlobe je bila priljubljena med nemško pišočimi raziskovalci pod vplivom Helmholtzevega dela iz leta 1870.⁵⁹

Šubic je privzel mnogo enostavnejši model za širjenje svetlobne motnje v snovi kot Robida. Po Šubicu se svetloba v elastičnem mediju širi v obliki krogle, katere polmer je valovna dolžina.⁶⁰ Na meji medija se premo širjenje svetlobe neha, saj se okrogla oblika motnje popači.

Termodinamika

Šubic je z zadržki zavračal obstoj električne breztežne snovi. V optiki in termodinamiki je takšno snov odločno odklanjal.⁶¹ Vendar to bržkone še ne pomeni, da se je Šubic kot prvi "od etera v svojih razpravah emancipirao".⁶² Sekulić ni videl pomembne razlike med etrom, ki je izšel iz Fresnelove valovne teorije, in drugimi breztežnimi snovmi iz 18. stoletja in zgodnjih desetletij 19. stoletja, kot je bil kalorik. Šubicu je sprva zavračal breztežnost etra kot preživelu teorijo.⁶³ Vendar je pozneje priznal obstoj breztežnega etra za prenos svetlobnega in toplotnega valovanja.⁶⁴ S tem je zanimal Sekulićeve trditve. Med oddajo Sekulićeve razprave 9. 7. 1873 in oddajo Šubičeve razprave 26. 3. 1874 za tisk v istem časopisu Rad je poteklo le pol leta. Glede na nasprotujoče si trditve obeh avtorjev domnevamo, da v tem času nista več bila v tesnejših znanstvenih stikih, čeravno je Sekulić svojega nekdanjega sodelavca iz Pešte, Šubica, imenoval "prijatelja".

Šubic je bil leta 1862 eden zapoznelih predstavnikov valovne teorije toplote, čeravno v njegovi molekularni teoriji ni imela tako osrednje vloge kot pri Robidi (1860). Valovna teorija toplote je prevladovala v letih 1831 do 1845. Leta 1874 se je Šubic v Radu že pridružil kinetični teoriji toplote, vendar se v učbeniku istega leta ni opredelil med obema teorijama. Večina učbenikov 19. stoletja je sprejela dvojno naravo toplote, ki se ob sevanju kaže kot valovanje, v preostalih oblikah pa ima kinetične lastnosti.⁶⁵ Takšno dvojnost je sprejel Wallentin (1897), in še posebej Münch (1882), ki je toploto eksplicitno pripisal tako vibracijskemu gibanju čutne in telesne



Šubičeva skica vakuumske črpalke z Babinetovim ventilom (Šubic, 1874, 247 (fig. 122).

vsem je razlagal pomen posameznih termodinamičnih količin in našteval ustrezne lastnosti snovi.

Iz Šubičeve obravnave je mogoče sklepati, da je bila prav termodinamika med panogami fizike tiste dobe najmlajša in najmanj dodelana, čeravno je prav v začetku druge polovice 18. stoletja mehanična teorija toplote pod peresom Rudolfa Clausiusa (1822-1888) in Williama Thomsona (1824-1907) doživela kratkotrajno obdobje rasti. V Šubičevem času je kinetična teorija plinov dosegla pomembne uspehe.

Šubic je vedel, da sta si toplotno sevanje in svetloba enaki, saj so poskusi s toplotnim (infrardečim) valovanjem to nedvomno dokazali na začetku 19. stoletja. Ni zapisal, da bi imele podobne lastnosti tudi vse druge oblike tistega, kar danes poznamo pod imenom elektromagnetna valovanja. Robida se je tega zavedal že poldrugo desetletje prej. Pri tem je napačno menil, da električno nihanje glede na frekvenco in valovno dolžino spada ob ultravijolični konec svetlobnega spektra.⁶⁹

Za srednješolsko stopnjo si je Šubic predstavljal toploto predvsem kot vzrok za odbojno silo med molekulami, ki izvira iz njihovega gibanja in energije.⁷⁰ Ta sila s segrevanjem narašča in ustrezno spreminja tudi agregatna stanja teles. Teh svojih idej iz leta 1862 Šubic ni podrobneje razvil v učbeniku. Bile so pretežke za to stopnjo ali premalo splošno priznane.

Šubic v učbeniku ni prav nič zapisal o kinetični teoriji plinov, ki je odbojnost med molekulami in sam pojem temperature povezala z gibanjem molekul. To teorijo je Šubic opisal že v Izvestjih dunajske realke Rossau leta 1864. Kinetična teorija plinov se mu je zdela sprejemljiva tudi v Radu deset let pozneje. Vendar je bila takšna teorija za srednješolsko stopnjo mnogo prezapletena. Po Šubičevem mnenju je bila prav enostavnost razlage termodinamike s pomočjo "toplotne tvarine vzrok, da

toplote kot vibracijam etra pri toplotnem žarčenju. Po njegovem mnenju je valovna teorija toplote prav takšna zmagovalka nad starejšimi domnevami kot valovna teorija svetlobe.⁶⁶ Tako se je valovna teorija toplote v učbenikih obdržala mnogo dlje kot med aktivnimi raziskovalci.

Ker je bila teorija toplote osnovno področje Šubičevega raziskovalnega dela od 1864 do 1874, se velja posebej ustaviti ob desetem poglavju tretje izdaje učbenika iz leta 1874, ki obravnava termodinamiko. Poglavje o termodinamiki je razdelil na devetnajst podpoglavij,⁶⁷ med katerimi jih večina (8-18) obravnava termodinamične lastnosti teles. Med vsemi poglavji učbenika je takoj za magnetizmom prav poglavje o termodinamiki najkrajše. V njem je uporabil najmanj matematike, le nekaj računov pri obravnavi segrevanja in toplotnega ekvivalenta dela.⁶⁸ Pred-

ta stari nauk nahajamo še po vseh navadnih fizikah, po kateri se uči po gimnazijah in po realkah. Nova teorija toplote se dozdej ne more učiti brez više matematike, ter se uči do zdaj samo na visokih šolah kakor na univerzijah in na tehnikah.”

Te besede je Šubic povedal na seji matematično-prirodoslovnega razreda akademije v Zagrebu 27. 6. 1871. Lepo kažejo, kako malo so se sodobniki zavedali odločnih nasprotij med obema teorijama.⁷¹ Nič posebno napačnega se jim ni zdelo, če so srednješolsko mladino poučevali po teoriji, ki je s sodobnega, pa tudi tedanjega stališča očitno zgrešena. Problem idejne napačnosti teorije je odtehtalo dejstvo, da je bilo z njeno pomočjo mogoče dijakom prikazane poskuse med poukom pojasniti brez njim nerazumljivih matematičnih zapletov. Matematična zapletenost nove mehanike teorije v primerjavi s snovno teorijo toplote je izvirala bržkone zgolj iz njene novosti, zaradi katere še niso utegnili razviti poenostavitve za srednješolsko mladino. Očitno je šola utemeljevala svoj pouk fizike mnogo bolj na poskusih kot na pravilnosti teorije.

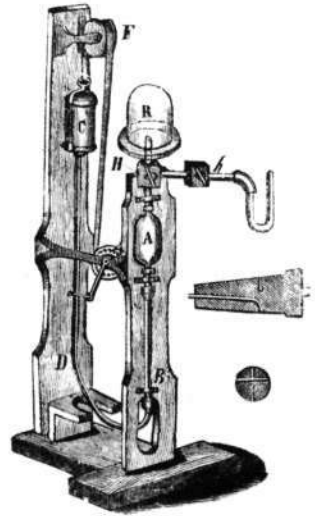
Šubic je naštel štiri vire toplote: trenje, sonce, zemljo in življenjske procese. Mednje je prišteval tudi zemeljsko notranjost. Zanj je v skladu z mnenjem tedanjih in sodobnih geologov menil, da je vroča in staljena. V podporo svojemu prepričanju Šubic ni navajal nikakršne kozmološke teorije, razen same oblike Zemlje.⁷²

Šubic je v učbeniku objavil tudi več tabel fizikalnih konstant. Posebno podrobno je obravnaval specifične toplote snovi,⁷³ ki so bile že celo desetletje predmet njegovega znanstvenega raziskovanja.

Tako za učbenik kot za poznejše Šubičeve spise je značilno nekorektno zapisovanje enot fizikalnih količin. Rezultati so pogosto podani z absolutnimi številkami brez enot, kar moti sodobnega bralca. Velikana fizikalne teorije Fourier (1822) in Maxwell (1873) sta imela primerjavo med fizikalnimi enotami v končni enačbi za pomemben preizkus pravilnosti računa, Šubic pa ne.

Kritike učbenika

Kot vsi pomembnejši avstrijski učbeniki, je bil tudi Šubičev deležen recenzije v Časopisu avstrijskih gimnazij. Recenzent je bil dunajski gimnazijski profesor dr. Pick (1824-1894) iz Triescha na Moravskem. Napisal je fizikalni učbenik, ki ga je gimnazija v Ljubljani nabavila leta 1864. Od leta 1870 do upokojitve 1881 je bil Pick direktor višje gimnazije v Salzburgu. Kritika je bila dokaj ugodna, še posebno za drugo in tretje poglavje o mehaniki. Tu je Pick opazil tudi pomanjkljivosti, saj je menil, da je treba pri razlagi ravnovesja vpeljati princip virtualnih premikov. Podobno je



Šubičeva skica vakuumske črpalke, ki jo je sestavil Heinrich Geissler (1814-1879) v Bonnu leta 1855 (Šubic, 1874, 250 (fig. 124).

Šubicu očital tudi major saškega topništva dr. Gustav Emil Kahl.⁷⁴ Kahl je bil tri leta mlajši od Šubica, poučeval pa je fiziko in kemijo na vojni šoli v Dresdenu. Šubic je kritiki upošteval in je princip navideznih premikov v resnici vpeljal v drugo madžarsko in nemško izdajo svojega učbenika.⁷⁵

Pick je pohvalil tudi medsebojne zveze med Šubičevimi obravnavami različnih vrst valov v poglavjih o akustiki, optiki, elektriki in drugje. Posebno posrečene so se Picku zdele samosvoje naloge in primeri, zbrani na koncu učbenika. Pohvalil je tudi lepoto in nizko ceno učbenika.⁷⁶

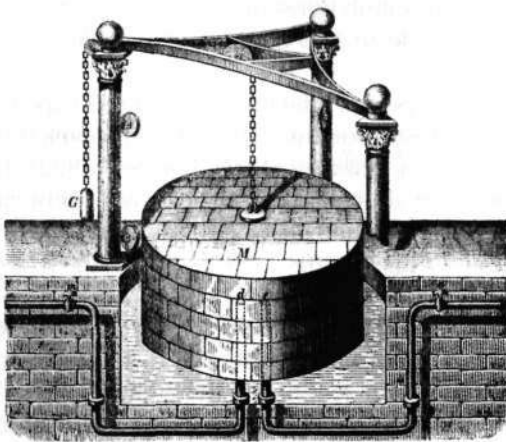
Osnovni problem Šubičevega učbenika je Pick videl v tem, da je namenjen obecnem gimnazijam in realkam. Učni program za pouk fizike v obeh vrstah šol nikakor ni bil enak. V zadnjem semestru šestega razreda realk so imeli kemijo za poseben predmet. Pri fiziki so zato na kratko obravnavali posebne kemijske pojme le v prvem razredu nižje realke.⁷⁷ Na gimnazijah so v 60-ih letih kemijo obravnavali pri prvih urah pouka fizike v višjih razredih, ki se je začel v sedmem letniku. Do srede 50-ih in v 70-ih letih so obravnavali kemijo tudi na samem začetku pouka fizike v tretjem letniku gimnazij v Ljubljani in Celovcu, podobno kot v realkah. Gimnazijec je torej pri pouku fizike v 60-ih letih slišal dvakrat toliko kemije pri pouku fizike kot njegov vrstnik na realki. Seveda pa so na realki kemijo poslušali tudi v okviru samostojnega predmeta.

Obravnava kemije je v 3. izdaji Šubičevega učbenika obsegala 64 od skupno 720 strani.⁷⁸ V prvih izdajah je bil delež kemije še manjši in primeren predvsem za pouk na realkah. Tam učni načrt za fiziko sploh ni predvideval poučevanja kemije v višjih letnikih, razen morda v okviru "splošnih lastnosti teles in sil v snovi". Zato je Pick Šubičevo obravnavo kemije v prvi izdaji učbenika s stališča gimnazij imenoval "revno in mačehovsko". Šubic je skušal poglavja o kemiji in meteorologiji v drugi izdaji leta 1874 dodelati, da bi ustregel Pickovim kritikam in zahtevam gimnazijskega

učnega načrta. Vendar se na srednješolski stopnji ni mogel lotiti simbolične in teoretične plati kemije.⁷⁹ Šubic si nikoli ni pridobil večjih izkušenj na gimnaziji, saj je poučeval le na državni gimnaziji v Budi leta 1856/57 kot suplent začetnik.

Pick je menil, da so nekatere Šubičeve obravnave preobširne in preveč podrobne, tako da bi jih kazalo objaviti v posebnem tisku kot neobvezno branje oziroma opombe. Tudi tej zahtevi je Šubic ustregel v tretji izdaji leta 1874.

Osnovni problem pisanja učbenika za višje gimnazije so Pick in drugi videli v nelogični delitvi fizi-



Šubičeva skica tovarniškega zbiralnika plina za razsvetljavo (Šubic, 1874, 261 (fig. 130).

ke na višji in nižji tečaj, ki je razpolavljal posamezna poglavja.⁸⁰ Picku se je tožilo po predmarcu, ko fizike ni bilo v šestletnih gimnazijah monarhije. Predavali so jo le v enem letniku liceja. Zveznost pouka fizike se je obdržala prvo leto obstoja novih osemrazrednih gimnazij leta 1849/50, ko so fiziko poučevali le v zadnjem, osmem letniku po sedem ur tedensko. Naslednje leto se je v učnih načrtih pojavil razcep na višjo in nižjo gimnazijsko fiziko, ki se je v Sloveniji ohranil do danes.

Panoge fizike so v tedanjih učbenikih ostajale vseskozi enake. V drugi polovici 19. stoletja se je od akustike osamosvojilo poglavje o valovanju,⁸¹ v sodobnih učbenikih pa se mu je pridružilo še nihanje. Danes opis kapljev in plinov združujemo v enotno poglavje. Skupaj obravnavamo še elektriko in magnetizem. Učbeniki 19. stoletja so imeli podobna zaključna mejna poglavja, razen Ettinghausena 1853 in Koppeja 1858. Sprva je šlo za astronomijo, fizikalno geografijo in meteorologijo. Šubic je opustil fizikalno geografijo leta 1874, Münch pa 1882. Handl (1894) in Wallentin (1897) sta opustila tudi meteorologijo, h končnim poglavjem pa sta uvrstila kemijo.

Osnovna razdelitev na mehaniko (snovi s težo, ponderabli), snovi brez teže (imponderabli) in končna poglavja je vseskozi prevladovala. Po Koppeju (1858) akustika ni bila več poglavje mehanike, saj jo je povezal z optiko. Pozneje sta se od akustike osamosvojila valovanje in nihanje. V tej delitvi je izjema teorija molekul z obravnavo toplote in kemije, ki ponekod⁸² zaide med obravnavo mehanike v zvezi s problemi lastnosti snovi, faznimi prehodi in plinskimi zakoni.

Posebnosti učbenika

Vrstni red panog fizike je bil pri Šubicu (1874) enak kot pri Koppeju (1858), le kemijo je Šubic obravnaval pred mehaniko. Razmerje med mehaniko in "snovmi brez teže" je bilo pri Šubicu izjemoma povsem izenačeno. V tem se je močno razlikoval od Koppeja.

V primerjavi z drugimi avtorji je Šubic (1874) posvetil manjši delež učbenika elektromagnetizmu in optiki. Zelo na kratko je obdelal elektrostatiko, ki je skoraj trikrat krajša od povprečja med sodobniki. Zaradi tega imata tudi celotni poglavji o elektriki in magnetizmu za četrtno manjši delež od povprečja. Obravnavo optike je Šubic skrajšal za več kot petino glede na povprečje v 19. stoletju. S tem se je močno približal deležu optike v sodobnih učnih knjigah Kuščer-Moljka (1977) in Kladnika (1983). Pri obravnavi termodinamike Šubic ni bil bistveno krajši od sodobnikov, medtem ko za sodobnimi učbeniki nekoliko zaostaja.

Šubic je v učbeniku (1874) močno povečal delež mehanike. Zato so pri njem razmerja med posameznimi panogami mnogo bližja Kuščer-Moljku (1977) in Kladniku (1983) kot pri drugih sodobnikih. Takšno razmerje nekoliko preseneča, saj vemo, da je Šubic o mehaniki objavil le nekaj zgodnjih razprav (1860, 1862, 1869). Pomembno razpravo je posvetil tudi mehaniki plinov (1866). Zgodnje raziskovalno delo je posvetil še elektriki in magnetizmu (1862). V času tretje izdaje učbenika (1874) je raziskoval predvsem teorijo toplote, o kateri je pisal v glavnem v letih 1863-1864 in 1872-1874. Med obravnavanimi pisci učbenikov ji je posvetil skoraj največji delež, ki kar za tretjino presega povprečje v 19. stoletju.

Zaključek

Šubičev učbenik je bil med najpomembnejšimi v monarhiji. Ob stoletnici avtorjeve smrti smo predvsem lahko ponosni, da je imel svojo ožjo domovino vedno v mislih. Čeprav je že štirinajstleten zapustil Poljansko dolino, se je med počitnicami redno vračal vanjo. Predvsem se je domačije spominjal s črticami, ki jih je rad vgrajeval v svoje poljudnoznanstvene spise:

“Bilo je v Brodéh pred mojo rojstveno hišo, ko smo nekega poletnega večera po mlačvi stopili s poda na travnik; solnce je ravno zahajalo, in na podsončni strani naše doline se ni še mračilo. Med podom in hišo je stala visoka, stara košata presédovka, po deblu vsa ota. V nje otlini je bivalo marsikaj živalij, o veliki vročini gadje, kadar pa so hruške dozorevale, sršeni in polhi; mišij, osa in njih satja je bilo tudi vedno dosti v nje duplu. Ko stopiva z očetom po mlačvi s poda, prikaže se nama nasproti čez sapotniški vrh goreča metla, frčeča tikoma nad gozdi proti dolini, v otoci čez dolino in naravnost proti naši hiši. Kar završi po vrhu presédovke, in ognjene iskre se razpraše po vejah. “Bog in sveti križ božji!” vzkliknejo oče in se prekrižajo, jaz pa strmim zamaknjen za ognjeno metló. Letela je od nas prav nad drevjem v hrib proti Stanišam. Ko izgine, vprašam očeta, ali ne bode pod gorel, ker se je toliko ognjenih isker vsulo po slamnati strehi. “Eh, kaj bi gorel, blagoslov božji ne požiga,” dogovoré mi oče in dostavijo: “Gotovo gré svetnik k drugemu v vás; morda gré Mati božja z jezera k óni na Dóbrovo pri Polhovem Gradci. Srečen, kdor vidi kaj takega, saj se mu ne posreči drugič v vsem življenji!”⁸³

SUMMARY

The centenary of Simon Šubic's death is the right opportunity to discuss his work. One of his most important contributions was his physics textbook which went through several reprints. The prices of Šubic's textbooks were compared with the value of bread and meat of his time. The length and content of the paragraphs of textbook was collated with other textbooks of Šubic's and modern times. The changes in the sequence of particular paragraphs were considered in its historical context. The acceptance of the new ideas in physics was found delayed in textbooks. The official critics of Šubic's textbook were analyzed and their effect on later Šubic's editions was checked. The Šubic's memories and description of the nature in homeland of Poljanska dolina was reprinted to prove that his scientific and pedagogical work was firmly based on his adolescence home experiences.

LITERATURA

- Baumgartner, Andreas. 1839. *Die Naturlehre*. 6. izdaja, Wien.
 Ettinghausen, Andreas von. 1853. *Anfangsgründe der Physik*. Wien: Gerold.
 Handl, Alois. 1894. *Lehrbuch der Physik*. Wien.
 Kahl, Gustav Emil. 1862. *Lehrbuch der Physik*. Von Subic. *Lit. Z. Mat. Phys.* 7: 21-22.
 Kladnik, Rudi. 1983. *Fizika*. Ljubljana: DZS.
 Koppe, Karl. 1858. *Anfangsgründe der Physik*. Essen: Bädeker.
 Krönig, August Karl. 1864. Ueber die Concentration der Luftartigen. *Ann. Phys.* 123: 299-309.

- Kunzek, August. 1853. *Lehrbuch der Experimental-Physik*. Wien: Braumüller.
- Kuščer, Ivan, Moljk, Anton. 1977. *Fizika*. Ljubljana: DZS.
- Lavtar Luka. 1873. Vse prikazni v naravi so nasledek ene same priproste tvari. *Letopis SM*, 71-88.
- Melik, Vasilij. 1981. Ljubljanske cene kruha in mesa v predmarčni dobi. *Kronika*, 29: 27-33.
- Münch, Peter. 1882. *Lehrbuch der Physik*. Freiburg: Herbersch.
- Pick, Hermann. 1861. Lehrbuch der Physik von Šubic. *Z. öst. Gym.*, 12: 496-498.
- Pick, Hermann. 1863. *Vorschule der Physik*. Wien: Gerold, 2: 1873.
- Pisko, Franz Joseph. 1859. *Lehrbuch der Physik*. Brünn: Winiker.
- Pisko, Franz Joseph. 1873. *Lehrbuch der Physik*. Wien.
- Robida, Karl. 1857. Vibrations-Theorie der Elektrizität. *Izvestja gim. Celovec*, 1-37.
- Robida, Karl. 1860. *Grundzüge einer naturgemässen Atomistik*. Klagenfurt: Leon.
- Robida, Karl. 1861. Erklärung der Lichterscheinungen. *Izvestja gim. Celovec*, 1-39.
- Schabus, Jakob. 1859. *Leitschaftliche Anfassungrunde der Naturlehre*. Wien.
- Sekulić, Martin. 1874. Fizika atoma i molekula, *Rad*, 26: 109-152.
- Senekovič, Andrej. 1892. *Osnovni nauki iz fizike in kemije*. Ljubljana: Kleinmayr.
- Šubic, Ivan. 1903. Prof. dr. Simon Šubic. *LZ*, 744-748.
- Šubic, Simon. 1862. K. Robida, Erklärung der Lichterscheinungen. *Z. öst. Gym.*, 13: 320-322.
- Šubic, Simon. 1862. *Grundzüge einer Molekular-Physik*. Wien: Braumüller.
- Šubic, Simon. 1864. Th. Gerding, Schule der Physik. *Z. öst. Gym.*, 15: 526-529.
- Šubic, Simon. 1866. *Die neuesten Untersuchung über die Ursache der Dampfkessel-Explosionen*. Graz.
- Šubic, Simon. 1874. *Lehrbuch der Physik für Ober-Gymnasium und Ober-Realschulen*. 3. izdaja, Buda-Pest.
- Šubic, Simon. 1892. Nebeški in podzemski ogenj. *LZ*, 208-215, 273-278, 339-345, 467-471, 530-534.
- Tušek, Ivan. 1869. *Knjiga prirode. Fizika*. Ljubljana.
- Wallentin, Ignaz G. 1897. *Lehrbuch der Physik*. Wien: Pichler.
- Weber, Wilhelm Eduard. 1862. *Zur Galvanometrie*. Göttingen: Akademie.
- Weber, Wilhelm Eduard. 1852, 1871, 1878. *Elektrodynamische Maassbestimmungen*. Leipzig: Hirzel.

OPOMBE

- ¹ Učbeniki za višje razrede (v) in nižje razrede (n). Strani uvodov so zapisane z rimskimi številkami.
- ² I. Šubic, 1903, 745.
- ³ Izvestja Ljubljana 1875, 46.
- ⁴ I. Šubic, 1903, 745; Pick, 1861, 498; Melik, 1981, 31. Račun velja za konvencijski goldinar (CW) enakovreden poznejšemu goldinarju avstrijske veljave (öw).
- ⁵ Šubic, 1874, 32-96.
- ⁶ Šubic, 1874, 5.
- ⁷ Šubic, 1874, 486, 360.
- ⁸ Šubic, 1874, 34; Münch, 1882, 374; Handl, 1894, 338.
- ⁹ Šubic, 1874, 3, 9.
- ¹⁰ Šubic, 1874, 25.

- ¹¹ Šubic, 1874, 304, 325.
¹² Šubic, 1874, 26.
¹³ Šubic, 1874, 26, 460, 524, 540-541.
¹⁴ Šubic, 1872, 20.
¹⁵ Sekulić, 1874, 110-111.
¹⁶ Šubic, Rad, 1874, 1-2.
¹⁷ Šubic, 1874, 208-215, 27.
¹⁸ Šubic, 1874, 27.
¹⁹ Šubic, 1874, 35-36.
²⁰ Šubic, 1874, 263, 273.
²¹ Šubic, 1866 14-19; Šubic, 1874, 576.
²² Šubic, 1874, 94.
²³ Šubic, 1874, 236.
²⁴ Šubic, 1874, 27, 582.
²⁵ Šubic, 1874, 293-321.
²⁶ Šubic, 1874, 363.
²⁷ Weber, 1852, 543; Weber, 1871, 45.
²⁸ Weber, 1871, 41, 52.
²⁹ Robida, 1858, 29.
³⁰ Weber, 1871, 55, 53.
³¹ Šubic, Izvestja Pešta, 1860, in Rossau, 1862.
³² Weber, 1871, 29.
³³ Šubic, Zeit. 1862, 320.
³⁴ Weber, 1852, 260, 558-560; Šubic, 1862, 321.
³⁵ Šubic, Zeit. 1862.
³⁶ Weber, 1878, 676-678.
³⁷ Šubic, 1874, 318-319, 324, 363.
³⁸ Šubic, 1874, 363.
³⁹ Weber, 1852, 543, 560, 561.
⁴⁰ Šubic, 1874, 374.
⁴¹ Šubic, 1874, 304, 325.
⁴² Šubic, 1874, 323-324.
⁴³ Šubic, 1862, 57.
⁴⁴ Šubic, 1874, 324.
⁴⁵ Wallentin, 1897, 115.
⁴⁶ Senekovič, 1892, 99.
⁴⁷ Šubic, Zeit. 1862, 320; Šubic, Molekular. 1862.
⁴⁸ Šubic, 1874, 460-461.
⁴⁹ Šubic, 1874, 460.
⁵⁰ Šubic, 1874, 324.
⁵¹ Šubic, Zeit. 1862, 320, 321; Šubic, 1864, 528: Šubic, knjiga 1862.
⁵² Robida 1874?? 1864??, 110
⁵³ Sekulić, 1874, 110.
⁵⁴ Šubic, Zeit. 1864, 528.
⁵⁵ Šubic, Rad, 1874, 1-2.
⁵⁶ Šubic, 1874, 10, 26, 460, 524, 540-541.
⁵⁷ Šubic, 1861, 345.
⁵⁸ Maitte, 1981, 229, 234, 236.
⁵⁹ Šubic, 1874, 460; Robida, 1860, 23; Robida, 1861, 7-9.
⁶⁰ Robida, 1861, 7-9; Šubic, 1874, 461.
⁶¹ Šubic, Zeit. 1862, 321.
⁶² Sekulić, 1874, 111.
⁶³ Šubic, 1862, 230.
⁶⁴ Šubic, Rad 1874 1-2; Šubic, Lehrbuch, 1874, 26, 460, 524, 540, 541.
⁶⁵ Šubic, Lehrbuch, 1874, 556.

- ⁶⁶ Münch, 1882, 241.
⁶⁷ Šubic, 1874, 555-607.
⁶⁸ Šubic, 1874, 593 in dalje.
⁶⁹ Šubic, Lehrbuch, 1874, 559; Robida, 1857, 18.
⁷⁰ Šubic, 1874, 94, 568.
⁷¹ Šubic, 1872, 121.
⁷² Šubic, 1874, 597, 598
⁷³ Šubic, 1874, 579-577.
⁷⁴ Kahl, 1862, 21.
⁷⁵ Pick, 1861, 498; Šubic, 1874, 7.
⁷⁶ Pick, 1861, 497, 498.
⁷⁷ Izvestja Pešta 1859, 60; Izvestja Rossau, 1861, 64.
⁷⁸ Šubic, 1874, 32-96.
⁷⁹ Izvestja Pešta, 1859, 60; Pick, 1861, 498; Šubic, 1874, 7, 20.
⁸⁰ Pick, 1861, 498.
⁸¹ Šubic, 1874; Münch, 1882; Wallentin, 1897.
⁸² Ettinghausen, 1853; Wallentin, 1897; Kladnik, 1983.
⁸³ Šubic, 1892, 339-340.