

Poljanec Simon Šubic (1830–1903) je objavil prve znanstvene razprave iz fizike v slovenskem jeziku

POVZETEK

Šubic je bil eden izmed treh univerzitetnih profesorjev fizike slovenskega rodu v 19. stoletju. Opisali smo prve tri fizikalne znanstvene razprave v slovenskem jeziku, ki jih je prav on objavil v Zagrebu med leti 1869–1874, medtem ko so mu zadnji dve leta 1877 natisnili že prevedene v hrvaščino. Njegova raziskovanja v mehaniki, teoriji toplote in meteorologiji smo postavili v širši zgodovinski okvir. Ugotovili smo, da je snov za vse tri slovenske razprave črpal iz svojih predavanj o toploti in meteorologiji na univerzi v Gradcu. V prvi je z enostavno matematiko opisal delovanje hudournega vrtinca. V drugi je s sodobnejšimi matematičnimi prijemi povzel raziskovanja toplote v prvi polovici 19. stoletja. Najvišje smo ocenili znanstveno raven zadnje v Zagrebu objavljene slovenske fizikalne razprave: »Dinamična teorija o plinih«, ki je bila priredba dve leti starejših razprav, objavljenih v najpomembnejši nemški fizikalni reviji. Prikazali smo ideje, ki so Šubica zapeljale h kritiki idej Boltzmannova, ki mu je bil nadrejen kot predstojnik katedre na univerzi v Gradcu. Raziskali smo prednosti, zaradi katerih se je Boltzmannova teorija pozneje izkazala za pravilno. Nakazali smo tudi vzroke, ki so prekinili Šubičevo znanstveno delo v slovenskem jeziku, ki pozneje ni našlo posnemovalcev kar sedem dolgih desetletij.

Uvod

Med leti 1869–1874 je Poljanec Šubic objavil štiri slovenske razprave v Radu JAZU v Zagrebu. Tri med njimi imamo za prve fizikalne znanstvene razprave v slovenskem jeziku. Naslednje takšno delo je izšlo pri SAZU šele pod italijansko okupacijo leta 1942; torej sedem desetletij pozneje.¹ V Šubičevem času nikakor še ni bilo samoumevno, da je slovenski jezik primeren za pisanje znanstvenih razprav. 170. obletnica rojstva se zdi primeren trenutek za obuditev spomina na delo slovitega poljanskega rojaka, ki smo ga predstavili že v prejšnji številki Loških razgledov.

KAJ SO HUDOURNI VRTINCI (1869)

Šubic je začel svoje znanstveno delo z raziskovanjem mehanike, ki je bila leta 1861 tudi tema njegovega doktorata. Po sedemletnem premoru, med katerim je objavljial predvsem razprave o toploti in atomiki, se je z razpravo o hudournih vrtincih vrnil k mehaniki. Vendar je to pot obravnaval meteorološki problem. Razpravo je oddal na seji matematično-prirodoslovnega oddelka JAZU 29. julija 1868. Objavljena je bila v Radu leta 1869 kot prva slovenska znanstvena fizikalna razprava.²

Šubic je bil dopisni član JAZU. Hudourni vrtinci so bili njegova prva razprava v glasilu JAZU Rad, ki je začel izhajati leta 1867. Obenem so bili tudi prva objava v Radu, ki ni imela narodnega, temveč splošni značaj.³

Vsebina razprave

Šubic je obravnaval vrtinčne vetrove. Vendar je vremenoslovni del razprave obsegal le prvih 6,5 strani (159–165). 13,5 strani (165–179) pa je bilo posvečenih računanju moči vrtinca z uporabo elementarne matematike. Dve tretjini razprave sta imeli fizikalni značaj, zato delo lahko uvrstimo tako v mehaniko kot v meteorologijo.

Pozneje je Šubic zapisal, da hudournih vrtincev ni mogoče povsem pojasniti, in jih je le na kratko opisal. Leta 1900 je ponovno obravnaval vrtinčne vetrove, ki jih je imenoval smrke ali trobe.⁴ Ta 31 let poznejši zapis o vrtincih je bil mnogo krajši, vendarle pa obe obravnavi v nekaterih točkah sovpadata, npr. pri opisu hudournega vrtinca v domačih Brodeh v Poljanski dolini po očetovem pismu iz leta 1855.⁵ Razprava iz leta 1900 je bila mnogo bolj poljudna in ni vsebovala nobenih enačb, kar je ustrezalo konceptu SM.

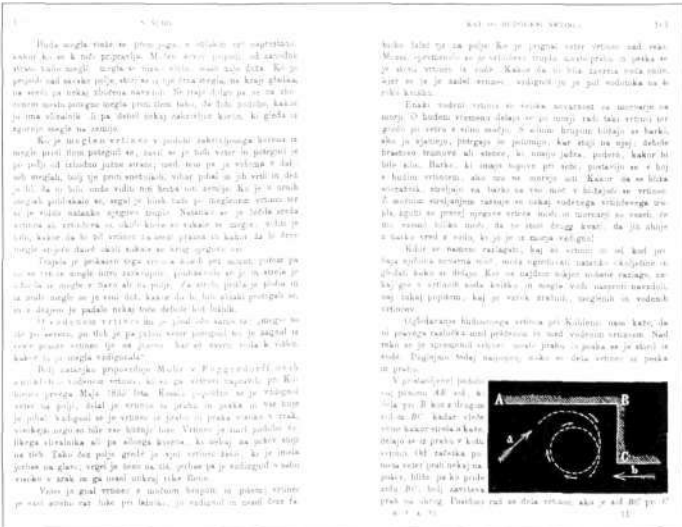
V znanstveni literaturi Šubičeve dobe ni manjkalo opisov hudournih vrtincev. Med drugimi je Mohr v Ann.Phys. opisal vodni vrtimec, ki je 1. maja 1835 nastal v bližini Koblenza. Ni pa še bilo ustrezne fizikalne razlage, zato jo je Šubic poskušal podati. V svojih razmišljanjih je bil povsem samostojen, saj je poleg Mohra omenil le še francoskega duhovnika Edmēja Mariotta (1620–1684), vendar samo kot avtorja plinskega zakona.⁶ Sicer v razpravi o hudournih vrtincih Šubic sploh ni objavil referenc, podobno kot ne v priredbi svojega doktorata.⁷

V Šubičevem času so objavili tudi več razprav o nastanku vetrov. W. Redfield je leta 1831 izdal razpravo o ciklonih kot rotiranih zračnih gmotah. Christopher Henrick Dederick Buys-Ballot (1817–1890) iz Utrechta je leta 1857 objavil splošna zakona o gibanju zraka (vetrov). Julius Hann (1839–1921), ki je pozneje med leti 1897–1900 skupaj s Šubicem predaval meteorologijo na univerzi v Gradcu, je leta 1864 na Dunaju pojasnil nastanek vetra fena.⁸

Šubic je razlikoval peščene, vodne in meglene vrtince. Vsi ti vrtinci delujejo na enak način in se razlikujejo le po vsebini. Nastanek peščenega in vodnega vrtinca je ponazoril z enostavnim modelom, v katerem nasprotno usmerjena vetrova delujeta kot dvojica sil z različnima prijemališčema. Obstojnost tako nastalega vrtinca opredeljujeta dva fizikalna pojava:⁹

– Čim hitreje piha veter, tem hitreje se vrti obod vrtinca.

– Prašna vsebina vrtinca se zaradi sredobežne sile giblje proti obodu, zato znotraj vrtinca nastaja vakuum in srka vase snov, ki se pod višjim tlakom nahaja zunaj vrtinca oziroma pod njim.



Skica nastanka vrtinca iz razprave Kaj so hudourni vrtinci (Rad 6 1869, str. 161)

Kinetično energijo je Šubic po tedanji navadi imenoval »živa moč« in jo je že pisal v sodobni obliki. Upošteval je, da lahko popoln vakuum v notranjosti vrtinca dvigne vodo le do višine 10 m,¹⁰ kar so raziskovalci vodne brizgalne vedeli že pred časom Galileja Galileia (1564–1642).

V nadaljevanju je Šubic izračunal, za koliko se mora znižati tlak v vrtincu, da lahko v njem nastane vakuum. Do rezultata je prišel v dveh stopnjah. V prvem približno je upošteval le vrtenje oboda vrtinca in je tlak izračunal po Boyle-Mariottovem zakonu in po hidrodinamični enačbi Daniela Bernoullija (1700–1782), objavljeni leta 1738.¹¹

Nato je Šubic upošteval še vrtenje notranjosti vrtinca, ki s sredobežno silo omogoča nastanek vakuuma v notranjosti vrtinca. Najprej je izračunal silo, s katero vrtinec vleče vase snov iz okolja zaradi nastalega podtlaka v svoji notranjosti. Vrtinec lahko srka snov le, če v njegovi notranjosti zaradi sredobežne sile nastane podtlak. Zapisal je, da v vrtincu nastane vakuum le, če je v njem tlak skoraj trikrat manjši od zunanjega tlaka. Določil je še mejno hitrost vrtenja vrtinca, ki zadostuje za tvorbo vakuuma. Dobil je nekaj več od hitrosti zvoka.¹² Vendar ni posebej pojasnil primerov nekaterih meglenih vrtincev, ki so dosegali tudi do 2,5 krat večje hitrosti vrtenja.¹³

Ugotovil je, da sila hudournega vrtinca zadostuje za dvig 24.000 ton vode. Ker se voda v vrtincu z vakuumom v središču ne more vzdigniti nad 10 m visoko ima vrtinec obliko valja s polmerom osnovne ploskve 27,3 m.¹⁴

V Šubičevih računih je bilo tudi nekaj netočnosti, zaradi katerih je dobil previsoko energijo in maso hudournega vrtinca.¹⁵

Šubičevo delo na univerzi med pisanjem prve znanstvene fizikalne razprave v slovenskem jeziku

Med pisanjem razprave o hudournih vrtincih je Šubic kot privatni docent nadomeščal prvega profesorja fizike na Graški univerzi, Karla Hummla (1801–1879) z Moravskega. Humml je med leti 1835 in 1850 poučeval osnove matematike

v prvem letniku liceja v Ljubljani, 31. maja 1867 pa se je upokojil v Gradcu. Ker je 11. marca 1867 Graško univerzo zapustil tudi redni profesor fizike, moravski Nemec Ernst Mach (1838–1916),¹⁶ je Šubic pravzaprav kar sam vodil vsa fizikalna predavanja na Univerzi v Gradcu, dokler ni bil avgusta 1868 za profesorja eksperimentalne fizike imenovan Nemec August Toepler (1836–1912) s politehnike v Rigi, septembra 1869 pa za profesorja matematične fizike Boltzmann z Dunaja.

Po Machovem odhodu je Šubic svoja predavanja o teoriji toplote dopolnil še s predavanji o višji mehaniki ter o analitični mehaniki kapljev in plinov, ki so bila neposredno povezana s snovjo, obravnavano v razpravi o hudournih vrtincih. Prevzel je tudi Machova predavanja iz fizike za slušatelje medicinske fakultete. V zimskem semestru 1867/68 je prevzel tudi Hummlova predavanja iz eksperimentalne fizike po 5 ur na teden. Prevelika obremenitev je škodovala Šubičevemu zdravju, gotovo pa je močno razširila njegova fizikalna obzorja.

Preobremenjenost in razočaranje, ker v Gradcu leta 1869 ni dobil redne profesure, sta morda povzročila, da je Šubic več časa posvetil raziskovanjem zunaj fizike. Tako so 18. maja 1870 na seji matematično-prirodoslovnega razreda JAZU prebrali in naslednje leto tudi objavili njegovo drugo razpravo, posvečeno bolj filozofiji narave kot fiziki.¹⁷

Fizikalni simboli, mere in enote v delih Simona Šubica

Šubic je uporabljal francoske enote z metrom in kilogramom. Vzporedno je zapisoval še ustrezne avstrijske enote, kot sta bila funt in čevelj, saj se konec šestdesetih let v habsburških deželah še ni dokončno uveljavljal francoski sistem.¹⁸

Enote fizikalnih količin je Šubic pogosto zapisoval nepremišljeno glede na sobodne zahteve. Tako je hitrost izražal v metrih, silo v kilogramih, delo pa v kilogram-metrih.¹⁹

Šubic v vseh svojih delih ni uporabljal enakih označb za fizikalne in matematične količine, saj zanje v njegovem času še ni bilo splošno veljavnega dogovora.²⁰

MEHANIČNA TEORIJA O TOPLOTI

V zgodnjih sedemdesetih letih je Šubic poskrbel, da smo Slovenci tudi v domačem jeziku dobili vpogled v najnovejša dognanja teorije toplote. Med leti 1872 in 1874 je dal natisniti v Radu razpravi Mehanična teorija o toploti in Dinamična teorija o plinih.

Prvi del (1872)

Uvod Šubičeve Mehanične teorije o toploti je izražal značilen dvom tedanjih raziskovalcev o mediju za prenos toplote. Staro teorijo je imenoval tisto, ki je vzrok toplote iskala v posebni toplotni tvarini²¹ in je ustrezala prvi hipotezi pri Lavoisierju in Laplaceu, Gay-Lussacu ter Schoedlerju. Nova teorija je bila po Šubicu tista, pri kateri je toplota *»zunanja prikazen nekega notranjega gibanja po trupu med njegovimi atomi in molekili, ali med eterovim ogrinjalom, ki obdaja atome, in med atomi in molekili«*.²² Ta teorija je bila enaka drugi hipotezi pri Lavoisierju in Laplaceu, Gay-Lussacu in Schoedlerju. V Šubičevem času je bilo že dovolj jasno, da toplotna snov

ne obstaja. Ignoriral jo je že francoski akademik Fourier, kmalu pa je popolnoma izginila iz temeljnih znanstvenih del, z izjemo profesorja pariške univerze Poissona.²³

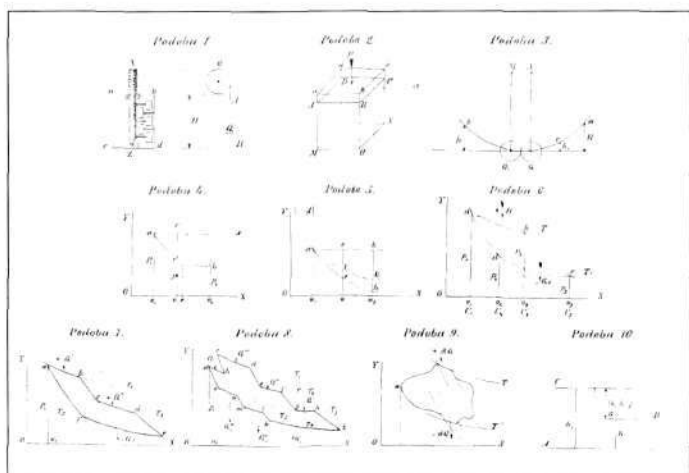
Kljub temu je Šubic moral priznati, da stari nauk o toploti *«nabavamo še po vseh navadnih fizikah, po katerih se uči po gimnazijah in po realkah; nova teorija se dozdaj ne more učiti brez višje matematike, ter se uči dozdaj samo na visokih šolah kakor na univerzih in na tehnikah.»*

Šubičevo priznanje nas opozarja na večno zamudo, ki jo novo znanstveno dognanje potrebuje za uveljavitev v šolah. Ovire za poučevanje novih dosežkov naravoslovne znanosti so vedno v težavnosti »višje matematike«. Ta je v Šubičevih časih še vedno označevala diferencialne enačbe, ki so se sicer začele uveljavljati že pred poldrugim stoletjem, ne toliko pri Isaacu Newtonu (1642–1727) ali Gottfriedu Wilhelmu Leibnitzu (1646–1718), temveč predvsem pri nadaljevalcih njunega dela: Leonhardu Eulerju (1707–1783), Jakobu (1654–1705) in Johannu Bernoulliju (1667–1748). Že v 19. stoletju je pouk matematike zaostajal za potrebami pouka fizike, kar je v časih problem tudi v sodobnih šolah.

Šubic je z uporabo izrazov, ki izhajajo iz starega načina razmišljanja: *«zvezana»* toplota, *«prosta»* toplota, *«narzetenost»* na toploto, pokazal, kako globoke korenine je stara teorija toplote pustila v novi. Med raziskovalci nove mehanične teorije toplote²⁴ ni bilo Lavoisierja, ki bi uredil nazive po enotnem kopitu, kot je to storil v kemiji konec 18. stoletja. Tudi potrebe so bile manjše, saj uporaba teorije toplote v industriji še zdaleč ni bila tolikšna, da bi zahtevala ureditev nazivov za potrebe laikov.

V nadaljevanju je Šubic dokazal nevzdržnost hipoteze *«imponderabilov»*, snovi brez teže. Opisal je potek boja proti njim pri opisovanju svetlobnih in toplotnih pojavov. Boj proti svetlobnemu *«imponderabilu»* je začel že leta 1690 *«visokodošni fizik Huygens»* (Christian, 1629–1695) z *«vibraškim ali undulaškim»* (na)ukom o svetlobi. Ker *«undulaška teorija razlaga tako srečno svetlobne prikazni po vibraciji, in ker svetlobni žarki tudi ogrevajo stvari, ni misliti drugega, kot da izvirata svetloba in toplota iz edinega izvira, ter mora posebno žareča toplota, ki jo delajo svetlobni žarki, izvirati iz nekega tresočega ali vibrirajočega gibanja med trobicami pri truplih»*.²⁵

Skice iz Šubičeve
Mehanične teorije o
toploti (Rad 19/1873)



Na tej osnovi je temeljila kritika »stare toplotne teorije«, saj »*kakor se dandanes preganja prazna vera na toplotni imponderabil, enako se bo v kratkem preganjala vera na električni in magnetni fluid.*»²¹

Šubic je opisal Mellonijeve poskuse s širjenjem, odbojem, lomom in polarizacijo toplotnih žarkov. Macedonio Melloni (1798–1854) je v Neaplju leta 1850 pokazal, da je »toplotni spektrum«²² le podaljšek svetlobnega zunaj rdečega krajišča. Za toplotne žarke veljajo tudi enaki zakoni »uklanjanja, križavanja,«²³ polarizacije in dvojnega loma. To je bil eden odločilnih dokazov, ki je omogočil poenoteno teorijo Škota Maxwella leta 1873.²⁴

Šubic je zavrzel breztežne snovi. Kljub temu je po tedanji navadi pisal o etru, ki je »*neka taka elastična prvina, katera po naših primerah nima nobene teže.*«²⁵ Model etra je povzel po Redtenbacherju, ki je bil kot nekdanji študent in asistent na dunajski Politehniki med leti 1825 in 1833 zelo dobro sprejet med avstrijskimi fiziki: »*Eterovi atomi se odbijajo med saboj eden drugega, težki atomi trupla in eterovi atomi pa vlečejo ná-se eden drugega. Dosledno teh moči obdaja eter atome in molekile trupla kakor obdaja ozračje zemljo.*«²⁶

Clausiusove in Krönigove kinetične ideje o toploti je Šubic opisal kot nasprotno možnost. Pri niju je eter izgubil pomen in »*toplota prihaja iz vibrirajočega gibanja med molekili trupla.*»²⁸

»*Dandanašnji tedaj še ne poznamo prav tistega molekularnega gibanja, iz katerega izvira toplota.*«²⁹ Tako je teorija toplote v slabšem položaju kot »*undulaska teorija o svetlobi, ki se opira na Fresnelove izkušnje, da ne delajo svetlobo drugi eterovi tresaji nego samo transversalni.*«³⁰ Vendar, po Šubicu, toplotna teorija takšnih modelov sploh ne potrebuje, saj se »*opira na izkušnje, po katerih se je premerila stanovitna zveza med delom in med toploto.*«³¹ Trditev je bila prenagljena, saj je komaj poznejša Maxwellova teorija elektromagnetizma leta 1873 lahko zavrgla odvisnost od mehaničnih modelov in jih uporabljala le za ponazoritev. Mehanična teorija toplote tega še ni bila zmožna, še najmanj v inačici Škota Williama Thomsona Lorda Kelvina (1824–1907). Šubičevi dvomi o spoznavnosti temeljnih vzrokov toplote spominjajo na sodobno kvantno mehaniko.

Raziskovanje vrtincev konec šestdesetih let Šubica ni približalo Rankinovi teoriji toplote kot vrtinčastem gibanju molekul, ki jo je samo mimogrede omenil, podobnih Thomsonovih idej pa sploh ni obravnaval.³²

Razvoj teorije o toploti v 19. stoletju je skušal opisati z razvojem merjenja in razmišljanja o mehaničnemu ekvivalentu toplote. Vzode napredka je takole povzel:³³

»*Čim večja dela pa je toplota opravljala z mašinami, ki jih gonijo soparji, tim bolj so se jasnile zdrave misli o toploti.*«³⁴

Po Šubicu si je Benjamin Thompson grof Rumford (1753–1814) v Münchnu leta 1798 prvi prizadeval izmeriti mehanični ekvivalent toplote. Njegovo delo so nadaljevali Sadi Carnot (1796–1832), Julius Robert Mayer (1814–1878) in James Prescott Joule (1818–1889).

Obe glavni enačbi mehanične teorije toplote je Šubic zapisal v Clausiusovi inačici. Lotil se je tudi »neobračljivih«³⁵ (ireverzibilnih) krožnih sprememb. Entropije, ki jo je označil z $-P$ in $-N$, ni povezal s prepovedjo perpetuum mobila. Ta zveza se je razjasnila komaj z verjetnostno interpretacijo entropijskega zakona, ki jo je pozneje

začel raziskovati Šubičev graški kolega Boltzmann.⁵¹ Leta 1871 je tudi Boltzmann pri izpeljavi svojega slovitega H-teorema uporabljal negativni predznak za entropijo, tako kot Šubie. Pozneje je sprejel Clausiusov (1870) simbol (S) in predznak obrnil, kot je v navadi tudi danes.

Drugi del mehanične teorije o toploti (1873)

Naslednje leto je Šubie priobčil drugi del razprave o toploti, ki je bil še posebno podoben visokošolskemu priročniku z zgledi in nalogami. Če se je v prvem delu lotil diferencialnih enačb in svetovnonazorskih tolmačenj teorije, je tu izpeljal enačbe za šolske primere, za meritev snovnih konstant in za opis najnovejših izumov: izboljšanih parnih strojev in eksplozijskih motorjev. Pri meritvah se je večinoma skliceval na pariško skupino Henrija Victorja Regnaulta (1810–1878), ki je bila v njegovem času daleč najbolj vplivna. Za »stanovitne gaze«⁵² je najprej določil konstanto v plinski enačbi, nato pa je razpravljal o »isotermičnem, isodinamičnem in adiabatičnem tisku«.

Ugotovil je, da je razteznostni koeficient odvisen od tlaka v plinu in torej »ne sledi neben gaz popolnoma postave Mariottiere in Gay-Lussacove«. Približek idealnega plina velja le pri majhnih tlakih, kot je dokazoval že Irec Andrews.⁵³

Šubie je popisal napotke za preračunavanje nalog z »obračljivimi« spremembami, nato pa se je lotil »neobračljivih sprememb«.⁵⁴ Te so postale posebno zanimive v statističnem opisu, medtem ko se jih je tedanja mehanična teorija toplote ogibala na vse mogoče načine. »Neobračljive gorkotne spremembe« je Šubie označil kot tiste, pri katerih zunanji »tisk« presega lastni »tisk« plina.⁵⁵ Entropijo je uporabil le v obravnavi »neobračljivih« krožnih sprememb pri Joule-Thomsonovem raztezanju plina v prazen prostor.⁵⁶

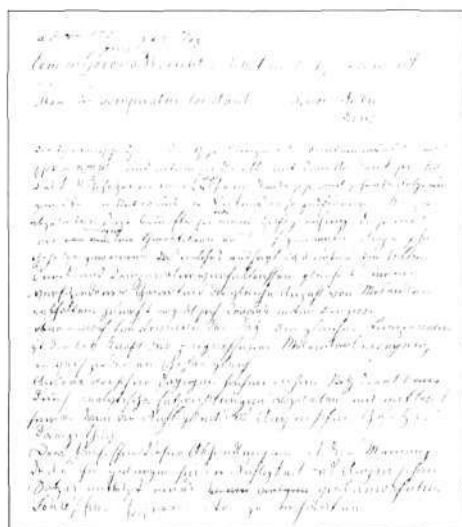
Na koncu je opisal še uporabo mehanične teorije toplote v industriji.⁵⁷ »Mašinarji na Škotskem in Angleškem so že od leta 1827 preizkušali stroje, v katerih so namesto izhlapevanja vode greti kar zrak. Že leta 1857 je John Ericsson (1803–1889) v ZDA postavil takšno napravo na ladjo, ki je plula po Sredozemlju. Vendar se kljub gospodarnosti poskus ni obnesel. Teorija se je razvijala vzporedno z izumi. Mehanična teorija o toploti je tako v eni sami generaciji stopila v korak s tehnologijo, za katero je pred tem, v času zgodnjih parnih strojev, capljala s stoletno zamudo.

Šubie ni pozabil opisati najmoderneje iznajdbe svojega časa, motorja z eksplozivnim plinom.⁵⁸ Prvo delujočo napravo te vrste je zgradil Jean Joseph Étienne Leonir (1822–1900) v Parizu leta 1859. O podobnih napravah je pisal že Carnot leta 1824, ko še ni imel na voljo dovolj eksplozivne substance. Šele razvoj mestne razsvetljave je v 19. stoletju priskrbel dovolj velike količine goriva za uspešen razvoj eksplozivnih motorjev, ki so pripeljali do začetkov avtomobilske industrije v osemdesetih letih 19. stoletja. Delovanje teh naprav je dovolj natančno opisal že Šubie. Teorija in njena tehnološka uporaba sta se v resnici prepletala in vzpodbujala druga drugo, če so se seveda našli ljudje, ki so bili domači z obema.

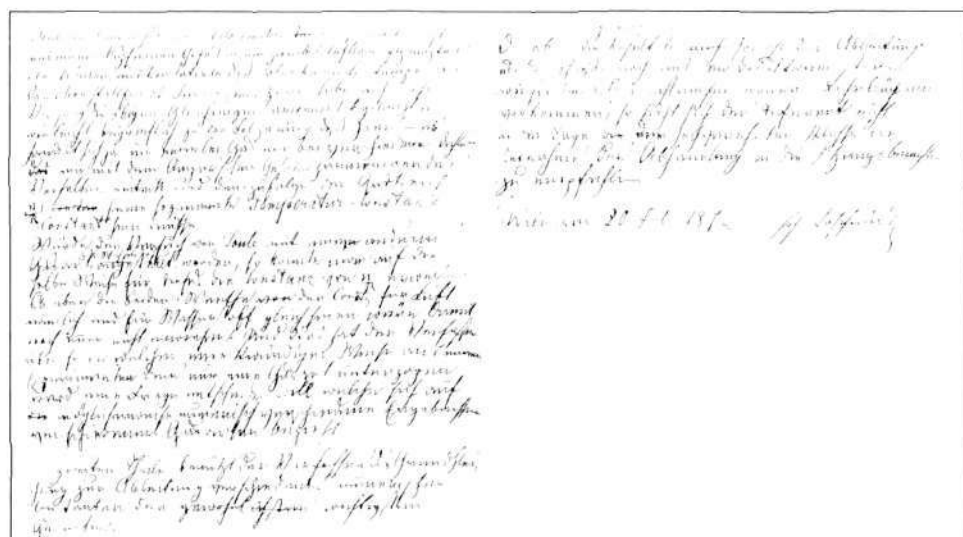
Šubičeva mehanična teorija o toploti je bila gotovo povezana s predavanji o teoriji toplote, ki jih je imel v zimskih semestrih na univerzi v Gradcu kar 36 let med leti 1866/67 in 1902, če zanemarimo nekaj bolniških izostankov. Čeprav ni objavil posebno izvirnih dognanj, je za Slovence dosegel raven, ki so jo s fiziko v domačem jeziku presegli le redki evropski narodi.

DINAMIČNA TEORIJA O PLINIH (1874)

V Mehanični teoriji o toploti je Šubic predstavil raziskovanja po letu 1842, predvsem pa v petdesetih letih, ko sta svoje teorije razvila Nemec Clausius in Thomson. Dinamična teorija o plinih je bila do neke mere njeno nadaljevanje, saj je obravnavala raziskovanja Clausiusa, Maxwella in Boltzmanna v šestdesetih in na začetku sedemdesetih let. Njihovo delo je omogočilo opis lastnosti plinov na nov statistični način, ki ni temeljil na klasični mehaniki in ga je Američan Gibbs pozneje krstil za statistično mehaniko.⁹¹



V drugi polovici šestdesetih let (1865–1871) Šubic ni objavljial razprav o teoriji specifičnih toplot, ki je bila njegovo najbolj plodno raziskovalno področje. V tem času je omilil tudi svoje prvotno kritično stališče do etra. Svoja razmišljanja je nekoliko približal Clausiusovi kinetični teoriji plinov. Med tem je težišče raziskovanja plinov prešlo od molekulskih sil na molekulska stanja. Najpomembnejši raziskovalec novega področja je bil Boltzmann, ki je bil med leti 1869 in 1873 štirinajst let starejšemu Šubicu tudi neposredno nadrejen na katedri za matematično fiziko univerze v Gradu, v letih 1876–1890 pa je tam vodil katedro za eksperimentalno fiziko.



Loschmidtova negativna ocena Šubičeve razprave 'Über die Temperatur-Constante' (ÖWAB 123 ex 1872)

V dveh razpravah, objavljenih v Leipzigu leta 1872 in v njuni razširjeni slovenski priredbi dve leti pozneje, je Šubič kritiziral svojega predstojnika Boltzmanna.¹⁰ Tako je tudi aktivno sodeloval pri utemeljevanju nove teorije, čeravno predvsem kot kritik Clausiusovih, v prvi polovici sedemdesetih let pa Boltzmannovih idej, ki so pozneje prevladale v fiziki. Slovenci smo z Dinamično teorijo o plinih v resnici prvič v zgodovini dobili znanstveno poročilo v domačem jeziku iz prve roke fizika raziskovalca. Česa podobnega niso bili deležni niti mnogo bolj razviti narodi, tudi zunaj avstro-ogrskih meja ne.

Dinamična teorija o plinih, ki jo je JAZU sprejela na seji 26. marca 1874, je obsegala 144 strani in 25 skic. Na straneh 36–50 in 51–71 je bila skoraj dobeseden prevod obeh dve leti starejših Šubičevih razprav. Drugo od njiju je sprva ponudil v objavo tudi dunajski Akademiji. Na seji Akademije, 8. februarja 1872, je Šubičovo razpravo prebral kemik Anton Schrötter Ritter von Kristelli (1802–1875), generalni sekretar Akademije od leta 1851. Čeh Loschmidt je v svojem poročilu 26 dni pozneje objavo odsvetoval. Podobno kot Korošec Jožef Stefan (1835–1893) julija 1864, je tudi njegov prijatelj Loschmidt menil, da Šubičeva razprava ne prinaša novih fizikalnih rezultatov.¹¹ Loschmidt je postal redni član Akademije leta 1870, prav v letu 1872 pa je bil imenovan za rednega profesorja fizike na dunajski univerzi.

Kljub odporu dunajskih fizikov je Šubič svoji razpravi objavil v tisti čas nedvomno najpomembnejšem fizikalnem časopisu na nemškem govornem območju. V številnih Boltzmannovih razpravah iz tega obdobja ni bilo neposrednega odgovora na Šubičeve kritike, kar sicer ni bila Boltzmannova navada. Njegov molk je bil morda posledica osebnega spora. Vendar takšnih nasprotij z Boltzmannom ali Stefanom Šubič ni nikjer omenil, čeravno sicer ni prikrival svojih težav s sodelavci na Filozofski fakulteti Univerze v Gradcu.¹²

V letu 1872 so objavili dva povzetka prve in pet povzetkov druge Šubičeve razprave v revijah za kemijo in fiziko; tudi v Londonu. To sta bili najbolj odmevni Šubičevi deli. V njuni slovenski priredbi: *«Dinamična teorija o plinib»*, je bil dve leti pozneje zamenjan le vrstni red posameznih poglavij. Vezni tekst je bil nekoliko dopolnjen, verjetno glede na nižji nivo izobrazbe slovenskih in hrvaških bralcev. Obravnavana snov ni bila zastarela, saj tudi Šubičev graški kolega Boltzmann med leti 1872–1875 ni objavil pomembnejših dognanj o teoriji toplote.

V prvem poglavju Dinamične teorije je Šubič opisal molekule, ki jih eter obdaja kot nekakšna atmosfera,¹³ podobno kot v Redtenbacherjevih Dynamidah. Le tri leta pred prvim utekočinjenjem kisika in dušika v Parizu in Ženevi je imel Šubič ta in druge pline še za permanentne. Opisal jih je kot vsoto prostih molekul, ki imajo eno samo prostostno stopnjo,¹⁴ saj ne vibrirajo in ne nihajo kot v kristalu. Plinske zakone je izpeljal v predstatistični Krönig–Clausisovi obliki s približkom prožne okrogle molekule,¹⁵ podobno kot je storil prejšnje leto v Mehanični teoriji. Maxwelllovo in Clausisovo izpeljavo kinetične teorije je Šubič podajal na enostavnejši, krajši, pogosto tudi geometrijsko nazornejši način, ki je seveda izgubil na natančnosti.

Šubič je iskal povezavo med merljivimi količinami, kot sta temperatura in energija, in nevidnim gibanjem atomov. Takšen pristop je bil podprt z uspehi atomizma v kemiji. Po odkritjih Angleža Johna Daltona (1766–1844), predvsem pa po uspešni

„Ako bi izkušnje posvodi potrdovale to hipotezo, bi pa nam razdajale s tim naše sedanje razlaganje o natezavanji ali o atrakciji med trupli. Ako bi se živa moč dveh trupel, katera se vsled atrakcije gibljeta eden proti drugemu ali eden krog drugega, ne spremenila vsakikrat kolikor krat bi mi spremenili težo teh trupel, – in to se pripeti v resnici, ko si mislimo, da iz kislecovega molekula postane vodenčev molekul, – bi pa mi morali na atome gledé odreči veri na tisto hipotetično moč, z katero si razlagamo prikazen, da vlečejo trupla na-se drug drugega.“

Šubic se nikoli ni izrecno odrekel osnovnim postavkam svoje teorije molekul iz leta 1862, ki je temeljila na privlačnih silah med molekulami in atomi. Privlačno silo med temi nevidnimi delci si je predstavljal enako, kot si sicer predstavljamo gravitacijo med vidnimi delci. Zaradi ostrih kritik Kröniga (1864), Stefana (1864, 1869) in drugih je sčasoma sprejel osnovne ideje kinetične teorije vsaj v Clausiusovi inačici iz leta 1857. Čeprav o teoriji molekul ni objavljal novih razprav, iz katerih bi bil jasno razviden razvoj njegovih stališč, je vsekakor ostal zunaj zmagovitega razvoja Boltzmannove kinetične teorije.

Šubičeva kritika Boltzmannovih idej ob svojem času nikakor ni bila osamljena. Prav spori v zvezi z njimi so bili eno izmed najbolj plodnih področij tedanjega raziskovanja toplotnih pojavov. Boltzmannova teorija je bila dokončno sprejeta v 20. stoletju.

Nekateri deli Dinamične teorije, v nasprotju z obravnavo specifičnih toplot in kritiko Boltzmannu, niso bili objavljeni v obeh nemških razpravah leta 1872. Šubic je prvi obravnaval porazdelitve statistične mehanike po Maxwellu (1860) in Boltzmannu (1871) v slovenskem jeziku. Vendar ni upošteval molekul z več atomi in zunanje sile.⁷⁷

Poročal je tudi o ozonu, ki je bil tedaj še premalo pojasnjena izjema Clausiusove (in Avogadrove) teorije o dvojnih atomih v molekulah enostavnih plinov.⁷⁸ Ozon je prvi opisal profesor fizike v Haarlemu, Martin van Marum (1750–1837) že konec 18. stoletja ob poskusih s praznjenjem električne naprave. Odkritje ozona kot posebne snovi je prvi objavil profesor kemije v Baslu, Christian Friederich Schönbein (1799–1868), pri Akademiji v Münchnu leta 1840. Menil je, da je ozon bržkone ena izmed sestavin dušika. Pozneje ga je skušal proglasiti za posebno spojino vodika in kisika, kar je bilo prav tako ovrženo, ko se je posrečilo dobiti ozon po preskoku električne iskre skozi čisti kisik. Clausius je trdil,⁷⁹ da ozon nastane zaradi prostih kisikovih atomov. Raziskave Škota Petra G. Taita (1831–1901) in Andrews a v Belfastu (1860), profesorja kemije W. Oldinga (1829–1921) v Oxfordu leta 1861, profesorja fizike Charlesa Soreta (1866) v Genfu in samega Schönbeina so utrle pot sodobnemu opisu molekule ozona s tremi kisikovimi atomi. V času pisanja Šubičeve razprave ni bilo več mogoče dvomiti v dvoatomnost molekul enostavnih plinov zaradi treh atomov v molekuli ozona.

Šubic se je v glavnem skliceval na Clausiusove razprave iz let 1858 in 1864, pa tudi na Von Babota (1818–1899), ki je bil za Slovence še posebno pomemben kot pisec osnove za Vertovčevo kemijo.⁸⁰ Šubic je poročal tudi o Meissnerjevem in Clausiusovem raziskovanju antiozona, ki naj bi se razlikoval od ozona le po naboju.⁸¹

Obravnaval je tudi kapilarnost, ki so jo Laplace in za njim še Van der Waals in Boltzmann opisali kot vidno delovanje sile med molekulami. Zanimala ga je predvsem velikost molekule, ki jo je določil Quincke z optičnimi meritvami kapilarnega

Dinamična teorija o plinih.

OD IZDAJELJEV: DR. JANA ŠUBICA ŠUBIC, PREROKA FIZIK NA AKADEMII V GRAZU.

Priloga k slovenski inštituciji priročniku za študente inštitucije, študenti in študente 26. oktobra 1874

U v o d.

1. §. Atomistična teorija o trupih sploh.

Mehanična teorija o toploti, ki se opira na svojo molekularno teorijo po trupu, ali da toplota nima kakšnega tresenja ali vibracijskega gibanja med trupci, po trupu ali med njihovimi atomi in molekulami. Toplota torej ni nekaj, kar preoblikujemo iste materije, ampak, po kateri se vsaka trupa z tedanjimi ali atomi z atomi, ki so del trupa, iz trupa.

Dobro, oka atomistična teorija, ki ima dandana največ veljavnosti, o sestavi trupa iz materije, obseja trupa iz sil med trupi, ki jih ni mogoče več razpravljati. To trupa se imenuje atomi. Atomi se le-jo med seboj na toliko raznih trupa, kolikor pozna kemija raznih materialov, sestavi ali pravi.

Atomi vstopajo v lastni močni odnosi drugemu, torej se integrirajo združevati med seboj. Iz tega čimoli, ali pa raznih atomov se delajo prvotne stvari, po kateri nastajajo.

Molekuli pa tudi vsakega obseja, drugemu, ki se, ter se delajo sploh trupa iz njih. Po trupu trupa pa ne napolnjuje molekul vsega prostora po trupu, ampak ostaja veliko praznega prostora med njimi. Kjer pa po trupu prostora ni napolnjeno z molekulami ali sploh z materijo, ga napolnjuje vročina, ter, uka hipotetična molekularna telesa, kjer je vročina, torej po njem primeri k znanim trupom nobene stvari. Eter obdaja atome in molekule po trupu kakor obdaja našo zemljo. Eter je pa tudi razprostran po

B. 2. A. XXX.

1.

Naslovna stran Dinamične teorije o plinih (Rad 29 1874)

poljubno približati rezultatom poskusov. Boltzmann je naštel 10 vrst takšnih preračunavanj, kar je bil le majhen del vseh objavljenih.⁵¹

Pravilen koeficient toplotne prevodnosti je za 2/3 manjši od Šubičevega.⁵² Po kvantni teoriji moramo upoštevati tudi, da je toplotna prevodnost naraščajoča funkcija temperature in odvisna tudi od vezi med molekulami. Vsi drugi Šubičevi transportni koeficient imajo še danes priznane vrednosti, razen povprečne proste poti, kjer je privzel Clausiusov koeficient 3/4⁵³ namesto danes veljavnega Maxwellovega 1/2. Šubic ob koncu svoje razprave ni izpeljal koeficienta plinske difuzije, ki ga je nadvse uspešno določil Stefanov sodelavec Loschmidt na dunajskem Fizikalnem inštitutu leta 1870.

Obe Šubičevi slovenski razpravi iz prve polovice sedemdesetih let sta upoštevali dognanja fizikalnih raziskovanj svoje dobe. Zaradi novosti obravnavane snovi je Dinamična teorija o plinih celo prekosila tedanji univerzitetni učni nivo. V obeh razpravah je Šubic uporabljal diferencialni račun, ki je bil tisti čas bržkone razumljiv le redkim slovenskim izobražencem. Nazornost in globina, ki sta jo dosegli obe razpravi, nam v Šubicu razkrivata izvrstnega pedagoga in poznavalca slovenskega jezika.

RAZPRAVA O MANOMETRU-HIGROMETRU IZ LET 1876 IN 1877

Meteorologija je bila poleg mehanične teorije toplote tri desetletja glavna snov, o kateri je Šubic predaval na Graški univerzi. Medtem ko je o teoriji toplote predaval v zimskih semestrih, je meteorologijo poučeval med letnimi semestri po dve uri na teden.

pojava pri močenju stekla v živem srebru. Ni omenil Loschmidtovih meritev, s katerimi je bila prvič ocenjena velikost molekule zraka. S tem si gotovo ni pridobil Loschmidtove naklonjenosti, ki bi jo gotovo potreboval za pozitivno oceno nemške inačice svoje razprave. Prav tako ni omenil Van der Waalsovega doktorata, s katerim se je tudi Boltzmann ukvarjal komaj pozneje.⁵²

Že v Mehanični teoriji o toploti je Šubic dokazal omejeno veljavnost (Boyle) Mariottovega in Gay-Lussacovega zakona. Za koeficient toplotne prevodnosti je dobil podobno vrednost kot Maxwell v Cambridgeu leta 1860 in Victor von Lang (1838–1921) na Dunaju leta 1872.⁵³

Med vsemi transportnimi koeficienti je bila prav obravnava toplotne prevodnosti najbolj priljubljena, saj je bilo mogoče po izbiri upoštevati različne člene pri razvoju v vrsto in se tako

Manometer-Hygrometer.

Von Simon Šubie in Graz.

Mit 3 Holzschnitten.

Die Meteorologen haben die bisher zur Bestimmung der Feuchtigkeith der Luft angewendeten Methoden und Apparate so mangelhaft befunden, dass sie in dem Berichte über die Verhandlungen des internationalen Meteorologen-Congresses zu Wien, 1873, die Physiker dringend auffordern, neue Methoden dafür aufzusuchen und andere Apparate herzustellen. Es heisst nämlich in diesem Berichte, Seite 63: „Obwohl die Mängel des Psychrometers nicht zu verkennen sind, und den Physikern Untersuchungen über die Herstellung eines anderen Apparates und einer anderen Methode für die Bestimmung der Feuchtigkeit im höchsten Grade zu empfehlen sind, kann dennoch das Psychrometer bis jetzt durch kein anderes Instrument ersetzt werden.“

Auf diesem Congresse wurden von einer Seite auch vergleichende Beobachtungen mit dem Psychrometer oder auch mit dem Haarhygrometer und mit dem Regnault'schen Condensationshygrometer empfohlen, während Regnault selbst die chemische Methode der Absorption und Wägung des Wasserdampfes benützt und als die verlässlichste anrath.

Eine Übersicht der bisher zur Geltung gekommenen Methoden der Bestimmung des Wasserdampfgehaltes der Luft belehrt uns, dass keine derselben die Mechanik der Atmosphäre berücksichtigt, denn es sind entweder Volum- und Gewichtsänderungen gewisser Körper, wie bei der hygroskopischen und chemischen Methode, oder die Übergangstemperatur des Wasserdampfes der Luft von seinem ausdehnenden in den trophären Zustand wie bei der Methode des Thaupunktes, oder es ist

Nove metode za opredeljevanje vlage u zraku.

OD DRUGOTIČNEGA ČLANA S. ŠUBIČA

Predata u zborniku materijala na predstavljanju i izradi pogodnosti za izučavanje vlage u zraku, 1873.

Internacionalni kongres meteorologa, koji je godine 1873. za vrijeme svjetske izložbe u Beču sazvan, preporučio je dosadnje metode za opredeljevanje vlage u zraku nedostataim. U njegovu izvješću veli on: „Premda nije moguće razaznati manjkavosti psychrometra, to se fizikom najsigurnije preporučuju iznizavanja ob izradi drugoga kojega aparata i druge metode za opredeljevanje vlažnosti, to se ipak psychrometar ne može do sada nijednom drugom spravom zamieniti.“

Nedostaci dosada upotrebljavanih metoda i aparata, koji su strukovnjake bavili se meteorološkim poslojima na tu izreku privlačili, preporučuju posmatati nego da ih potrebno bilo, ovlie o tom publici razpravljati. Svoim riječima ljudi upozoravaju, da kongres meteorologa u Beču sada predlaže još o tom izrazivati, josa li svigdje u parala mlažeće se psychrometričke tablice upotrebljive i pri vlažnom i pri suhom zraku. Po Regnaultu postaju se točni rezultati psychrometrom, ali samo iz pripadajuće njegove poliohoda u odabiranih prvoci su manjkavosti vlage, koja se dobivaju po kemijskoj metodi absorpcijom i vaganjem vođenih para, na također samo pod predumjetom, da se voda ne utvara na termometrovu okruglici. Pošto Regnault istu metodu absorpcijom i vaganjem vođenih para za kontrolu preporučuje, to tina individualno primanje, da je tako točno opredeljevanje vođenih para ti izgledu povećati težko.

¹ Bericht über die Verhandlungen des internationalen Meteorologen-Congresses zu Wien, Braumüller 1873, p. 63.

A. Z. A. K.

1

Naslovi strani razprave: Novi postopki za določanje vlage v zraku v nemški in hrvaški inačici (Wien. Ber. 73 1876, str. 531 in Rad 40 1877).

V času svetovne razstave na Dunaju leta 1873 je bil tam tudi mednarodni kongres meteorologov z udeleženci iz 20 držav.⁵⁷ Ustanovili so Mednarodno meteorološko organizacijo pod predsedstvom Buys-Ballota in dali pobudo za raziskovanje merilnika relativne vlažnosti, ki bi bil natančnejši od psihrometra.⁵⁸

Pobudo je sprejel tudi Šubič. Njegovo zanimanje za psihrometer je bilo povezano s delom Andreasa von Baumgartnerja (1793–1865), predsednika dunajske Akademije od leta 1851, ki je med prvimi spoznal prednost Augustovega psihrometra pred higrometrom profesorja kemije na Kraljevem koledžu v Londonu Johna Friderica Daniella (1790–1845) iz leta 1818.⁵⁹ Prav Baumgartner je bil namreč najpomembnejši podpornik Šubičevega raziskovanja in je maja 1862 in julija 1863 za dunajsko Akademijo napisal ugodno oceno Šubičevih razprav, ki so vsebovale kritiko Clausiusove kinetične teorije.⁶⁰

6. aprila 1876 je tajnik matematično-naravoslovnega razreda Stefan predstavil Šubičevo razpravo o Manometru-higrometru pred dunajsko Akademijo. Že 12 dni pozneje je pozitivno poročilo za objavo pri dunajski Akademiji podpisal Karl Jelinek (1822–1876), direktor dunajskega Meteorološkega inštituta. Menil je, da Šubičevo »računanje prinaša nov način reševanja važnega problema«.⁶¹

Kmalu po objavi pri dunajski Akademiji je Šubič skoraj enako razpravo objavil še pri zagrebški Akademiji. Razlike med nemško in hrvaško razpravo so bile zelo majhne, npr. v naslovu. Hrvaški prevod je imel tudi nekatere dodatke, npr. o Daltonovem raziskovanju higrometrije,⁶² ki jih v nemški inačici ni bilo. Obe razpravi sta bili napisani skoraj istočasno, saj je Šubič predal hrvaški zapis že na seji matematično-

je bilo mnogo težje objaviti pri bolj pomembni dunajski, kot pri zagrebški akademiji. V nemški razpravi je Šubic izpustil tudi po eno tabelo in skico.¹⁸ Med obema natisoma je bilo še več drugih razlik, medtem ko so bile štiri osnovne enačbe v obeh razpravah enake.

Vsebina razprave

Prvi higrometri so bili izdelani že v 15. stoletju z uporabo volne. August je prvi začel uporabljati meritve z mokrim in suhim termometrom. Vlago ozračja je določil iz razlike temperatur med mokrim in suhim termometrom, ki ju je spravil v skupno posodo in napravo imenoval psihrometer.⁶¹

Še danes uporabljamo psihrometre na podoben način. Vendar je bilo že v Šubičevem času jasno, da meritve ne dajejo povsem točnih rezultatov. Uporabljali so dva različna načina merjenja:

- metoda rosišča, kjer določamo temperaturo utekočinjenja vodne pare,
- psihrometrični postopek, pri kateri ohlajamo telo, dokler se na njem ne utekočinijo vodne kapljice.

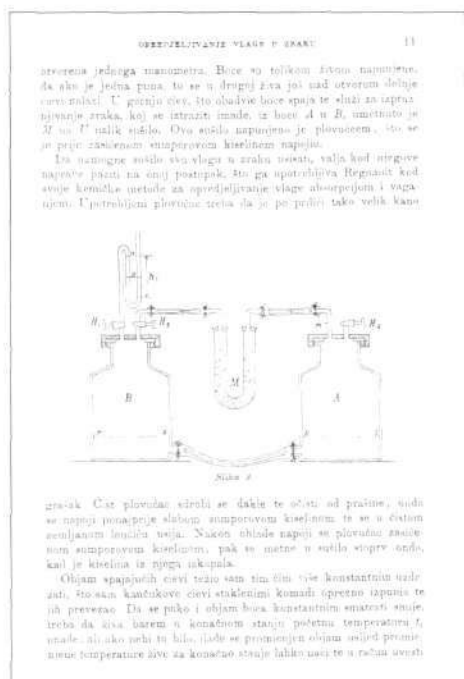
Po Šubičevem mnenju nobeden od obeh pristopov ni upošteval mehanike atmosfere. Le pri psihiometričnem postopku je bil upoštevan parni tlak kot delni tlak zraka. Zato se je zavzel za določanje vlage v zraku z meritvijo tlaka in ne temperature. Da bi odpravil pomanjkljivosti starejših merilcev, je izdelal štiri naprave, ki so

na različne načine sestavljale meritve higrometra in manometra. Manometer je določal delni tlak vodne pare v ozračju. Zrak je bil zaprt s kavčukovim zamaškom, skozi katerega sta bili speljani dve cevi. Ena je bila namenjena za dovod, druga pa za izčrpavanje vsebine posode. Parni tlak je lahko določil na različne načine:

- z ohlajanjem pod rosišče, pri čemer je bil lahko manometer v posodi ali zunaj nje.

- v posodi s sušilom ali z zamažkom
za sušenje in vsesavanje.

V razpravi o Manometru-higrometru je Šubic objavil več tabel svojih lastnih poskusov. Tako ga spoznamo tudi kot sestavljalca novih naprav in kot spretne- ga eksperimentatorja. Takšen je tudi moral biti kot srednješolski profesor med leti 1856–1884, medtem ko je na univerzi v Gradcu vseskozi predaval le teorijo toplote in teoretični del meteorologije.



*Skica Šubičevega higrometra iz razprave
Novi postopki za določanje vlage v zraku
(Rad 40/1877, str. 11)*

O matematičnih pripomočkih fizikalnega opazovanja

V primerjavi s prejšnjo razpravo je imela ta povsem matematično vsebino in je bila koristen pripomoček za obdelavo meteoroloških meritev. Leta 1876 je bilo namreč na slovenskem etničnem ozemlju že 15 meteoroloških opazovalnic, na Hrvaškem pa 18.¹⁰ Tako je bilo Šubičevo delo mnogim priučenim meteorološkim raziskovalcem dobrodošel pripomoček.

Struktura razprave o matematičnih pripomočkih fizikalnega opazovanja:

UVOD	45
1 DEL	47
1. Določanje spremenljivk nasploh in posebej glede na neperiodične procese	47
2. Aritmetična sredina	58
3. Napake pri opazovanju	59
4. Napaka zadnje izračunane vrednosti	62
5. Popravke pri fizikalnih opazovanjih	65
6. Interpolacija opazovanih spremenljivk z aritmetičnimi vrstami	68
7. Interpolacija z krivuljami in različnimi matematičnimi oblikami	73
8. Določanje zakona, ki opredeljuje periodične procese	78
9. Določanje stalnih spremenljivk osnovne enačbe v primerih, kjer se opazujejo periodične spremenljivke v enakih časovnih intervalih	82
10. Določanje stalnih spremenljivk pri najobičajnejših časovnih periodah	99
11. Določanje stalnih spremenljivk pri opazovanju v neenakomernih časovnih presledkih	105
12. O točnih vrednostih periodične spremenljivke, ki se preračunavajo iz empirične enačbe	106
13. Določanje časa, v katerem doseže periodična spremenljivka maksimum ali minimum	111
14. Določanje časa, v katerem doseže periodična spremenljivka svoje srednje (povprečne) vrednosti	115

Vsebina razprave

Šubic, predhodnik nastajajoče fizike v slovenskem jeziku, se je v poznih sedemdesetih letih razvil predvsem v meteorologa. To potrjujejo meteorološko poglavje, dodano učbeniku ob ponatisu leta 1866,¹¹ in obe zadnji znanstveni razpravi iz leta 1876 in 1877.

Zanimanje za meteorologijo sedaj že petinštiridesetletnega Šubica je mogoče zasledovati že v prejšnjih razpravah o kinetični teoriji. Tam sploh ni podrobneje obravnaval entropije, ki je bila osnoven pojem v raziskovanjih Clausiusa, Boltzmann in mnogih drugih. Zanimale so ga predvsem velikosti in spreminjanje specifičnih toplot plinov, ki so bile eden temeljnih problemov tedanje meteorologije. Osnovni problem tedanjega vremenoslovja je bil določanje prispevka delnega tlaka vodne pare k skupnemu tlaku zračne zmesi.

Šubičevi rezultati, dobljeni z manometrom-higrometrom, so bili zelo blizu Regnaultevim meritvam odvisnosti nasičenega parnega tlaka vode od sprememb temperature. Šubic je sicer nameril nekoliko nižje vrednosti, domnevno zaradi spreminjanja prostornine cevi za dovajanje in odvajanje (sesanje) zraka. Poleg tega je poskuse

UPORABLJENE OKRAJŠAVE

Ann. Phys.	Annalen für Physik und Chemie, Leipzig
CZ	Cankarjeva založba, Ljubljana
JAZU	Jugoslovanska akademija znanosti i umjetnosti, Zagreb
MK	Mladinska knjiga, Ljubljana
n. d.	Navedeno delo
NUK	Narodna in univerzitetna knjižnica, Ljubljana
ÖWAB	Österreichische Akademie der Wissenschaften, Bibliothek, Wien
Phil. Trans.	Philosophical Transactions of the Royal Society in London
Rad	Rad JAZU, Zagreb
SAZU	Slovenska akademija znanosti in umetnosti
SBL	Slovenski biografski leksikon
SM	Slovenska matica, Ljubljana
Wien. Ber.	Sitzungsberichte der mathematisch-naturwissenschaftlichen Classe der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften, Wien
ZZNT	Zbornik za zgodovino naravoslovja in tehnike, SM, Ljubljana

Opombe

- ¹ Lavo Čermelj, Fizika, astronomija, meteorologija, matematika, v zborniku France Bernik (ur.), *Slovenska matica* 1864–1964, SM, Ljubljana 1964, str. 285.
- ² Čermelj, n. d., 1964, str. 285; SBL, str. 713; Jožef Stefan, MK, Ljubljana 1976, str. 21–22.
- ³ Branka Penzar in Ivan Penzar, Meteorološke stanice na področju SR Hrvatske u 19. stoljeću, *Zbornik radova II simpozija iz porjesti znanosti, HPPD*, Zagreb 1980, str. 111–112. Žarko Dadić (Povijest egzakt-nih znanosti u Hrvata, SNL, Zagreb 1982, 2. del, str. 181–182) je pomotoma zapisal, da je prvo razpravo univerzalnega značaja v Radu objavil šele Šubičev prijatelj Martin Sekulić (1833–1905) leta 1871.
- ⁴ Šubic, *Lehrbuch der Physik für Ober-Gymnasien und Ober-Realschulen*, Gustav Heckenast, 3: Buda-Pest 1874, str. 679 (v nadaljevanju *Čbenik*); Temelji vremenoznanstva, *Zbornik znanstvenih in poučnih spisov Slovenske matice*, 1900, str. 124–126. Izraz trombe je v uporabi še danes (Leksikon CZ, 1976, str. 998).
- ⁵ Šubic, Kaj so hudourni vrtnici, *Rad* 1869, str. 159; 1900, n. d., str. 125.
- ⁶ Šubic, n. d., 1869, str. 160–161 in 168. Karl Friederich Mohr (1806–1879), lekarnar v Koblenzu, je na Dunaju objavil zasnovo zakona o ohranitvi energije. Sevanje je opisal z vibracijsko teorijo toplote ob zelo omejeni vlogi etra, podobno kot pozneje Šubic (Mohr, *Über die Natur der Wärme, Baumgartner's Zeitschrift für Physik und verwandte Wissenschaften* 5 (1837) str. 419; Ferdinand Rosenberger (r. 1845), *Die Geschichte der Physik*, III, Braunschweig 1890, str. 384–385; Stephen G. Brush, *The kind of motion we call heat*, North-Holland 1976, str. 320).
- ⁷ Šubic, Der Hebel und die Kräftepaare nebst ihrer Anwendung in der Mechanik, *Erster Jahres-Bericht der Wiener Kommunal-Realschule in der Vorstadt Rossau*, 1862, str. 3–44.
- ⁸ Janko Pučnik, Razvoj vremenoslovja na Slovenskem, *ZZNT* 4 (1979) SM, Ljubljana, str. 96–97.
- ⁹ Šubic, n. d., 1869, str. 159–160 in 162.
- ¹⁰ Šubic, n. d., 1869, str. 164.
- ¹¹ Šubic, n. d., 1869, str. 168–169.
- ¹² 254 m/s (Šubic, n. d., 1869, str. 173–175).
- ¹³ Šubic, n. d., 1869, str. 176.
- ¹⁴ Šubic, 1869, str. 164 in 177.
- ¹⁵ Šubic, n. d., 1869, str. 164 in 176–178.
- ¹⁶ Mach je bil prav tako tesno povezan s Kranjsko, saj ga je do 6. razreda gimnazije poučeval oče Johann (1805–1879), ki je živel v Velikem Slatniku pod Gorjanci, 6 km od Novega mesta (Marjan Mušič, Ernst Mach, *Naši razgledi* 11, 1. 1980, str. 9; Sandi Sitar, Beseda ob desetem Zborniku, *ZZNT* 10 (1989) str. 14).
- ¹⁷ Šubic, Svet in duh človeški, *Rad* 14 (1871) str. 18–44.

¹⁰ 1 m = 3,1635 «avstrijskih čevljev» (čevljev) in 1 kg = 1,786 «avstrijskih funtov» (Šubic, *n. d.*, 1869, str. 164, 166, 175 in 177). Do leta 1858 so v habsburški monarhiji uporabljali tudi denarne enote zunaj decimalnega sistema, saj je imel vsak goldinar po 60 krajcarjev (Vasilij Melik, Ljubljanske cene kruha in mesa v predmarčni dobi, *Kronika* 29 (1981) str. 27).

¹¹ Šubic, *n. d.*, 1869, str. 175, 176 in 178.

¹² Šubičeva dela (in strani razprave, na katerih je bil znak uporabljen)

Količina	Rad 1869	Ann.Phys. 1872	Rad 1872, 1873	Rad 1874	Učbenik 1874	Prevladujoč sodobni znak
število π	Ludolfovo število					π
višina	h	H		h		h
polmer	p, R			ρ (molekul)	D	r
površina plašča	F (168)					
prostornina	v, V	h	v	v		V
gostota	σ (168)	ρ		d (61)		ρ
specifična teža	N	s		s (61)	s	σ
hitrost	c		V	c, v	c	v
težni pospešek	g			g	g	g
sila	S				P	F
sila teže	Q		Q		R	F_g
tlak	D, p		p	p, D	p	p
delo	A (178)		E, L	L	A, E	A
energija	M (178)					W
toplota		Q	Q	Q	Q	Q
temperatura			t (Celzijeva), T (absolutna)			T
specifična toplota pri konstantni prostornini	c	c	c	c, s (143)	s	c_v
specifična toplota pri konstantnem tlaku	c	c	c	C	S	c_p
razmerje						
med specifičnima toplotama		k	χ	χ		χ
entropija		-P	-P			S
Boltzmannova konstanta				h (37)		k
kemični ekvivalent				k		μ

¹³ Kalarik, Calorique oziroma Wärmestoff (Antoine Laurent Lavoisier (1743–1894) in Pierre Simon Laplace (1749–1827), *Mémoire sur la chaleur*, Lu - l'Académie Royale des Sciences, le 18 Juin 1783. Preprint pred avgustom 1783, objavljeno v *Histoire de l'Académie Royale des Sciences* (Paris), Anne 1780, *Avec les Mémoires de Mathématique et Physique*, str. 355–408, leta 1784, Prevod Svetislav Marič, *Na izvorima fizike*, Novi Sad 1952, str. 132; Joseph Louis Gay-Lussac (1778–1850), *Leçons de Physique*, po stenogramu M. Grosselina, Paris 1828, 16. lekcija; Friderich Karl Ludwig Schoedler, *Das Buch der Natur*, prevod Ivana Tuška, Knjiga prirode, *SM*, 1869, str. 130).

¹⁴ Šubic, *n. d.*, 1872, str. 12.

¹⁵ Joseph Fourier (1768–1830), *Théorie analytique de la chaleur*, Paris 1822; Simeon Denis Poisson (1781–1840), *Théorie mathématique de la chaleur*, Paris 1835.

¹⁶ Mechanische Wärmetheorie.

¹⁷ Šubic, *n. d.*, Učbenik 1874, str. 559; Šubic, *n. d.*, 1872, str. 17. Poudarki v tem in naslednjih citatih so Šubičevi.

¹⁸ Šubic, *n. d.*, 1872, str. 16.

¹⁹ Šubic, *n. d.*, 1872, str. 17–19; Šubic, *n. d.*, Učbenik 1874, str. 565; James Clerk Maxwell (1831–1879), *A Treatise on Electricity and Magnetism*, 1873.

²⁰ Profesor na realni in urednik v Berlinu August Karl Krönig (1822–1879), *Grundzüge einer Theorie der Gase*, *Ann. Phys.* 99 (1856) str. 315; profesor na politehniki v Zürichu Rudolf Clausius (1822–1888), Über die Art der Bewegung, welche wir Wärme nennen, *Ann. Phys.* 100 (1857), Ponatis v *Abhandlungen*

- über die Mechanische Wärmetheorie. 2. del. Braunschweig 1867. XIV. razprava, str. 229–259; ravnatelj politehnike v Karlsruheju Ferdinand Redtenbacher (1809–1863), Das Dynamiden-System. *Grundzüge einer mechanischen Physik*, Mannheim 1857; Šubic, *n. d.*, 1872, str. 20.
- ²² Šubic, *n. d.*, 1872, str. 21; Thomson, pismo Gabrielu Stokesu (1819–1903) iz leta 1857.
- ²³ Šubic, *n. d.*, 1872, str. 24.
- ²⁴ Šubic, *n. d.*, 1872, str. 58, 190 in 13–16; Ludwig Boltzmann (1844–1906), Über die Beziehung zwischen dem zweiten Hauptsatz der mechanischen Wärmetheorie und der Wahrscheinlichkeitsrechnung respektive den Sätzen über das Wärmegleichgewicht, Wien. Ber. 1877, ponatis v *Wissenschaftliche Abhandlungen*, Leipzig 1909, XLII razprava, II del, str. 164.
- ²⁵ Idealne pline.
- ²⁶ Šubic, *n. d.*, 1873, str. 152; Thomas Andrews (1813–1885), On the effect of great pressures combined with cold, on the six non-condensable gases. *Report of the British Association* 1861; On the continuity of the gaseous and liquid states of matter, *Phil. Trans.* 1869; On the gaseous state of matter, *Phil. Trans.* 1870.
- ²⁷ Šubic, *n. d.*, 1873, str. 185–194.
- ²⁸ Šubic, *n. d.*, 1873, str. 185.
- ²⁹ Šubic, *n. d.*, 1873, str. 186.
- ³⁰ Šubic, *n. d.*, 1873, str. 211–266.
- ³¹ Šubic, *n. d.*, 1873, str. 252–266.
- ³² Josiah Willard Gibbs (1839–1903), *Elementary principles in statistical mechanics*, New York 1902.
- ³³ Šubic, Über die Constanten der Gase, *Ann. Phys.* 145 (1872) str. 302–317; Über die Temperatur-Constante, *Ann. Phys.* 147 (1872) str. 452–468; Boltzmann, Über das Wärmegleichgewicht zwischen mehratomigen Gasmolekülen, Wien. Ber. 43 (1871), *n. d.*, 1909, XVIII razprava.
- ³⁴ ÖWAB 131 ex 1864 in 123 ex 1872.
- ³⁵ Šubic, pismo Karlu Glaserju (1845–1913) 1. 7. 1899, str. 2, nepaginirano (Rokopisni oddelek NI K).
- ³⁶ Šubic, Dinamična teorija o plinih, *Rad* 29 (1874) str. 1.
- ³⁷ Šubic, *n. d.*, 1874, str. 10 in 5.
- ³⁸ Šubic, *n. d.*, 1874, str. 6–7.
- ³⁹ Šubic, *n. d.*, 1874, str. 74.
- ⁴⁰ Šubic, *n. d.*, 1874, str. 90–108 in 126–130. Oba primera je opisal Boltzmann, *n. d.*, 1871 in Über das Wärmegleichgewicht von Gasen, auf welche äussere Kräfte wirken, Wien. Ber. 1875, *n. d.*, 1909, XXXII razprava.
- ⁴¹ Šubic, *n. d.*, 1874, str. 112–116.
- ⁴² Clausius, Über die Natur des Ozon, *Ann. Phys.* 103 (1858), *n. d.*, 1867, XVII razprava, str. 327.
- ⁴³ Matija Vertovec (1784–1851), *Kmetijska kemija*, 1847.
- ⁴⁴ Šubic, *n. d.*, 1874, str. 115.
- ⁴⁵ Šubic, *n. d.*, 1874, str. 133–134; Laplace, *Exposition du système du Monde*, Paris 1796, ruski prevod, Nauka, Leningrad 1982, str. 236; Josef Loschmidt (1821–1895), Zur Grösse der Luftmoleküle, *Ann. Phys.* 52 (1865) str. 395–407; Johannes Diderik Van der Waals (1837–1923), The continuity of the liquid and gaseous states of matter, Leiden 1873. Disertacija, nemški prevod, Leipzig, str. 111; Boltzmann, Über eine neue Bestimmung einer auf die Messung der Moleküle Bezug habenden Grösse aus der Theorie der Kapillarität, Wien. Ber. 1877, *n. d.*, 1909, II del, XLI razprava, str. 151; Georg Herman Quincke (1834–1924) z Univerze v Berlinu, *Ann. Phys.* 1869.
- ⁴⁶ Šubic, *n. d.*, 1873, str. 152; *n. d.*, 1874, str. 138 in 140.
- ⁴⁷ Boltzmann, Zur Theorie der Gasreibung, Wien. Ber. 81 (1880) str. 122, *n. d.*, 1909, LVII razprava.
- ⁴⁸ B. Javorsky in A. Detlaf, *Handbook of physics*, Mir, Moscow 1975, str. 213–214.
- ⁴⁹ Clausius, Über die mittlere Länge der Wege, *Ann. Phys.* 105 (1858), *n. d.*, 1867, str. 273; Šubic, *n. d.*, 1874, str. 144.
- ⁵⁰ Pučnik, *n. d.*, 1979, str. 97.
- ⁵¹ Šubic, Manometer-Hygrometer, Wien. Ber. II 73 (1876) str. 531; Nove metode za opredeljevanje vlage u zraku, *Rad* 40 (1877) str. 1.
- ⁵² Rosenberger, *n. d.*, 1890, str. 235–236.
- ⁵³ ÖWAB 125 ex 1862, 368 ex 1862 in 373 ex 1863.

¹¹ ÖWAB 314 ex 1876.

¹² Šubic, *n. d.*, 1877, str. 2.

¹³ Šubic, *n. d.*, 1877, str. 7 in 8.

¹⁴ Psychros (gr.) mrzel (Ernst Ferdinand August (1795–1870), gimnazijski učitelj in od 1827 ravnatelj realne gimnazije v Kölnu, Über das Psychrometer, *Ann. Phys.* 5 (1825) str. 69 in 335 in 14 (1828) str. 137).

¹⁵ Šubic, *n. d.*, 1877, str. 4–2.

¹⁶ Pučnik, *n. d.*, 1979, str. 63; Penzar, *n. d.*, 1980, str. 121.

¹⁷ Šubic, *n. d.*, *Učbenik*, 12. poglavje, str. 633–701.

¹⁸ Šubic, *n. d.*, 1877, str. 8.

¹⁹ Šubic, *n. d.*, 1877, str. 76–77.

²⁰ Clausius, *Ann. Phys.* 9 (1878); Boltzmann, *Über die Bestimmung der Absoluten Temperatur*, Akademija München 1893, *n. d.*, 1909. CII razprava, III del, str. 490; N. V. Vdovičenko, Razvite fundamentalnih principov statističske fiziki v prvo polovini XX veka, *Nauka*, Moskva 1986, str. 121.

SYNOPSIS

Simon Šubic (1830–1903) from Polland in upper Carniola published first scientific physical articles in Slovene language

Šubic was one of the three University professor of physics of Slovene origin in 19th century. We described the first three papers in physical science in Slovene language, that were published by him in Zagreb between the years 1869–1874. Later ones in 1877 were already translated into Croatian language. We put Šubic's researches in mechanics, physical thermodynamics and meteorology in the broader historical range. We discovered, that he took the material for all three articles from his lectures about heat and meteorology in the university of Graz. In the first article he used elementary mathematics for description of stormy whirls. In the second article he used higher mathematics to present research in theory of heat in the first half of the 19th century. The highest value we gave to the third Slovene article about physics published in Zagreb under the title «Dynamic theory of gases». It was a broader redaction of two articles published two years earlier in the most important German review of that time.

Šubic's criticism of his superior in the university of Graz Boltzmann was described and advantages that made Boltzmann's theory superior were cleared. Reasons that ended Šubic's scientific work in Slovene language that had no followers for the next seven decades were discussed.

ZUSAMMENFASSUNG

Simon Šubic (1830–1903) aus dem Poljane-Tal veröffentlichte die ersten wissenschaftlichen Abhandlungen aus Physik in slowenischer Sprache

Šubic war einer von den drei aus Slowenien stammenden Universitätsprofessoren für Physik im 19. Jahrhundert. Im Beitrag werden die ersten drei physikalischen Abhandlungen in slowenischer Sprache vorgestellt, die er zwischen 1869 und 1874 in Zagreb veröffentlichte. Die letzten zwei Abhandlungen wurden schon in Kroatisch veröffentlicht. Seine Forschungen in Mechanik, Wärmetheorie und Meteorologie werden in einen breiteren geschichtlichen Rahmen gestellt. Es wird festgestellt, dass er den Stoff für alle drei slowenischen

Abhandlungen aus seinen Vorträgen über Wärme und Meteorologie an der Universität in Graz schöpfte. In der ersten Abhandlung beschrieb er mit einfacher Mathematik die Tätigkeit eines Wildbachwirbels. In der zweiten fasste er mit zeitgemäßen mathematischen Methoden die Wärmeforschungen in der ersten Hälfte des 19. Jh. zusammen. Am höchsten wird das wissenschaftliche Niveau der letzten, in Zagreb veröffentlichten slowenischen physikalischen Abhandlung "Dynamische Gastheorie bewertet, welche eine Bearbeitung der zwei Jahre älteren Abhandlungen war und die in der bedeutendsten deutschen physikalischen Zeitschrift veröffentlicht wurden. Die Ideen werden gezeigt, die Šubic zur Kritik über die Ideen von Boltzmann, der ihm als Lehrstuhlinhaber an der Universität in Graz vorgesetzt war, führten. Man hat die Vorteile erforscht, wegen deren sich Boltzmanns Theorie später als richtig gezeigt hat. Es werden auch die Gründe angedeutet, die das wissenschaftliche Wirken von Šubic in slowenischer Sprache unterbrachen und welches sieben Jahrzehnte lang keine Nachahmer fand.