Ali glagoli treće vrste drugoga razdjela s osnovom od dva sloga i s ovijem akcentom na pretposljednjem slogu, koji u sadašnjem vr. ne mijenjaju akcenta, mijenjaju ga u ovom obliku tako da ` otpada pa na drugi slog dolazi ': 20 a.

c. Kad je u neodregjenom ̏.

Koji u sadašnjem vr. taj akcenat mijenjaju mijenjaju ga na isti način i u ovom obliku: 3 b., 6 a. b., 16, 67, 69. Ovamo idu i glagoli prve vrste koji u infinitivu šireći osnovu ili mjesto suglasnoga završetka imajući samoglasni imaju ': 5.

Koji u sadašnjem vr. mijenjaju ̏ na ̑, ali u 3. licu mn. ne slijevajući samoglasnoga od osnove s umetkom imaju ̏, oni taj akcenat imaju i u ovom obliku: 4, 53.

U kojih se u sadašnjem vr. ne mijenja ne mijenja se ni ovdje: 3 a., 4, 6, 14, 16, 17, 37, 38, 39, 54, 55, 67, 68, 69, 70, 84, 85.

d. Kad je u neodregjenom ̑.

Taj akcenat ostaje bez promjene u ovom obliku.

e. Kad je u infinitivu ` sa ̑, ili ̏ sa ̑.

I ti akcenti ostaju u ovom obliku bez promjene.

U prilogu pregjašnjega vremena.

U tom obliku samoglasno koje se nagje pred nastavkom dobija ̑, i ako u osnovi pred tijem samoglasnijem ima još koje s kakim mu drago akc. u infinitivu, ostaje i na njemu akcenat kakav je u infinitivu.

RAD 6 (1868)

Kaj so hudourni vrtinci.

SPISAL DR. SIMON ŠUBIC,
dopisujući član jugoslavenske akademije znanosti i umjetnosti.

Predano u sjednici matematičko-prirodoslovnoga razreda jugoslavenske akademije znanosti i umjetnosti 29. srpnja 1868.
July

V nekem pismu, ki mi ga je pisal oče leta 1855, najdem zapísano: „Taki vrtinci se delajo v hudih urah tudi v naših krajih; zavrtelo se je po vetru od cerkve tje po travnikih pa je senó vzelo; na kolskem vrhu pri Kožuhu pa vzame vrtinec cel voz sená; pa sem tudí sam vídel na jezeru, ko je vodó zavrtel pa jo je nesel kvišku; ta reč je taka da zbolí človek, ko bi se začudil, mi pravimo da se hudi pritisne (!)“.

Časi se vidi pri lepem vremenu v zraku vrtinec, ki ga dela veter iz peska in prahù. Ko pa prihajajo viharji, delajo se veči vrtinci, ki vzdigujejo na okrog prah, pesek, listje, slamo, seno in tudi vodó. V mestih se delajo po navadi taki vrtinci iz prahù okoli mestnih vrat, kjer veter piše poleg kakega zidù do vrat. Vrata so ožja nego prostor pred vrati, ter se veter zavira in zavija pa se zavrti po zraku. Kar dela zid pri vratih, ki zavira veter, storé pod prostim nebom tudi vetrovi, ki gredó eden drugemu nasproti.

V boji močnih nasprotnih vetrov rodé se v hudih urah ali pri hudem vremenu močni vrtinci iz vodá in meglá po morji, po jezerih, po rekah in po suhem. Moč hudournih vrtincov je taka, da izdirajo drevesa s korenino, jemljó strehe raz hiš pa na morji trgajo platnena jadra na barkah.

O meglenem vrtinci mi je pripovedoval domorodec, ki ga je videl na savskem polji, takole: Pripravljalo se je k hudej uri, veter nestanoviten je pihal skakoma zdaj od te zdaj od one strani; solnce, večidel zakrito, prikazaje se pripekalo je kakor pred točo; prišel je viharni dež brez bliska in treska.

Huda megla vleže se proti jugu, v oblakih vré neprestano, kakor ko se k toči pripravlja. Močen sever pripodi od zahodne strani hudo megló, megla se nizko vleče, malo daje deža. Ko jo pripodi nad savsko polje, stori se iz nje črna megla, na kraji gladka, na sredi pa nekaj zbočena navzdoli. Ne traje dolgo pa se na zbočenem mestu potegne megla proti tlem tako, da dobi podobo, kakor jo ima vlivalnik ali pa debel nekaj zakrivljen korén, ki gleda iz zgornje megle na zemljo.

Ko je meglen vrtinec v podobi zakrivljenega korena iz megle proti tlem potegnil se, zavil se je tudi veter in potegnil je po polji od izhodno južne strani; med tem pa je vidoma v daljnih meglah, bolj tje proti snežnikih, vihar pihal in jih vrtil in dež je lil, da ni bilo onde viditi niti hriba niti zemlje. Ko je v urnih meglah pobliskalo se, segal je blisk tudi po meglenem vrtinci ter se je vidilo natanko njegovo truplo. Natanko se je ločila sreda vrtinca ali vrtinčeva *os*, okoli ktere so sukale se megle, viditi je bilo, kakor da bi bil vrtinec na sredi prazen in kakor da bi črne megle stoječe daleč okoli sukale se krog njegove osi.

Trajala je prikazen tega vrtinca kakih pet minut, potem pa so se vrteče megle hitro razkropile, poblisknolo se je in strela je vdarila iz megle v Savo ali na polje. Za strelo prišla je ploha in iz male megle se je vsul dež, kakor da bi bili oblaki pretrgali se, in z dežjem je padalo nekaj toče debele kot lešnik.

O vodenem vrtinci mi je pisal oče samo to: „megle so šle po severu, po tleh je pa južen veter potegnol ter je zagnal iz ceste prašen vrtinec tje na jezero, kar se zavrti voda k višku, kakor bi jo megla vzdigovala“.

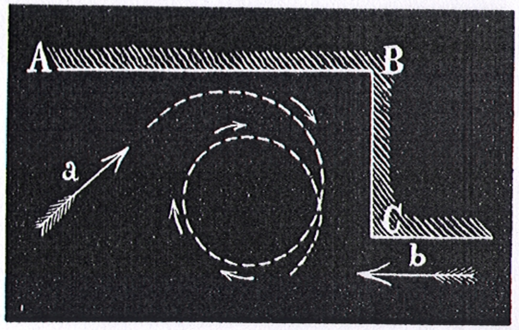
Bolj natanjko pripoveduje Mohr v Poggendorff-ovih annalih o vodenem vrtinci, ki so ga vetrovi napravili pri Koblenci prvega Maja 1835. leta. Kmalu popoldne se je vzdignol veter na polji, delal je vrtince iz prahu in peska in vse huje je pihal. Vzdignol se je vrtinec iz prahú in peska visoko v zrak, visokejši nego so bile vse bližnje hiše. Vrtinec je imel podobo velikega vlivalnika ali pa silnega korena, ki nekaj na pošev stoji na tléh. Tako čez polje gredé je vjel vrtinec ženó, ki je imela jerbas na glavi; vrgel je ženo na tlá, jerbas pa je vzdizgnol s sabo visoko v zrak in ga nesel unkraj reke Rene.

Veter je gnal vrtinec z močnim hrupom in pišem; vrtinec je vzel streho raz hiše pri fabriki, jo vzdignol in nesel črez fabriko daleč tje na polje. Ko je prignal veter vrtinec nad reko Mozel, spremenolo se je vrtinčevo truplo, mesto prahú in peska se je storil vrtinec iz vodé. Kakor da bi bila zavrela voda onde, kjer se je je zadel vrtinec, vzdignol jo je pol vodotoka na ši roko kvišku.

Enaki vodeni vrtinci so velika nevarnost za mornarje na morji. O hudem vremenu delajo se po morji radi taki vrtinci ter gredó po vetru s silno močjo. S silnim hrupom bližajo se barki, ako jo vjamejo, potrgajo in polomijo, kar stoji na njej; debele hrastove tramove ali stebre, ki nosijo jadra, poderó, kakor bi bile šibe. Barke, ki imajo topove pri sebi, postavijo se v boj s hudim vrtincem, ako mu ne morejo uiti. Kakor da se bliža sovražnik, streljajo na barki na vso moč v bližajoči se vrtinec. Z močnim streljanjem razsuje se nekaj vodenega vrtinčevega trupla, zgubi se precej njegove vrteče moči in mornarji so veseli, če mu vzemó toliko moči, da ne stori druge kvari, da jih oblije z barko vred z vodo, ki jo je iz morja vzdignol.

Kdor se nameni razlagati, kaj só vrtinci in od kod prihaja njihova nevarna moč, mora ogledovati natanko okoljščine in gledati kako se delajo. Ker ne najdem nikjer nobene razlage, zakaj gre v vrtincih voda kvišku in megla vodi nasproti navzdoli, naj tukaj popišem, kaj je vzrok zračnih, meglenih in vodenih vrtincev.

Ogledavanje hudournega vrtinca pri Koblenci nam kaže, da ni pravega razločka med peščenim in med vodenim vrtincem. Nad reko se je spremenol vrtinec, mesto prahú in peska se je storil iz vodé. Poglejmo tedaj najpoprej kako se dela vrtinec iz peska in prahú.



V pristavljenej podobi naj pomeni AB zid, ki dela pri B kot z drugim zidom BC; kadar vleče veter kakor strela a kaže, delajo se iz prahú v kotu vrtinci. Od začetka pometa veter prah nekaj napošev, bliže pa ko pride zidu BC, bolj zavrteva prah na okrog. Posebno rad se dela vrtinec, ako je zid BC pri C

odprt, kadar piše nasproti drug veter, kakor kaže stela *b*. Kakor hitro pa se zasuče pesek po vrtincu enekrate na okrog, raste mu moč, rad se vrti dalje, če veter koliko piše, pa tudi rad gre po vetru naprej. Močneje ko piše veter, hitreje se suče pesek in prah po vrtinci, bolj se vzdiguje prah kvišku, viši in širji postaja vrtinec. —

Od začetka ko veter prah po tléh pometa, predno se vzdigne prah kvišku, suče se prah tako po tléh na okrog, kakor da bi obroč iz prahu po tléh plesal. Prah se razdeli po okrogu naokoli, v sredi vrtinca ni prahu viditi, da bi plesal, temveč prah beži iz srede, kakor da bi bil kdo pomel prah iz srede in ga razdelil na okrog.

Ogledovaje prašni vrtinec zapazimo dve znameniti stvari, prah beži iz srede in razdeli se po okrogu naokoli, močneje pa ko veter pripihuje, hitreje se vrti prah zunaj po vrtinci na okrog, sreda vrtinčeva ali *os*, okoli ktere se vrti, pa ostane brez prahu.

Primerjaje podobo našega peščenega vrtinca z meglenim vrtincem, ki je spredaj popisan, spoznamo da je tudi med peščenim in meglenim vrtincem toliko enakih prikazkov, da ni najti pravega druzega razločka med njima, nego da je ta iz prahu, oni pa iz meglá, da je ta majhen oni pa velik. Rekli smo tamkaj popisovaje megleni vrtinec: natanko se je ločila sreda ali vrtinčeva *os*, okoli ktere so sukale se meglé, viditi je bilo, kakor da bi bil vrtinec na sredi prazen in kakor da bi črne megle stoječe daleč okoli sukale se okoli njegove osi.

Med peščenim, vodenim in med meglenim vrtincem ni tedaj pravega druzega razločka, nego da je ta iz prahu, oni pa iz vodé ali pa iz meglá. Pri vsakem vrtinci pa hiti tvar, iz ktere je, iz srede ali osi, ter se vrti zunaj na okrog.

Vrtinec iz prahu pa, ko gre prek ceste, pomete jo in vzame prah vase, kakor bi ga otlina njegova okoli osi kvišku srkala. Ko pa pride vrtinec nad vodo, srka otlina njegova vodó, kakor je po cesti prah srkala, vzdiguje jo kvišku; iz peščenega vrtinca postane vodeni vrtinec. Tisto moč pa, ki jo ima spodnji konec vrtinčevi, ki gre po tléh, moč s ktero vleče, kar najde na tléh, v svojo otlino, ravno tisto moč ima vrtinec tudi više gori v svojem truplu, zato jemlje strehe raz hiš. Tista moč sega tedaj od tal gori, kakor daleč sega vrtinec kvišku.

Kakor na tléh vleče vrtinec prah in druge stvari v svojo otlino, enako vleče vase zgornji konec, ki sega v zrak. Ko tedaj o hudem vremenu megle nizko stojé, vrtinec pa po vetru visoko v zrak vzdiguje se, pride zgornji konec tako blizo megla, da jih vrtinec vase vleče navzdoli, ter napravi megli rep, ki sega vrtincu nasproti.

Kakor vodeni vrtinec meglo vase vleče, enako se godi onde, kjer se stori popred vrtinec iz meglá; megléni vrtinec, ki sega blizo tal nad vodo, vleče enako vodò vase ter jo vzdigne in napravi iz nje vrtinec, ki mu sega nasproti.

Zdaj ko spoznavamo, da obsega vsaktere vrtince enaka moč, ki suče njihova trupla okoli osi, da postaja okoli osi otlina, ki z močjo telesa vase vleče, treba je rasjasnovati tiste natorne ali fizikalne vzroke in okoljščine, od kterih dobivajo vrtinci otlino in moč, da votlina telesa tako mogočno vase vleče.

Fizika onde, kjer govori o vrtečem gibanji, nam razlaga, da telesa, ki se vrté naokrog, bežé od tistega kraja, krog kterega se vrté. Naprava, s ktero se delajo skušnje ali eksperimenti od vrtečega gibanja, imenuje se „centrifugalna mašina“. Enako kakor se na kolovratu vrti vreteno okoli osi, vrté se s centrifugalno mašino telesa krog svoje osi.

Mislimo si, da *os* z vretenom ne leži kakor na kolovratu, ampak da po konci stoji kakor preslica, spremenimo zdaj v mislih tudi perutnice v stekleno posodo in mislimo si mesto vretena v tej posodi nekaj vode, in pa nekaj živega srebra. Posoda naj bo spodaj ozka, zgoraj pa vse širja, okrogla in zaprta. Kadar vrtimo posodo krog osi, vrtita se voda in živo srebro tudi krog osi. Bolj ko vrtimo, bolj se voda vzdiguje od dna kvišku po stranéh steklene posode, v sredi pa prazen prostor postane okoli osi. Voda se vzdigaje do naj širjega dela ter se razdeli po posodi naokrog, kakor širok pas. Ako se vrti dosti močno, vzdiguje se tudi živo srebro od dna ter se poda v nar širji prostor in še bolj se pritisne posode in dela svoj pas krog in krog. Viditi je kakor da bi posoda znotraj imela obroče iz vodé in živega srebra.

V našej vrtečej posodi pa ni samo nekaj vodé in živega srebra, tudi zrak je v njej. Kar prostora ne vzameta voda in živo srebro, toliko je zraku notri. Zrak je pa tudi težko telo. Kakor voda in živo srebro, ko se vrtita krog osi, bežita od osi, enako hiti tudi zrak od osi, ter se pritiska ob stranéh v posodi. Na sredi

*

krog osi tedaj ni samo na videz otlina, ampak v resnici je ta otlina tudi prava otlina v tem pomenu, da je prostor krog osi, ki se nam vidi otel tudi p r a z e n, ker mu še zrakú manjka.

V sredi otline, ki jo delata vrteča voda in živo srebro, je tedaj prazen prostor, ker tudi zrak dela enako otlino. Zrak od osi beži, ter okoli osi prazen prostor ostane. — Ko pa posrkamo zrak iz kake cevi držé spodnji konec cevi v vodó, vzdigne se voda v cevi, da nam po cevi pride v usta. Zunajnji zrak, ki tišči na vodó, žene zdaj vodo v cev, ker smo posrkaje zrak v njej nekaj spraznoli. Kadar bi posrkali iz cevi ves zrak t. j. ko bi jo popolnoma izpraznoli, vzdignol bi zunajnji zrak vodo v njej blizo 32 črevljev visoko.

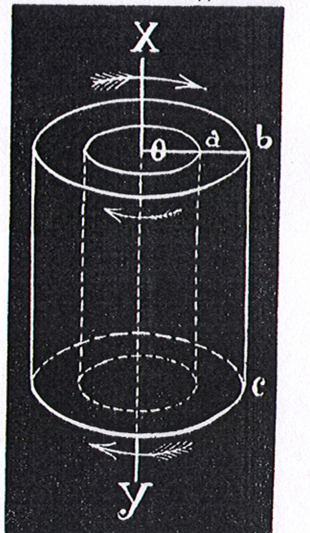
Kakor cev, ki je prazna in brez zrakú, vleče vodó vase, enako mora naša posoda vrteča se krog osi vase vleči, ker je prostor krog osi tudi v njej prazen. Ko bi mi tedaj med tem, ko delata voda in živo srebro pas okoli posode od spodaj deli nekaj prahú in peska vanjo, predno zunajnji zrak v otlino stopi, potem pa bi tekoj tudi zunajnji zrak vanjo spustili, videli bi dvojno prikazen: zunajnji zrak bi zagnal prah v otlino, kjer je prazen prostor, sčasoma pa bi prah tudi vrteti se jel krog osi, bežal bi na strani, vrtel se kakor po vrtinci med tem pa bi v sredi zopet postajala otlina in tudi prazen prostor, ko bi ga pritekujoči zunajnji zrak zmerom ne napolnoval.

Ko pa tako zunajnji zrak tem huje pritiska v otlino in jo hiti napolnovati stim večo močjo, čim hitreje se vrtinec vrti, bolj ko se dela otlina, tedaj ima vrtinec tim večo moč čim hitreje se suče.

Ako pogledamo nekaj bolj natanko našo vrtečo posodo primerjaje to kar vidimo v njej s hudournim vrtincem, spoznamo da ima vrtinec dvojno moč. Prva moč pride kakor smo ravno slišali od tod, da se krog osi prazen prostor dela ter zunajnji zrak noter pritiska, kakor da bi otlina vase vlekla. Druga moč pa je ona, ki dela prazen prostor in votlino krog osi. Ta moč je vzdignola v posodi vodó in živo srebro gori do naj širjega kraja ter je rodila moč, ki je razdelila vodo in živo srebro kakor pas okoli osi in pritiska ti telesi tako močno na notrajne strani, da niti voda niti živo srebro doli pasti ne more, akoravno ju zemlja vedno nase vleče. Ta moč žene tedaj telesa, ki se krog osi vrté, proč od o s i. Po lastnosti ki jo imajo kapljine, da se rastekajo po posodah na dno, imela bi se voda, ki zdaj dela pas, razliti po straněh in sto-

piti na dno posode. To se res zgodi, ko jenjujemo vrteti posodo, krog osi, viditi je, kakor da bi moč, ki dela pas vode in srebra, skušala goniti jih dalje na okrog, pa se tekoj vidi, da ta moč peša, ko jenjuje vrtenje. Ko jenjamo vrteti, potegnejo se pasovi niže in niže proti dnu posode, dokler se vse nepomiri in voda in živo srebro mirno na dnu stojita. — Kakor hitro pa moč mine, ki je gonila pasove krog osi, minejo pasovi in s pasovi mine tudi prazen prostor, ki se je s pasovi vred napravil. Naši moči ste tedaj v takej zvezi, da ena brez druge obstati ne more, in sicer je moč, ki dela vrtenje krog osi glavna moč, od nje delajo se pasovi in žnjimi vred otlina, ki še le potem prinese saboj drugo moč, ki vleče telesa v otlino.

Hudouren vrtinec ima tedaj dve glavni moči, po zunajnjej strani je moč, ki obstoji v vrtenji; v sredi v otlini pa moč, ki telesa vase vleče. Ko pride vrtinec na pr. do kupa sená, razbrskuje ga na okrog kakor se suče, ko pa dalje gredé kup sená stoji v vrtinčevej otlini, pahne ga zunajnji zrak kvišku v otlino, kakor da bi ga otlina kvišku vase potegnola. Ako pride močan hudouren vrtinec do slabe strehe, razsterga jo nekaj od kraja, kjer jo zadene, kakor bi se brusila ob veliko tekoče koló, ko pa stopi vrtinec ravno nad streho, ki je tako majhna, da ima prostor v velikej vrtinčevej otlini, potegne jo otlina vase kvišku, ako ima vrtinec dosti moči, ter je viditi kakor bi veter streho kvišku vzdignol in saboj vzel.



Preračunovaje moči, s ktero se vrtinec suče krog svoje osi in s ktero vase vleče, mislimo si, da se vrti zračno koló krog osi XY, kakor kaže pristavljena podoba.

Notrajnji dosrednik oa imenujmo r, zunajnji ob pa R, to je $oa = r$, in $ob = R$. Postavimo $bc = h$. Po geometričnih ukih obsega zunajnja postranska p l a n $2R\pi.h$, imenujmo jo F, ter je $F = 2R\pi.\ h$. Črka π pomeni l u d o l f o v o število in sicer $\pi = 3{\cdot}14159$.

Zunajnja postranska plan, ko je še na miru, trpi od zunaj kot od znotraj enaki t l a k od zraku.

Merili bomo vse množine po francozkej meri. Francozka mera se opira na **meter**, ki ima 3·1635 avstrijanskih črevljev. Meter meri **dolgosti**, kvadrameter **plani**, kubikmeter pa meri **telesa**.

Ako hočemo meriti tlak, ki ga trpi plan F od zraku, vzemimo tlak, ki ga trpi en kvadrameter te plani $=$ p, leta tlak znese p $=$ 10334 kilogramov, vsak kilogram $=$ 1·786 austrijanskih funtov. Zunajnja postranska plan trpi, ko se še ne vrti, od obeh strani tlak D $=$ p. F kilogramov.

Ko pa veter zasuče zračno kolo krog osi, zbudi se tista moč, ki goni vrteča trupla proč od osi, to je moč, ki dela pri našej poprejšnjej skušn. pasove iz vodé in živega srebra. Ta moč goni od srede, krog ktere se vrti, ter jo bomo imenovali **centrifugalno** moč in zaznamnovali z črko φ. Matematična fizika uči meriti centrifugalno moč ter nam daje za mero $\varphi = \frac{Q.\, c^2}{g\rho}$, kjer pomeni Q težo telesa, ki se vrti krog osi; c pomeni hitrost, s ktero se verti; ρ kako daleč od osi je težišče (Schwerpunkt) vrtečega telesa, in g pomeni koliko narašča hitrost padajočega telesa vsako sekundo, imenuje se g **akceleracija** in meri 8·91 metrov ali blizo 32 črevljev.

Glavna moč pa, ki goni zračno telo krog osi, meri se po tem kolikor more storiti **dela**. Q je teža vrtečega zraku, c hitrost s ktero se vrti. Matematična fizika imenuje $\frac{Q.\, c^2}{g}$ **živo moč**. Delo A, ki ga vtegne storiti leto telo, znaša **pol** žive moči, ter je $A = \frac{Q.\, c^2}{2g}$. Živa moč je ona, s ktero brusi in trga vrtinec tiste stvari, ki jih zadeva. Kadar je živa moč dosti velika, da more vzdigniti in nesti stvar, ki jo odtrga vertinčevo kolo, vzame vrtinec stvar saboj in jo nese po zraku kam drugam.

Vse prikazni hudournih vrtincev izhajajo iz njih **žive** in **centrifugalne moči**. Živa moč naznanja delo, delo pa imenujemo, da moč nosi kako težo nekaj pota naprej. Delo, ki ga stori moč, ko prenese *en* kilogram *en* meter daleč se imenuje *en* **kilogram-meter**. Delo se tedaj meri po kilogram-metrih. **Centrifugalna** moč φ ne naznanja nobenega dela, ampak kaže samo s ktero močjo se vleče vrteče telo proč od osi, meri se tedaj po **kilogramih**, kteri toliko tlačijo, kolikor tlači ta moč na strani.

Ko se zbudi od žive moči vrtečega zraku centrifugalna moč, ki tlači na strani, začenja se razširjati naše vrteče zračno kolo na strani, ker ga centrifugalna moč saksebi žene in sicer tako daleč, dokler se jej ne postavi od zunaj nasproti enako močna moč. Ko je bil zrak še na miru, je bil tlak na postransko zunajnjo plan D $=$ p. F, zdaj pa je od znotraj veči tisk D_1, obstoječi iz D in iz centrifugalne moči φ, ter zdjaj $D_1 = D + \varphi$.

Ko je zrak na miru, trpi vsaka plan, naj bo na mestu, kjer si mislimo plan F ali pa dalj od osi, od obeh strani enak tlak od zrakú. Zdaj pa ko se zračno kolo krog osi suče, to ne velja več. Mislimo si da dela naše zračno kòló cel vrtinec, ki sega od tal visoko kvišku ter tam, kjer gre k koncu, približuje se naša zunajnja plan P bolj in bolj k osi in se sklene od osi k strani nad vrtincem. Enako vtegne sklenoti se plan F na spodnjem konci, kadar se prigodi, da vrtinec zemlje ne zadeva. To nam kaže, da v resnici zunajnja vrtinčeva plan vtegne zagrajati vrtinčevo truplo od vsih strani, naša podoba pa nam kaže samo kos tega trupla in kos te plani. Ker pa na vsih krajih, kjer se zrak vrti krog osi, od znotraj sem od osi prihaja tlak veči nego od zunaj $D_1 > D$, ter ko plan F zagraja vso truplo, je tudi na vsih straneh znotrajnji prostor pred zunajnjim zrakom zaprt, akoravno moč, ki ga zapira, peša bliže osi ko pride plan F. Vtegne pa se tudi zgoditi, da plan F gre od zgor do spod v eno mer in da neha brez sklepanja, takrat je tedaj prostor krog osi na obeh konceh odprt, ter zunajnji zrak lahko vanj plane.

V namenu preračunati moč, ki se dela v vrtinčevoj otlini, si pa mislimo, da bi zunajnji zrak ne mogel nikjer planoti v notrajnji prostor krog osi; tam kjer je $D_1 > D$ se to tudi nikoli zgoditi ne more, drugače pa zna biti na konceh osi.

Ko je od zunaj na postransko plan F tlak D $=$ p. F, od znotraj pa $D_1 = D + \varphi$, žene centrifugalna moč vrtinčevo truplo saksebi, dokler se jej ne postavi od zunaj nasproti enaka moč. Mislimo si da med tem, ko se razširja vrtinec, moč φ ostane stanovitna, in prašajmo, na kterej postranskej plani F_1 se najde v zraku od zunaj sem tlak D_1, do tiste plani F_1 se bo pri centrifulgalnej moči φ razširjalo vrtinčevo truplo. Na plani, ki jo iščemo, mora tedaj biti

$$D_1 = D + \varphi \text{ ali } D_1 = p.\, F + \frac{Q.\, c^2}{g\rho}.$$

Ker je pa na tej plani F_1 tlak na sebi $D_1 = p.F_1$ ter je tudi

$$p.F_1 = p.F + \frac{Q.c^2}{g\rho} \text{ ali } F_1 = F + \frac{Q.c^2}{pg\rho}.$$

Zunajnja plan, ki obsega vrtinčevo truplo po stranéh je tedaj narasla za

$$F_1 - F = \frac{Q.c^2}{pg\rho}.$$

Prašanje: za koliko je narastel dosrednik R ali koliko znaša zdaj dosrednik R_1 zunajnje strani našega kolesa?

Kakor je $F = 2R\pi.h$, enako je $F_1 = 2R_1\pi.h$, tedaj je

$$R_1 = \frac{F}{2\pi h} \text{ ali } R_1 = \frac{F}{2\pi h} + \frac{Q.c^2}{2\pi pgh\rho}.$$

Ker pa je $\frac{F}{2\pi h} = R$, tedaj je $R_1 = R + \frac{Q.c^2}{2\pi pgh\rho}$.

Dosrednik zunajnje plani našega kolesa ali vrtinca je tedaj narastel za

$$R_1 - R = \frac{Q.c^2}{2\pi pgh\rho}.$$

Prašanje: za koliko je pa narasel notranji prostor krog osi ali koliko se je storilo otline?

Geometrija uči, da notrajnji prostor V pri dosredniku R meri $R^2\pi h$, pri dosredniku R_1 pa $V_1 = R_1{}^2\pi h$, tedaj je prostor krog osi narasel za

$$V_1 - V = \pi h\,(R_1{}^2 - R^2).$$

To pa velja

$$V_1 - V = \pi h\left[\left(R = \frac{Q.c^2}{2\pi pgh\rho}\right)^2 - R^2\right] = \pi h\left(\frac{RQc^2}{\pi pgh\rho} + \frac{Q^2.c^4}{4\pi^2p^2g^2h^2\rho^2}\right),$$

$$\text{ali } V_1 - V = \frac{RQc^2}{pg\rho} + \frac{Q^2.c^4}{4\pi h.p^2g^2\rho^2}.$$

Ko bi zrak, ki je v miru, bil razdeljen po prostoru $V = R^2\pi h$, bi zdaj bil tudi v eno mero razdeljen po prostoru $V_1 = R_1^2\pi h$, bi njegova **gostost** $= \delta$ k gostosti prostega mirnega zraku, ktero postávimo $= 1$, po Mariottévem zakonu stala v razmeru

$$\delta : 1 = R^2 : R_1{}^2 = R^2 : \left(R + \frac{Q.c^2}{2\pi pgh\rho}\right)^2,$$

njegova zdajnja gostost δ bi tedaj iznesla v narastenem notrajnjem prostoru

$$\delta = \left(\frac{2\pi pgh\rho.R}{2\pi pgh\rho R + Q\,c^2}\right)^2.$$

Po gostosti mirnega zraku pa se ravna njegov tlak na strani; pri gostosti $= 1$ imenovali smo tlak $= p$ na vsak kvadrameter; imenujmo ga p' pri gostosti δ, ter je razmer

$$\delta : 1 = p' : p \text{ ali } p' = \delta.p.$$

Ker se je gostost zmanjšala in $\delta < 1$, je tudi $\delta.p < p$, tedaj od zunaj zrak na vsak kvadratni meter ima $p - \delta p = p\,(1 - \delta)$ več moči nego znotraj. Zdaj, ko meri plan na konci $R_1{}^2\pi$ kvadratnih metrov, bi od zunaj v votlino tiščal zrak z močjo $= R_1{}^2\pi p\,(1-\delta)$ kilogrammov. Toliko bi iznesla moč, s ktero bi vrtinčeva otlina vase vlekla telesa, ko bi zrak v njej bil v miru in bi se ne vrtel kakor se vrti v zunajnjem kolesu.

V resnici pa zrak v notrajnjem prostoru nemore ostati miren, ampak vse hitrije se vrti ves notrajnji zrak krog osi. Treba je tedaj spomnoti se zgor omenjene skušnje, ki nas je učila, da se pri močnem vrtenji krog osi delajo pasovi iz notrajnjega telesa, pasovi, ki se vrté po postranskej plani krog osi. Ko se tedaj ves notrajnji zrak močno po vrtinci vrti, zgine zrak od osi, pritisne se na zunajno postransko plan F_1 ter dela tam gosto vrteče kolo ali gost zračen pas. V sredi je tedaj $d = o$, dokler od koncov sem zunajnji zrak noter ne pridere. Ker nevemo, kako debel je zračni pas, postavimo njegov notrajnji dosrednik $= x$, tedaj notrajnji prostor od osi do pasov znese $= x^2\pi.h$. Ker se vrtinec zdaj razširja po prostoru $V_1 = R_1{}^2\pi h$, ostane za zračni pas prostor v

$$v = (R_1{}^2 - x^2).\pi h.$$

Prostor zračnega pasa v je na toliko manji od celega prostora V_1, kolikor veča, je moč, ki tišči na pasove, od moči δp, ki meri tlak v prostoru V_1; moč pa, ki tišči na vsak kvadratni meter po pasovih, pa pride iz centrifugalne moči φ in iznese $\frac{\varphi}{F_1}$, tedaj je razmer

$$v : V_1 = \delta p : \frac{\varphi}{F_1}, \text{ tedaj je } v = V_1\,F_1\,\frac{\delta p}{\varphi}.$$

Vrednosti v morate enaki biti ter je

$$(R_1{}^2 - x^2)\,\pi h = V_1\,F_1.\frac{\delta p}{\varphi} = 2\pi^2h^2R^3{}_1.\frac{\delta p}{\varphi};$$

tedaj meri izpraznjen prostor

$$V_1 - v = x^2\pi . h = R_1{}^2\pi h \left(1 - 2\pi h R_1 . \frac{\delta p}{\varphi}\right),$$

ali
$$V_1 - v = V_1 \left(1 - F_1 . \frac{\delta p}{\varphi}\right).$$

Končna plan praznega prostora $x^2\pi h$ meri $x^2\pi$ kvadratnih metrov. Ker je v tem prostoru ali v otlini v pričetku $d = o$, žene zunajnji zrak z vso svojo močjo, ki ima $= x^2\pi . p$ kilogramov, od zunaj notri v vrtinčevo otlino.

Imenujmo moč s ktero vertičeva otlina vase vleče S, pa imamo

$$S = R_1{}^2\pi p \left(1 - 2\pi h R_1 . \frac{\delta p}{\varphi}\right) \text{ ali pa}$$

$$S = \frac{V_1 p}{h}\left(1 - F_1 \frac{\delta p}{\varphi}\right).$$

Vrtinec, ki ima centrifugalno moč $\varphi = \frac{Q\, c^2}{g\rho}$ napravil se je, ko je notrajnji prostor bil V, zunajnja postranska plan F. Prašaje s ktero močjo **vrtinec** vase vleče, moramo poiskati S iz zneskov V in F. Ako pišemo φ mesto $\frac{Q\, c^2}{g\rho}$, da bo krajše, imamo po prejšnjem računu

$$V_1 = V + \frac{R}{p} . \varphi + \frac{1}{4\pi h p^2} . \varphi^2, \text{ ali pa}$$

$$V_1 = V + \frac{\varphi}{p}\left(R + \frac{\varphi}{4\pi h p}\right);$$

$$F_1 = F + \frac{\varphi}{p}; \text{ in pa}$$

$$\delta = \left(\frac{2\pi p h R}{2\pi p h R + \varphi}\right)^2 \text{ ali pa}$$

$$\delta = \left(\frac{pF}{pF + \varphi}\right)^2.$$

Ako porabimo te vrednosti za V_1, F_1 in δ, dobimo zakon po kterem se izračunava moč S, s ktero vrtinec vase vleče namreč:

$$S = \left\{\frac{pV}{h} + \frac{\varphi}{h}\left(R + \frac{\varphi}{4\pi h p}\right)\right\} . \left\{1 - \left(F + \frac{\varphi}{p}\right) . \frac{p}{\varphi} . \left(\frac{pF}{pF + \varphi}\right)^2\right\}$$

ali pa

$$S = \left\{\frac{pV}{h} + \frac{\varphi}{h}\left(R + \frac{\varphi}{4\pi h p}\right)\right\} . \left[1 - \frac{(pF)^2}{\varphi\,(pF + \varphi)}\right].$$

$\frac{\delta \cdot (pF + \varphi)}{\varphi} = \frac{\delta p F}{\varphi}$ $\qquad F_1 = \frac{\varphi}{p} + F$

Spomnimo se, da je $V = R^2\pi h$, ter imamo $\frac{V}{h} = R^2\pi$, ki pomeni končno plan, na ktero zunajnji zrak v otlino tišči. Kaj pa pomeni $\frac{\varphi}{h}$? Rekli smo, da h se meri po metrih; h pomeni pa višino vrtinčevo, tedaj pomeni $\frac{\varphi}{h}$ ono centrifugalno moč, ki jo ima vrtinčevi pas, ki je samo *en* meter visok. Imenujmo φ_1 centrifugalno moč za vsak meter višine, ter je $\varphi_1 = \frac{\varphi}{h}$. Imeli smo dalje $F = 2R\pi h$, tedaj je

$$\frac{(pF)^2}{\varphi\,(pF + \varphi)} = \frac{(2\pi p R h)^2}{\varphi\,(2\pi p R h + \varphi)} = \frac{(2\pi p R)^2}{\varphi_1\,(2\pi p R + \varphi_1)}.$$

Postavimo v obliko za S imenovane vrednosti, pa imamo

$$S = \left\{p . R^2\pi + \varphi_1\left(R + \frac{\varphi_1}{4\pi p}\right)\right\} . \left\{1 - \frac{(2\pi p R)^2}{\varphi_1\,(2\pi p R + \varphi_1)}\right\}, \text{ ali pa}$$

$$S = \pi p\left(R + \frac{\varphi_1}{2\pi p}\right)^2 . \left\{1 - \frac{(2\pi p R)^2}{\varphi_1\,(2\pi p R + \varphi_1)}\right\}.$$

Prostor v za zračne vrteče pasove pomeni

$$v = (R^2{}_1 - x^2)\,\pi h = \left(R + \frac{\varphi_1}{2\pi p}\right)^2 \pi h - x^2\pi h;$$

$$\text{ker pa je } x^2\pi p = S \text{ je } x^2\pi h = \frac{Sh}{p}, \text{ tedaj}$$

$$v = \left(R + \frac{\varphi_1}{2\pi p}\right)^2 . \pi h - \frac{Sh}{p}.$$

Ako postavimo mesto S zgoraj stoječo vrednost njegovo, pa imamo

$$v = \pi h\left(R + \frac{\varphi_1}{2\pi p}\right)^2 . \left\{\frac{(2\pi p R)^2}{\varphi_1\,(2\pi p R + \varphi_1)}\right\}$$

to je prostor, kolikor ga vzamejo zračni pasovi, ki obdajajo vrtinčevo otlino, ki z močjo S vase vleče.

Notrajnji prazni prostor ali otlina od osi do pasov pa meri

$$V_1 - v = x^2\pi h = \frac{Sh}{p}, \text{ tedaj}$$

$$V_1 - v = \pi h\left(R + \frac{\rho_1}{2\pi p}\right)^2 . \left\{1 - \frac{(2\pi p R)^2}{\varphi_1\,(2\pi p R + \varphi_1)}\right\}.$$

Dosrednik x praznega prostora ima tedaj vrednost

$$x = \left(R + \frac{\varphi_1}{2\pi p}\right) \cdot \sqrt{1 - \frac{(2\pi pR)^2}{\varphi_1(2\pi pR + \varphi_1)}}.$$

Oblika za x ima po matematičnem uku samo takrat veljavo ter se dela prazen prostor samo takrat, kadar je

$$1 > \frac{(2\pi pR)^2}{\varphi_1(2\pi pR + \varphi_1)};$$

kadar pa bi bila vrednost

$$\frac{(2\pi pR)^2}{\varphi_1(2\pi pR + \varphi_1)} = 1$$

bi bil $x = o$ in pa tudi $S = o$, kakor se iz njegove oblike vidi.

Prvi pogoj nam kaže, da se dela prazen prostor, kadar je vsaj

$$\varphi_1(2\pi pR + \varphi_1) > (2\pi pR)^2 \text{ ali}$$

$$\frac{\varphi_1 p}{2\pi R} + \frac{\varphi_1^2}{(2\pi R)^2} > p^2$$

Spomnimo se, da φ_1 pomeni centrifugalno moč, ki jo ima vrtinčevi pas, ki je samo *en* meter visok. Zunajnja širokost tega pasa pa meri $2R\pi$ metrov, tedaj je $\frac{\varphi_1}{2R\pi} = \varphi_2$ centrifugalna moč, ki tišči vsak kvadratni meter zunajnje vrtinčeve plani. Tedaj imamo pogoj

$$p\varphi_2 + \varphi_2^2 > p^2.$$

V tej obliki spoznamo razmer, v kterem stojite centrifugalna moč in moč zunajnjega zračnega tlaka takrat, kadar se dela v vrtincu otlina. Ker se otlina ne more delati, kadar bi bil razmer

$p\varphi_2 + \varphi_2^2 < p^2$, in ker že mine otlina ko je

$p\varphi_2 + \varphi_2^2 = p^2$,

nam pravi zadnja enačba koliko iznese tista centrifugalna moč φ_2, ktera sicer še ne more delati otline pa je vendar že tako velika, da se dela otlina, ko ta centrifugalna moč veča postaja. Imenujmo to vrednost mejo centrifugalne moči. Zadnja enačba daje vrednost na meji

$$\varphi_2 = -\frac{p}{2} \pm \sqrt{\frac{p^2}{4} + p^2} = -\frac{p}{2} \pm \frac{p}{2}\sqrt{5} \text{ ali}$$

$$\varphi_2 = -\frac{p}{2} + 2{\cdot}236.\,\frac{p}{2} = 0{\cdot}618p.$$

Ako se hoče vrtinčeva otlina delati mora tedaj $\varphi_2 > 0{\cdot}618\,p$ biti.

Ker se pogoj ozira na centrifugalno moč φ_2, ki zadeva na vsak kvadratni meter, postavimo φ_2 v zadnjo obliko za S, to je

$$\varphi_1 = 2R\pi.\,\varphi_2 \text{ in } \frac{(2\pi pR)^2}{\varphi_1(2\pi pR + \varphi_1)} = \frac{p^2}{p\varphi_2 + \varphi_2^2}, \text{ ter je}$$

$$S = R^2\pi p\left(1 + \frac{\varphi_2}{p}\right)^2 \cdot \left(1 - \frac{p^2}{p\varphi_2 + \varphi_2^2}\right),$$

to je vrednost moči, s ktero vrtinčeva otlina vase vleče, ako je $\varphi_2 > 0{\cdot}618p$.

Obrnimo se zdaj k določevanji centrifugalne moči φ_2. Imeli smo

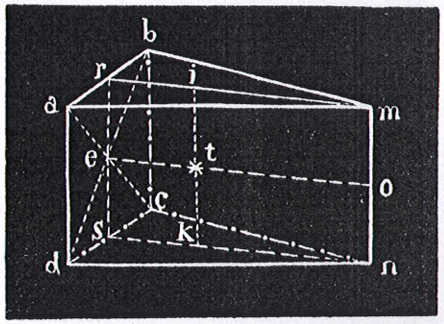
$$\varphi_2 = \frac{Q.\,c^2}{g\rho}, \text{ tedaj } \varphi_1 = \frac{Q_1.\,c^2}{g\rho},$$

kjer pomeui Q_1 težo zračno v vrtinčevem prostoru, ki je *en* meter visok in ima $R^2\pi$ kubičnih metrov. Vsak kubični meter zrakú ima navadno 1·293 kilogramov teže; tedaj je $Q_1 = 1{\cdot}293\pi R^2$ kilogramov. Hitrost *c* meri se po metrih kakor tudi ρ, in akceleracija ima $g = 9{\cdot}81$ metrov. Ker je

$$\varphi_1 = 2R\pi.\,\varphi_2 = \frac{Q_1\,c^2}{g\rho} \text{ kilogramov, bo}$$

$$\varphi_2 = \frac{Q_1\,c^2}{2\pi R.\,g\rho} = \frac{1{\cdot}293\pi R^2.\,c^2}{2\pi Rg\rho} = 0{\cdot}0659.\,\frac{Rc^2}{\rho}.$$

Kaj pa je ρ, ali koliko metrov daleč od osi je težišče tistega vrtečega zraku $\frac{Q_1}{2\pi R}$, ki dela centrifugalno moč φ_2? Treba je spomnoti se, da je φ_1 centrifugalna moč, ki jo ima vrtinčevi pas ki je *en* meter visok in $2R\pi$ metrov v obsegu meri; ako iz zunajnje plani, ki meri $2R\pi$ kvadratnih metrov, vzamemo samo *en* kvadrameter *abcd* trpi ta kvadratni meter od centrifugalne moči tlak $= \varphi_2$. Zrak od kterega prihaja centrifugalna moč φ_1 ima težo $Q_1 = 1{\cdot}293\pi R^2$ kilogramov, to je teža zračnega kolesa, ki je en meter debelo in $2R\pi$ kvadratnih metrov v zunajnjem obsežniku meri. Ako razdelimo prostor tega kolesa na $2R\pi$ enacih kosov, ima vsak kos enako



klinasto podobo *abcdmn* in zrak, ki ga ima vsak kos v sebi ima težo $\frac{Q_1}{2R\pi} = \frac{1{\cdot}293\pi R^2}{2\pi R}$. Klin *abcdmn* ima tedaj isto zračno truplo, ktero krog osi se vrté dela centrifugalno moč φ_2; *mn* je *en* meter dolg konec osi.

Iskaje ρ moramo poiskati kraj osi tega klina kjer ima njegova teža svoj sedež, to je njegovo težišče. Težišče končne plani *abcd*, ki je kvadratni meter, je v točki *e* kjer se presekujete diagonali *ac* in *bd*. Vzemimo $mo = \frac{mn}{2}$ in pa svežimo s črto *e* in *o*, gre črta *eo* skozi težišče tega klina, ker ko bi vštric z *abcd* končne plani eno za drugo proč porezoval, bi vsaka nova plan spet imela težišče v črti *eo*, tedaj mora težišče vsih vkup tudi v tej črti ležati. Poglejmo zdaj truplo od strani *abm*, Trivoglasta stran *abm* ima težišče v točki *i* v črti *rm*, ako $ar = \frac{ab}{2}$ in $im = \frac{2}{3}$ rm. Kakor tukaj tudi v enakej trivoglastej plani *cdn* leži težišče v točki *k* in sicer je $kn = \frac{2}{3} ns$. Ker pa ste plani *abm* in *cdn* kongruentni, je $im = kn$. Zvežimo *i* in *k* s črto *ik*, leži težišče tudi v *ik*, ter ko bi odrezoval plani vštric *abm*, vse bi bile kongruentne in imele bi težišče enako daleč od osi, in črta *ik* je res vštric osi *mn*.

Ker je težišče klinovo v obeh črtah *eo* in *ik*, te dve v edinej plani *rmns* ena drugo presekujete v točki *t*, mora klinovo težišče ležati v točki *t*; in sicer je $ot = \frac{2}{3} eo$. Ker pa je $eo = R$, je $ot = \frac{2}{3} R$ daleč od osi. Oddaljenost tega težišća pa je ρ, ki jo iščemo, tedaj je $\rho = \frac{2}{3}$ R, dokler je zrak razprostren enakomerno po vsem notrajnjem prostoru. **Med močnim vrtenjem pa žene centrifugalna moč zrak od osi in ga pritiska ob stransko plan** *abcd*, **onda je** $\rho > \frac{2}{3} R$. **Dokler preiskavamo množine na tistej meji kjer se še le začenja delati prazen prostor, smemo tedaj postavljati** $\rho = \frac{2}{3}$ R.

Postavimo tedaj v zadnjej vrednosti, ki smo jo dobili za φ_2, **vrednost za** ρ, **pa je**

$$\varphi_2 = 0{\cdot}0659.\frac{Rc^2}{\frac{2}{3}R} = 0{\cdot}09885.\ c^2.$$

$\frac{3}{2} \cdot 0{,}0659 = 0{,}09885$

Ker mora $\varphi_2 > 0{\cdot}618p$ biti, da se dela otlina, mora biti tudi

$$0{\cdot}09885\ c^2 > 0{\cdot}618p \quad \text{ali}$$
$$0{\cdot}1599\ c^2 > p, \quad \text{skoraj}$$
$$0{\cdot}16\ c^2 > p, \quad \text{tedaj}$$
$$0{\cdot}4\ c > \sqrt{p} \quad \text{ali}$$
$$c > \frac{5}{2}\sqrt{p}.$$

Vzemimo, kakor smo pred pri φ_2 storili, tudi tukaj za hitrost *c*, s ktero se suče, spodnjo mejo, to je: hitrost, pri kterej se š ne dela otlina, pa bi se delala, ko bi ta hitrost nekaj veča postala; ta hitrost je

$$c = \frac{5}{2}\sqrt{p} = \frac{5}{2}\sqrt{10334} = \frac{5}{2} \times 101{\cdot}6 = 254 \text{ metrov.}$$

To če reči: da vrtinec pred ne dela take otline, ki bi z močjo *S* vase vlekla, dokler nima težišče vrtečega zraka ali zračnih pasov hitrosti, ki je veči od 254 metrov. Da se otlina, ki vase vleče, stori, mora vsak del zračnega kolesa storiti vsako sekundo pot dolgo 254 metrov ali 803·5 črevljev. To je tako silna hitrost, da bi skoraj rekli, da je ni velikokrat najti pri vrtincih; tedaj vrtinec, ki se močno suče je v resnici hudouren vrtinec. Poglejmo, kolikrat vsako sekudo se zasučejo pasovi takega hudournega vrtinca krog osi. Imenujmo *z* število zasukov vsake sekunde, $2R\pi$ pa obseg pasov ali pot, ki jo pri vsakem zasuku store, ter je vrednost *z* na njegovej spodnjej meji

$$z = 254 : 2R\pi = \frac{40{\cdot}4}{R},$$

pri hudournem vrtinci pa, ki dela otlino, da vase vleče, mora še večkrat zasukati se vsako sekundo kraj osi, to je *z* mora biti

$$z > \frac{40{\cdot}4}{R}.$$

Vzemimo v izgled, da bi bil dosrednik zračnih ali meglenih pasov R = 10 metrov, ter bi se vrtinec vsako sekundo več kot 4krat krog osi zasukati moral, da bi dobil otlino z močjo *S*.

Kakor silna se nam zdi spodnja meja tirjane hitrosti *c*, vendar število zasukov vsako sekundo ni veče, nego se nahaja v hudournih vrtincih, temveč pripovedujejo gledalci, da so šteli v meglenih hudournih vrtincih od *20* do *30* in še več zasukov vsako sekundo.

V izgled vzemimo $z = 20$ zasukov in prašajmo, s ktero hitrostjo c se sučejo megle v meglenem vrtinci, ki ima $R = 5$ metrov. Zgoraj smo videli da je

$$z = \frac{C}{2R\pi} \text{ tedaj } c = z \,.\, 2R\pi,$$

ter tukaj $\quad c = 20 \times 2 \times 5 \times 3{\cdot}14159 = 628{\cdot}3$ metrov.

V tem meglenem vrtinci bi se tedaj megle v resnici s hitrostjo 628 metrov sukale, to je $628 : 254 = 2{\cdot}47$ krat hitrije, nego se mora po našem računu vrteti, predno se začne delati otlina.

Ako se razmere našega za izgled vrtečega vrtinca primerjajo resnici, smemo reči, da se nahajajo pri hudournih vrtincih še veliko veče hitrosti, nego jih tirja naš račun za one vrtince, ki vase vlečejo.

V namenu poiskati števila za moči kakega hudournega vrtinca, ki dela v sebi otlino, ki vase vleče, postavimo kakor tirja račun $\varphi_2 > 0{\cdot}618p$ in sicer $\varphi_2 = 2p$. Ker pa je tudi $\varphi_2 = 0{\cdot}09885.c^2$ blizu $= 0{\cdot}1.c^2$, imamo

$$2p = 0{\cdot}1.c^2 \quad \text{ali}$$
$$20 \times 10334 = c^2, \quad \text{tedaj}$$

se v tem vrtinci sučejo zračni pasovi krog osi s hitrostjo

$$c = \sqrt{206680} = 454{\cdot}62.$$

Ako je zrak, iz kterega obstoji naš vrtinec jel 10 metrov naokrog sukati se, je $R = 10$. Zrak tega vrtinca, kar ga je med zunajnjo en meter visoko in $2R\pi$ metrov široko vrtinčevo planjo, meri $R^2\pi.1$ kvadratmetrov, tedaj ima težo $Q_1 = 1{\cdot}293R^2\pi$ kilogramov in sicer $Q_1 = 1{\cdot}293 \times 100 \times 3{\cdot}14159 = 406{\cdot}2$. Tedaj teža zraka, od kterega se dela φ_2 je $\frac{Q_1}{2R\pi} = \frac{1{\cdot}293}{2} R = 6{\cdot}465$ kilogramov. Ta števila nam pomagajo, da izvemo po prejšnjih oblikah, s ktero močjo naš vrtinec vase vleče, in koliko dela da morejo storiti njegovi vrteči pasovi.

Bila je moč, s ktero vrtinec vase vleče

$$S = R^2\pi p \left(1 + \frac{\varphi_2}{p}\right)^2 \left(1 - \frac{p^2}{p\varphi_2 + \varphi_2{}^2}\right).$$

Tukaj pa je $R^2\pi p = 100 \times 3{\cdot}14159 \times 10334 = 3246519$,

$$\left(1 + \frac{\varphi_2}{p}\right)^2 = \left(1 + \frac{2p}{p}\right)^2 = 3^2 = 9,$$

$$\left(1 - \frac{p^2}{p\varphi_2 + \varphi_2{}^2}\right) = \left(1 - \frac{p^2}{2p^2 + 4p^2}\right) = 1 - \frac{1}{6} = \frac{5}{6}.$$

Tedaj $S = 9 \times \frac{5}{6} \times 3246519 = 24348892$ kilogramov.

Mislimo si, da je veter gnal naš vrtinec nad vodo, bodi si reka ali jezero, in da se nad vodo stoječi vrtinec tako močno po vetru zasuče, da postane $\varphi_2 = 2p$, onda vidimo, da vrtinčeva otlina, ki se ravna ob dotiki z vodo, vleče vodo z grozno močjo vase kvišku gori poleg vrtinčeve osi. Pomislimo, da vsak kubikmeter vode ima 1000 kilogramov teže, imenujmo K število kubikmetrov vode, ki jo vzdigne ta vrtinec, pa je

$$K = 24348892 : 1000 = 24348{\cdot}892 \text{ kubikmetrov.}$$

Notrajnji prazni prostor ali votlina, ki to vodo vase vleče, pa meri

$$x^2\pi h = \frac{Sh}{p}, \text{ postavimo za S kilograme, pa je}$$
$$x^2\pi h = \frac{24348892}{10334}.\, h = 2356{\cdot}2h \text{ kubikmetrov.}$$

Na vsak meter visokosti ima tedaj otlina 2356 kubikmetrov. Ko bi vzdignjena voda to otlino od spod gori popolnoma napolnila, vzdignola bi se v vrtinci do višine H

$$H = 24348 : 2356 = 10{\cdot}3 \text{ metrov ali } 32{\cdot}5 \text{ črevljev.}$$

Zdaj bi imel gledalec pred saboj vodeni vrtinec, ki je do 32 črevljev visok. Ker zračni tlak v popolnoma praznem prostoru ne more vodé više vzdignoti, nego 10·334 metrov visoko, tedaj se v nobenem hudournem vrtinci vodeni steber više od 32·58 črevljev vzdignoti ne more. Ni mi pa znano, kako visoki vodeni stebri se prikazujejo. Ako se prikažejo viši vodeni stebri v natori, n e m o r e j o biti v otlini p o l n i stebri, ampak vodene c e v i, ki stopijo na mestu zračnih pasov in se verté z zrakom vred okoli osi. — Okoli tega vodenega stebra ali korena, ki sega v otlino zračnega vrtinca, si pa moremo misliti, da se sučejo zračni pasovi.

To, kar smo spredaj rekli od vrtincev, da se spremené eden v druzega razjasni se tukaj, kako se to v resnici godi. V resnici se utegne spremenoti vrtinec ali pa vodó vase potegnoti; na videz pa je videti, kakor bi se spremenol.

Končna stran ali okrožna plan te otline meri

$$x^2\pi = 2356 \text{ kvadratmetrov, ter je}$$
$$x^2 = 2356 : 3{\cdot}14 = 750, \text{ tedaj}$$
$$x = \sqrt{750} = 27{\cdot}3 \text{ metrov.}$$

V notrajnjej otlini bi tedaj imelo pohištvo prostor, ki meri na dolgost $2 \times 27 = 54$ metrov. Ako bi tedaj naš vrtinec nad pohištvo stopil, ko se otlina napravi, pahnol bi zunajnji zrak z močjo, ki je veča od 24 milijonov kilogramov, streho raz hiše kvišku v vrtinčevo otlino. — Ker pa vrtinec, ki ga veter močno naprej žene, ne stoji navpik, ampak napošev, je tudi otlina njegova nagnjena napošev, tedaj zažene moč S streho napošev kvišku, ter bi streha letela po zraku, kakor ako mi kaj enacega napošev kvišku vržemo, ko bi jo ne zgrabila nova moč, ko pride v vrtinčeve pasove.

Predno končamo, ozrimo se še po onej moči, ki jo imajo vrtinčevi pasovi v sebi. Glavna ali prva moč, ki vrtí zračne pasove krog osi, meri se po tem, kolikor more storiti dela. Prašajmo tedaj: koliko iznese njena živa moč. Polovica žive moči je delo, ki ga storiti utegne. Poiskati hočemo živo moč, ki jo imajo vrteči se vrtinčevi pasovi na vsak meter visokosti. Ako je Q_1 teža in c hitrost zraka v pasovih, onda je njihova živa moč M kakor smo spredaj omenoli

$$M = \frac{Q_1 c^2}{g}, \text{ in}$$

njihovo delo $$A = \frac{Q_1 c^2}{2g},$$

ako pomeni g akceleracijo, ki iznaša 9.81 metrov.

Premerimo to živo moč v našem vrtinci, ter imamo $Q_1 =$ 406 kilogramov in $c = 454$ metrov, tedaj

živa moč $$M = \frac{406 \times 454^2}{9{\cdot}31} = 8532425, \text{ tedaj}$$

je delo $$A = 4266212{\cdot}5 \text{ kilogram-metrov.}$$

Naš vrtinec ima tedaj v vrtečih se zračnih pasovih toliko žive moči, da več kot 4 milijone kilogram-metrov dela storiti zamore. Z drugimi besedami se to pravi: pasovi zračnega vrtinca zamorejo več kot 42 tišoč kilogramov teže nesti 100 metrov daleč; ali pa več kot 4200 kilogramov 1000 metrov daleč i. t. d.

Ako je stvar, ki pride v vrtinčeve pasove h metrov visoka, ne dela vrtinec samo z močjo, ki smo jo za vsak meter višine dobili, ampak z močjo, ki jo ima v pasovih, ki segajo h metrov visoko. Tedaj utegne vrtinec zdaj storiti h krat veče delo, to je

$$A^1 = h \,.\, \frac{Q_1 c^2}{2g}, \text{ ali v našem izgledu}$$

$$A^1 = h \,.\, 4266212 \text{ kilogram-metrov.}$$

Delo, ki ga utegne storiti hudouren vrtinec, je tedaj tako veliko, da lahko lomi in podira pohištva in da težke stvari, ki jih je otlina vase potegnola, lahko prenese po zraku na drug kraj.

*

STANISLAV JUŽNIČ

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 Boltzmanna, 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.

STANISLAV JUŽNIČ

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 Boltzmanna, 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 objavljal 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 Radú 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.

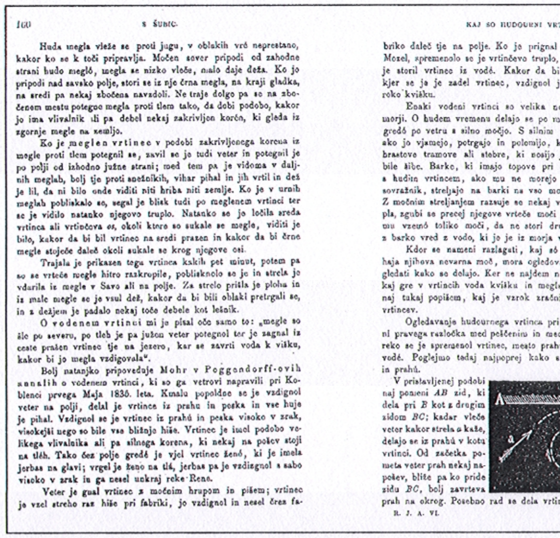
V znanstveni literaturi Šubičeve dobe ni manjkalo opisov hudournih vrtincev. Med drugimi je Mohr v Ann.Phys. opisal vodni vrtinec, ki je 1. maja 1835 nastal v bližini Koblenza. Ni pa še bilo ustrezne fizikalne razlage, zato jo je Šubic poskušal podati. V svojih razmišljanjih je bil povsem samostojen, saj je poleg Mohra omenil le še francoskega duhovnika Edméja 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 j
v sodobni obliki. Upošteval je, da lahko popoln vakuum v notranjosti vrt
vodo le do višine 10 m,[10] kar so raziskovalci vodne brizgalne vedeli že
Galilea Galileia (1564–1642).

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

Nato je Šubic upošteval še vrtenje notranjosti vrtinca, ki s sredobežno sil
nastanek vakuuma v notranjosti vrtinca. Najprej je izračunal silo, s katero v
vase snov iz okolja zaradi nastalega podtlaka v svoji notranjosti. Vrtinec
snov le, če v njegovi notranjosti zaradi sredobežne sile nastane podtlak.
da v vrtincu nastane vakuum le, če je v njem tlak skoraj trikrat manjši od
tlaka. Določil je še mejno hitrost vrtenja vrtinca, ki zadostuje za tvorbo
Dobil je nekaj več od hitrosti zvoka.[12] Vendar ni posebej pojasnil primero
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 v
voda v vrtincu z vakuumom v središču ne more vzdigniti nad 10 m visoko
obliko valja s polmerom osnovne ploskve 27,3 m.[14]

V Šubičevih računih je bilo tudi nekaj netočnosti, zaradi katerih je dobi
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 priva
nadomeščal prvega profesorja fizike na Graški univerzi, Karla Hummla (
z Moravskega. Hummel je med leti 1835 in 1850 poučeval osnove

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 kapljevin 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 povzročili, 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 sodobne zahteve. Tako je hitrost izražal v metrih, silo v kilogramih, delo pa v kilogrammetrih.[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 tvarini[21] 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 truplu 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

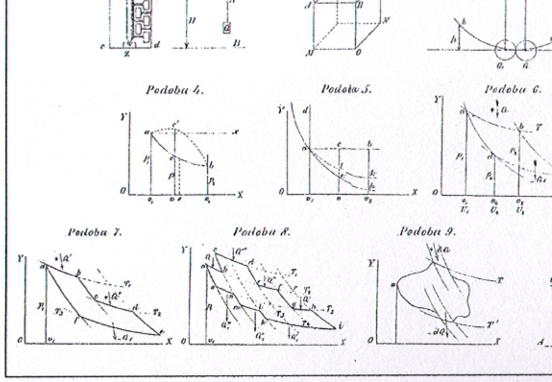
ne obstaja. Ignoriral jo je že francoski akademik Fourier, kmalu pa je izginila iz temeljnih znanstvenih del, z izjemo profesorja pariške univerze

Kljub temu je Šubic moral priznati, da stari nauk o toploti »*nahajam navadnih fizikah, po kterih se uči po gimnazijah in po realkah; nova t zdaj ne more učiti brez više matematike, ter se uči dozdaj samo na visokih na univerzih in na tehnikah.*«

Šubičevo priznanje nas opozarja na večno zamudo, ki jo novo znan nanje potrebuje za uveljavitev v šolah. Ovire za poučevanje novih doseži slovne znanosti so vedno v težavnosti »višje matematike«. Ta je v Šubi še vedno označevala diferencialne enačbe, ki so se sicer začele uveljav poldrugim stoletjem, ne toliko pri Isaacu Newtonu (1642–1727) ali Wilhelmu Leibnitzu (1646–1718), temveč predvsem pri nadaljevalcih nj Leonhardu Eulerju (1707–1783), Jakobu (1654–1705) in Johannu (1667–1748). Že v 19. stoletju je pouk matematike zaostajal za potret fizike, kar je včasih problem tudi v sodobnih šolah.

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

V nadaljevanju je Šubic dokazal nevzdržnost hipoteze »*imponderabilo* teže. Opisal je potek boja proti njim pri opisovanju svetlobnih in toplotn Boj proti svetlobnemu »imponderabilu« je začel že leta 1690 »visok Huygens« (Christian, 1629–1695) z »vibraškim ali undulaškim« (na)ukom Ker »*undulaška teorija razlaga tako srečno svetlobne prikazni po vibr svetlobni žarki tudi ogrevajo stvari, ni misliti drugega, kot da izvirata toplota iz edinega izvira, ter mora posebno žareča toplota, ki jo delajo s ki, izvirati iz nekega tresočega ali vibrirajočega gibanja med trohicami p*



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.*«[26]

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« le podaljšek svetlobnega zunaj rdečega krajišča. Za toplotne žarke veljajo tudi enaki zakoni »uklanjanja, križavanja,« polarizacije in dvojnega loma. To je bil eden odločilnih dokazov, ki je omogočil poenoteno teorijo Škota Maxwella leta 1873.[27]

Šubic je zavrgel breztežne snovi. Kljub temu je po tedanji navadi pisal o etru, ki je »*neka taka elastična prvina, katera po naših primerah nima nobene teže.*« Model etra je povzel po Redtenbacherju, ki je bil kot nekdanji študent in asistent na dunajski Politehniki med leti 1825 in1833 zelo dobro sprejet med avstrijskimi fiziki: »*Eterovi atomi se odbijajo med saboj eden druzega, težki atomi trupla in eterovi atomi pa vlečejo ná-se eden druzega. Dosledno teh moči obdaja eter atome in molekile trupla kakor obdaja ozračje zemljo.*«

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

»*Dandanašnji tedaj še ne poznamo prav tistega molekularnega gibanja, iz kterega izvira toplota*«. Tako je teorija toplote v slabšem položaju kot »*undulaška teorija o svetlobi, ki se opira na Fresnelove izskušnje, da ne delajo svetlobo drugi eterovi tresaji nego samo transversalni.*« Vendar, po Šubicu, toplotna teorija takšnih modelov sploh ne potrebuje, saj se »*opira na izskušnje, po kterih se je premerila stanovitna zveza med delom in med toploto.*« 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.[29]

Razvoj teorije o toploti v 19. stoletju je skušal opisati z razvojem merjenja in razmišljanja o mehaničnemu ekvivalentu toplote. Vzvode napredka je takole povzel:[30] »*Čim veča dela pa je toplota opravljala z mašinami, ki jih gonijo soparji, tim bolj so se jasnile zdrave misli o toploti.*«

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« (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.[31] Leta 1871 je tudi Bo izpeljavi svojega slovitega H-teorema uporabljal negativni predznak z tako kot Šubic. Pozneje je sprejel Clausiusov (1870) simbol (S) in pred kot je v navadi tudi danes.

Drugi del mehanične teorije o toploti (1873)

Naslednje leto je Šubic priobčil drugi del razprave o toploti, ki je bil podoben visokošolskemu priročniku z zgledi in nalogami. Če se je v prve diferencialnih enačb in svetovnonazorskih tolmačenj teorije, je tu izpelja šolske primere, za meritev snovnih konstant in za opis najnovejših izumov parnih strojev in eksplozijskih motorjev. Pri meritvah se je večinoma sklic riško skupino Henrija Victorja Regnaulta (1810–1878), ki je bila v njegoven najbolj vplivna. Za »stanovitne gaze«[32] je najprej določil konstanto v pli nato pa je razpravljal o »*isotermičnem, isodinamičnem in adiabatičnem*

Ugotovil je, da je razteznostni koeficient odvisen od tlaka v plinu in *di neben gaz popolnoma postave Mariotteve in Gay-Lussacove*«. Približe plina velja le pri majhnih tlakih, kot je dokazoval že Irec Andrews.[33]

Šubic je popisal napotke za preračunavanje nalog z »obračljivimi« spr nato pa se je lotil »neobračljivih sprememb«.[34] Te so postale posebno zan tističnem opisu, medtem ko se jih je tedanja mehanična teorija toplote og mogoče načine. »*Neobračljive gorkotne spremembe*« je Šubic označil kot terih zunanji »tisk« presega lastni »tisk« plina.[35] Entropijo je uporabil le »neobračljivih« krožnih sprememb pri Joule-Thomsonovem raztezanju pli prostor.[36]

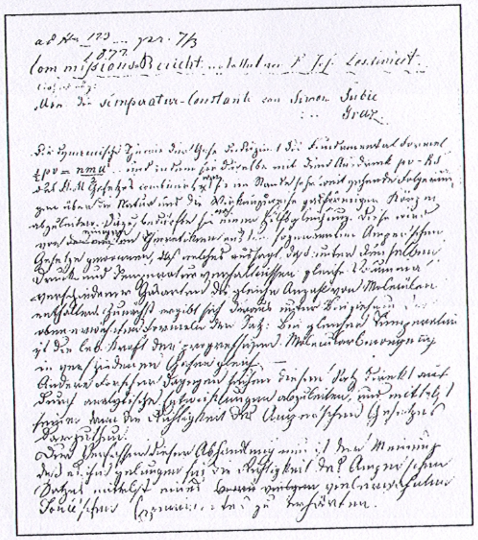
Na koncu je opisal še uporabo mehanične teorije toplote v industriji. na Škotskem in Angleškem so že od leta 1827 preizkušali stroje, v katerih izhlapevanja vode greli kar zrak. Že leta 1857 je John Ericsson (1803–1 postavil takšno napravo na ladjo, ki je plula po Sredozemlju. Vendar se k darnosti poskus ni obnesel. Teorija se je razvijala vzporedno z izumi. teorija o toploti je tako v eni sami generaciji stopila v korak s tehnologij je pred tem, v času zgodnjih parnih strojev, capljala s stoletno zamudo.

Šubic ni pozabil opisati najmodernejše iznajdbe svojega časa, motor zivnim plinom.[38] Prvo delujočo napravo te vrste je zgradil Jean Joseph Éti (1822–1900) v Parizu leta 1859. O podobnih napravah je pisal že Carno ko še ni imel na voljo dovolj eksplozivne substance. Šele razvoj mestne je v 19. stoletju priskrbel dovolj velike količine goriva za uspešen razvoj motorjev, ki so pripeljali do začetkov avtomobilske industrije v osem 19. stoletja. Delovanje teh naprav je dovolj natančno opisal že Šubic. Te na tehnološka uporaba sta se v resnici prepletala in vzpodbujala druga se seveda našli ljudje, ki so bili domači z obema.

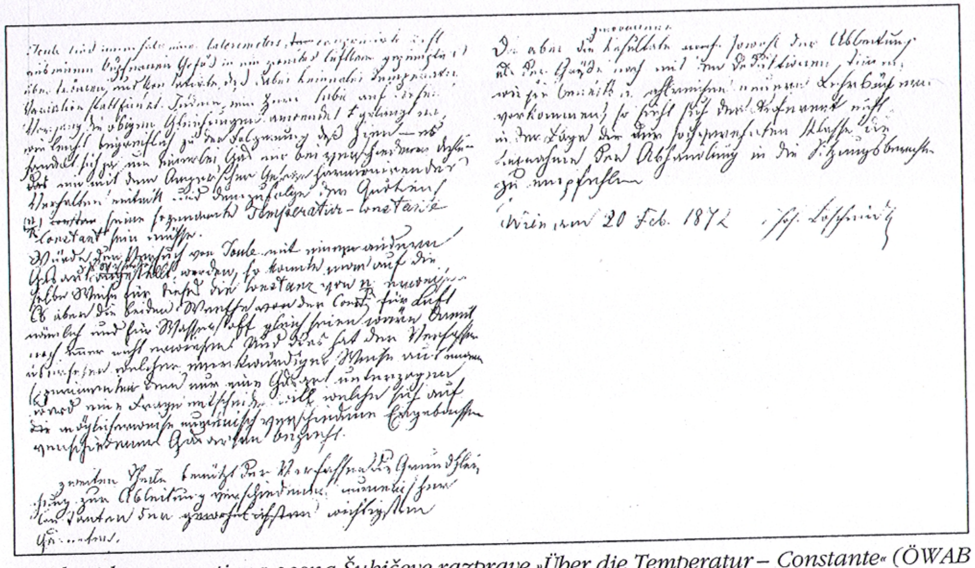
Šubičeva mehanična teorija o toploti je bila gotovo povezana s preda ji toplote, ki jih je imel v zimskih semestrih na univerzi v Gradcu kar 36 1866/67 in 1902, če zanemarimo nekaj bolniških izostankov. Čeprav ni ob no izvirnih dognanj, je za Slovence dosegel raven, ki so jo s fiziko v dom presegli le 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.[39]



V drugi polovici šestdesetih let (1865–1871) Šubic ni objavljal 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 Gradcu, v letih 1876–1890 pa je tam vodil katedro za eksperimentalno fiziko.



Wien am 20 Feb. 1872

Loschmidtova negativna ocena Šubičeve razprave »Über die Temperatur – Constante« (ÖWAB 123 ex 1872)

V dveh razpravah, objavljenih v Leipzigu leta 1872 in v njuni razširj
priredbi dve leti pozneje, je Šubic kritiziral svojega predstojnika Boltzn
je tudi aktivno sodeloval pri utemeljevanju nove teorije, čeravno predv
Clausiusovih, v prvi polovici sedemdesetih let pa Boltzmannovih idej,
prevladale v fiziki. Slovenci smo z Dinamično teorijo o plinih v resnici p
vini dobili znanstveno poročilo v domačem jeziku iz prve roke fizika
Česa podobnega niso bili deležni niti mnogo bolj razviti narodi, tudi
ogrskih meja ne.

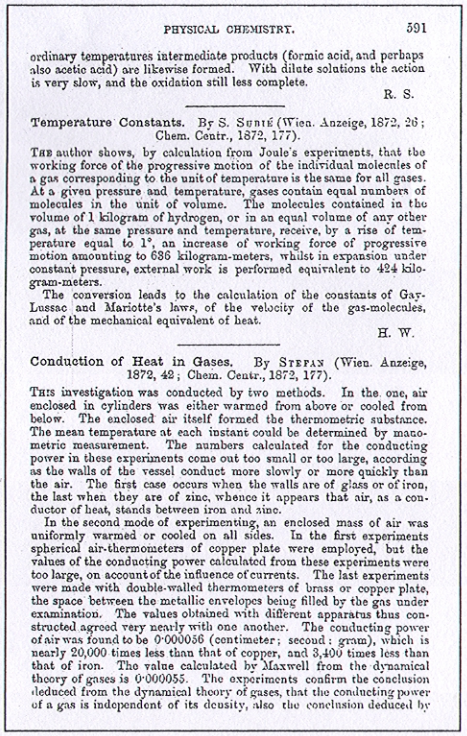
Dinamična teorija o plinih, ki jo je JAZU sprejela na seji 26. marca 1
gala 144 strani in 25 skic. Na straneh 36–50 in 51–71 je bila skoraj dobes
obeh dve leti starejših Šubičevih razprav. Drugo od njiju je sprva pon
tudi dunajski Akademiji. Na seji Akademije, 8. februarja 1872, je Šubič
prebral kemik Anton Schrötter Ritter von Kristelli (1802–1875), gene
Akademije od leta 1851. Čeh Loschmidt je v svojem poročilu 26 dni po
odsvetoval. Podobno kot Korošec Jožef Stefan (1835–1893) julija 1864,
prijatelj Loschmidt menil, da Šubičeva razprava ne prinaša novih fizik
tov.[41] Loschmidt je postal redni član Akademije leta 1870, prav v letu
imenovan za rednega profesorja fizike na dunajski univerzi.

Kljub odporu dunajskih fizikov je Šubic svoji razpravi objavil v tisti
no najpomembnejšem fizikalnem časopisu na nemškem govornem obm
nih Boltzmannovih razpravah iz tega obdobja ni bilo neposrednega
Šubičeve kritike, kar sicer ni bila Boltzmannova navada. Njegov molk
posledica osebnega spora. Vendar takšnih nasprotij z Boltzmannom
Šubic ni nikjer omenil, čeravno sicer ni prikrival svojih težav s sodelavci
fakulteti Univerze v Gradcu.[42]

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

V prvem poglavju Dinamične teorije je Šubic opisal molekule, ki ji
kot nekakšna atmosfera,[43] podobno kot v Redtenbacherjevih Dynamid
pred prvim utekočinjenjem kisika in dušika v Parizu in Ženevi je im
druge pline še za permanentne. Opisal jih je kot vsoto prostih molekul
samo prostostno stopnjo,[44] saj ne vibrirajo in ne nihajo kot v kristalu. P
je izpeljal v predstatistični Krönig–Clausisovi obliki s približkom pr
molekule,[45] podobno kot je storil prejšnje leto v Mehanični teoriji. M
Clausisovo izpeljavo kinetične teorije je Šubic podajal na enostavnejši,
sto tudi geometrijsko nazornejši način, ki je seveda izgubil na natančn

Šubic je iskal povezavo med merljivimi količinami, kot sta temperatu
in nevidnim gibanjem atomov. Takšen pristop je bil podprt z usp
v kemiji. Po odkritjih Angleža Johna Daltona (1766–1844), predvsem p



PHYSICAL CHEMISTRY. 591

ordinary temperatures intermediate products (formic acid, and perhaps also acetic acid) are likewise formed. With dilute solutions the action is very slow, and the oxidation still less complete.

R. S.

Temperature Constants. By S. SUBIÉ (Wien. Anzeige, 1872, 26; Chem. Centr., 1872, 177).

THE author shows, by calculation from Joule's experiments, that the working force of the progressive motion of the individual molecules of a gas corresponding to the unit of temperature is the same for all gases. At a given pressure and temperature, gases contain equal numbers of molecules in the unit of volume. The molecules contained in the volume of 1 kilogram of hydrogen, or in an equal volume of any other gas, at the same pressure and temperature, receive, by a rise of temperature equal to 1°, an increase of working force of progressive motion amounting to 636 kilogram-meters, whilst in expansion under constant pressure, external work is performed equivalent to 424 kilogram-meters.

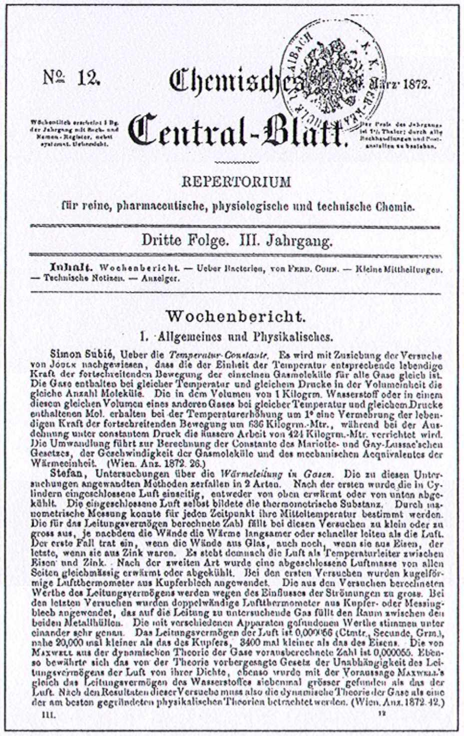
The conversion leads to the calculation of the constants of Gay-Lussac and Mariotte's laws, of the velocity of the gas-molecules, and of the mechanical equivalent of heat.

H. W.

Conduction of Heat in Gases. By STEFAN (Wien. Anzeige, 1872, 42; Chem. Centr., 1872, 177).

THIS investigation was conducted by two methods. In the one, air enclosed in cylinders was either warmed from above or cooled from below. The enclosed air itself formed the thermometric substance. The mean temperature at each instant could be determined by manometric measurement. The numbers calculated for the conducting power in these experiments come out too small or too large, according as the walls of the vessel conduct more slowly or more quickly than the air. The first case occurs when the walls are of glass or of iron, the last when they are of zinc, whence it appears that air, as a conductor of heat, stands between iron and zinc.

In the second mode of experimenting, an enclosed mass of air was uniformly warmed or cooled on all sides. In the first experiments spherical air-thermometers of copper plate were employed, but the values of the conducting power calculated from these experiments were too large, on account of the influence of currents. The last experiments were made with double-walled thermometers of brass or copper plate, the space between the metallic envelopes being filled by the gas under examination. The values obtained with different apparatus thus constructed agreed very nearly with one another. The conducting power of air was found to be 0·000056 (centimeter; second: gram), which is nearly 20,000 times less than that of copper, and 3,400 times less than that of iron. The value calculated by Maxwell from the dynamical theory of gases is 0·000055. The experiments confirm the conclusion deduced from the dynamical theory of gases, that the conducting power of a gas is independent of its density, also the conclusion deduced by



Nº 12. Chemisches Central-Blatt. März 1872.

REPERTORIUM

für reine, pharmaceutische, physiologische und technische Chemie.

Dritte Folge. III. Jahrgang.

Inhalt. Wochenbericht. — Ueber Bacterien, von FERD. COHN. — Kleine Mittheilungen. — Technische Notizen. — Anzeiger.

Wochenbericht.

I. Allgemeines und Physikalisches.

Simon Subié, Ueber die *Temperatur-Constante*. Es wird mit Zuziehung der Versuche von JOULE nachgewiesen, dass die der Einheit der Temperatur entsprechende lebendige Kraft der fortschreitenden Bewegung der einzelnen Gasmoleküle für alle Gase gleich ist. Die Gase enthalten bei gleicher Temperatur und gleichem Drucke in der Volumeinheit die gleiche Anzahl Moleküle. Die in dem Volumen von 1 Kilogrm. Wasserstoff oder in einem diesem gleichen Volumen eines anderen Gases bei gleicher Temperatur und gleichem Drucke enthaltenen Mol. erhalten bei der Temperaturerhöhung um 1° eine Vermehrung der lebendigen Kraft der fortschreitenden Bewegung um 636 Kilogrm.-Mtr., während bei der Ausdehnung unter constantem Druck die äussere Arbeit von 424 Kilogrm.-Mtr. verrichtet wird. Die Umwandlung führt zur Berechnung der Constante des Mariotte- und Gay-Lussac'schen Gesetzes, der Geschwindigkeit der Gasmoleküle und des mechanischen Aequivalentes der Wärmeeinheit. (Wien. Anz. 1872. 26.)

Stefan, Untersuchungen über die *Wärmeleitung in Gasen*. Die zu diesen Untersuchungen angewandten Methoden zerfallen in 2 Arten. Nach der ersten wurde die in Cylindern eingeschlossene Luft einseitig, entweder von oben erwärmt oder von unten abgekühlt. Die eingeschlossene Luft selbst bildete die thermometrische Substanz. Durch manometrische Messung konnte für jeden Zeitpunkt ihre Mitteltemperatur bestimmt werden. Die für das Leitungsvermögen berechnete Zahl fällt bei diesen Versuchen zu klein oder zu gross aus, je nachdem die Wände die Wärme langsamer oder schneller leiten als die Luft. Der erste Fall trat ein, wenn die Wände aus Glas, auch noch, wenn sie aus Eisen, der letzte, wenn sie aus Zink waren. Es steht demnach die Luft als Temperaturleiter zwischen Eisen und Zink. Nach der zweiten Art wurde eine abgeschlossene Luftmasse von allen Seiten gleichmässig erwärmt oder abgekühlt. Bei den ersten Versuchen wurden kugelförmige Luftthermometer aus Kupferblech angewendet. Die aus den Versuchen berechneten Werthe des Leitungsvermögens werden wegen des Einflusses der Strömungen zu gross. Bei den letzten Versuchen wurden doppelwändige Luftthermometer aus Kupfer- oder Messingblech angewendet, das auf die Leitung zu untersuchende Gas füllt den Raum zwischen den beiden Metallhüllen. Die mit verschiedenen Apparaten gefundenen Werthe stimmen unter einander sehr genau. Das Leitungsvermögen der Luft ist 0,000056 (Ctmtr., Secunde, Grm.), nahe 20,000 mal kleiner als das des Kupfers, 3400 mal kleiner als das des Eisens. Die von MAXWELL aus der dynamischen Theorie der Gase vorausberechnete Zahl ist 0,000055. Ebenso bewährte sich das von der Theorie vorhergesagte Gesetz der Unabhängigkeit des Leitungsvermögens der Luft von ihrer Dichte, ebenso wurde mit der Voraussage MAXWELL's gleich das Leitungsvermögen des Wasserstoffes siebenmal grösser gefunden als das der Luft. Nach den Resultaten dieser Versuche muss also die dynamische Theorie der Gase als eine der am besten gegründeten physikalischen Theorien betrachtet werden. (Wien. Anz. 1872. 42.)

III. 12

Povzetka Šubičeve razprave s kritiko Boltzmanna v londonski (J. Chem Soc. (2) 9 (1872) str. 591) in leipziški reviji (Chem. C Bl. 3 (20. 3. 1872) str. 177) objavljene tik nad povzetkoma razprave Jožefa Stefana, ki je Boltzmanna podpiral. Obe recenziji imata napačno zapisan Šubičev priimek

sistematizaciji Rusa Dmitrija Ivanoviča Mendelejeva (1834–1904) v letih 1896–1874 je bila kemija pripravljena stopiti ob bok fiziki kot znanost, zasnovana na uporabi matematike. Zveza med kemijo in fiziko se je kovala že v 18. stoletju ob skupnih problemih teorije toplote. Teorija o plinih, tedaj imenovana pnevmatska kemija, se je z obravnavo »elastičnih zrakov« približala fiziki v letih 1750–1760. Iz teh raziskovanj se je v začetku 19. stoletja razvil model idealnega plina, ki ga je Van der Waals leta 1873 povezal z atomizmom.

Šubičeva razmišljanja o atomih so temeljila na teoriji, ki jo je sredi 18. stoletja utemeljil Joseph Black (1728–1799) v predavanjih o specifični in latentni toploti na Univerzi v Edinburghu. Šubičeve ideje o vplivih gibanj in razporeditve atomov na specifično toploto plinov so se v njegovih razpravah med leti 1863 in 1864 ter 1872 in 1874 močno prepletale in tudi dopolnjevale.

Podobno večini nemško pišočih fizikov tudi Šubic ni sprejel statističnega opisa sistemov z velikim številom delcev, v katerem zanemarimo nekatere njihove lastnosti, ki so se zdele v klasični mehaniki bistvene. Ni dojel prednosti Boltzmannovega pristopa, ki je med celo vrsto lastnosti molekul upošteval le število vsebovanih atomov. Postavil ga je celo v nasprotje z Newtonovim gravitacijskim zakonom:[46]

»Ako bi izkušnje povsodi potrdovale to hipotezo, bi pa nam razdjale sedanje razlaganje o natezávanji ali o atrakciji med trupli. Ako bi se živ trupel, katera se vsled atrakcije gibljeta eden proti drugemu ali eden krog spremenila vsakikrat kolikor krat bi mi spremenili težo teh trupel, – in v resnici, ko si mislimo, da iz kislecovega molekula postane vodenčev mol mi morali na atome gledé odreči veri na tisto hipotetično moč, z katero s prikazen, da vlečejo trupla na-se drug druzega.«

Šubic se nikoli ni izrecno odrekel osnovnim postavkam svoje teorije leta 1862, ki je temeljila na privlačnih silah med molekulami in atomi. P med temi nevidnimi delci si je predstavljal enako, kot si sicer predstav tacijo med vidnimi delci. Zaradi ostrih kritik Kröniga (1864), Stefana (18 drugih je sčasoma sprejel osnovne ideje kinetične teorije vsaj v Clausiu iz leta 1857. Čeprav o teoriji molekul ni objavljal novih razprav, iz katerih razviden razvoj njegovih stališč, je vsekakor ostal zunaj zmagovitega ra mannove kinetične teorije.

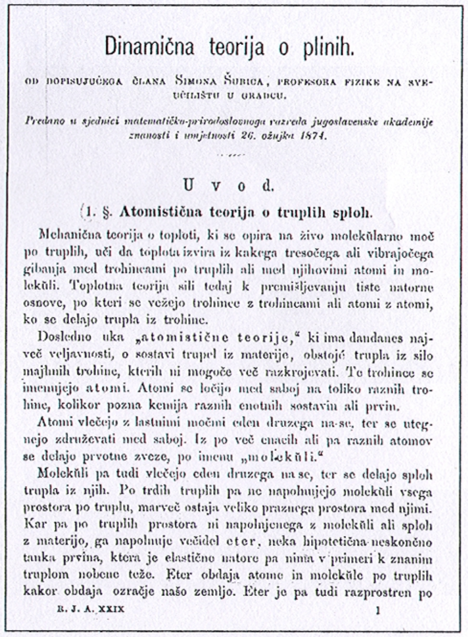
Šubičeva kritika Boltzmannovih idej ob svojem času nikakor ni bila osa spori v zvezi z njimi so bili eno izmed najbolj plodnih področij tedanjega toplotnih pojavov. Boltzmannova teorija je bila dokončno sprejeta v 20.

Nekateri deli Dinamične teorije, v nasprotju z obravnavo specifičnih t tiko Boltzmanna, niso bili objavljeni v obeh nemških razpravah leta 18 prvi obravnaval porazdelitve statistične mehanike po Maxwellu (1860) in (1871) v slovenskem jeziku. Vendar ni upošteval molekul z več atomi in z

Poročal je tudi o ozonu, ki je bil tedaj še premalo pojasnjena izjema (in Avogadrove) teorije o dvojnih atomih v molekulah enostavnih plino prvi opisal profesor fizike v Haarlemu, Martin van Marum (1750–183 18. stoletja ob poskusih s praznjenjem električne naprave. Odkritje oz sebne snovi je prvi objavil profesor kemije v Baslu, Christian Friederic (1799–1868), pri Akademiji v Münchnu leta 1840. Menil je, da je ozon izmed sestavin dušika. Pozneje ga je skušal proglasiti za posebno spoji kisika, kar je bilo prav tako ovrženo, ko se je posrečilo dobiti ozon po pr trične iskre skozi čisti kisik. Clausius je trdil,[49] da ozon nastane zaradi pros atomov. Raziskave Škota Petra G. Taita (1831–1901) in Andrewsa v Bel profesorja kemije W. Oldinga (1829–1921) v Oxfordu leta 1861, prof Charlesa Soreta (1866) v Genfu in samega Schönbeina so utrle pot sodob molekule ozona s tremi kisikovimi atomi. V času pisanja Šubičeve razp več mogoče dvomiti v dvoatomnost molekul enostavnih plinov zaradi v molekuli ozona.

Šubic se je v glavnem skliceval na Clausiusove razprave iz let 1858 in na Von Babota (1818–1899), ki je bil za Slovence še posebno pomemb osnove za Vertovčevo kemijo.[50] Šubic je poročal tudi o Meissnerjevem sovem raziskovanju antiozona, ki naj bi se razlikoval od ozona le po na

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



Naslovna stran Dinamične teorije o plinih (Rad 29/1874)

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]

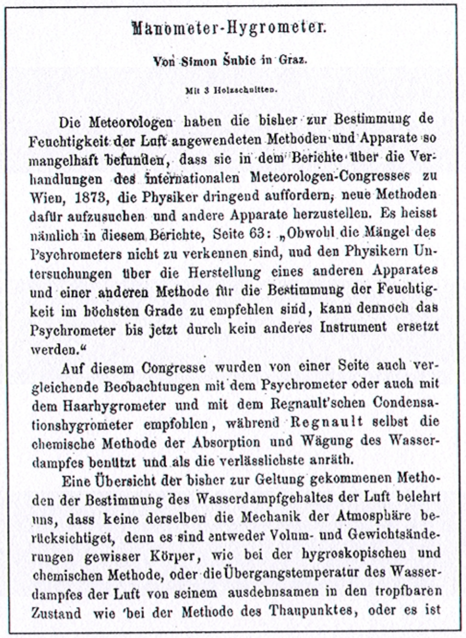
Med vsemi transportnimi koeficienti je bila prav obravnava toplotne prevodnosti najbolj priljubljena, saj je bilo mogoče po izbiri upoštevati različne člene pri razvoju v vrsto in se tako poljubno približati rezultatom poskusov. Boltzmann je naštel 10 vrst takšnih preračunavanj, kar je bil le majhen del vseh objavljenih.[54]

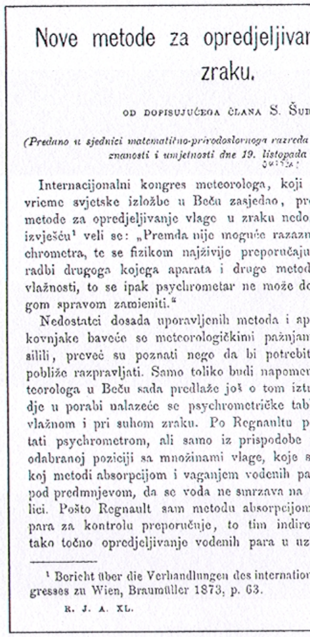
Pravilen koeficient toplotne prevodnosti je za 2/3 manjši od Šubičevega.[55] Po kvantni teoriji moramo upoštevati tudi, da je toplotna prevodnost naraščajoča funkcija temperature in odvisna tudi od vezi med molekulami. Vsi drugi Šubičevi transportni koeficienti imajo še danes priznane vrednosti, razen povprečne proste poti, kjer je privzel Clausiusov koeficient 3/4[56] 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.





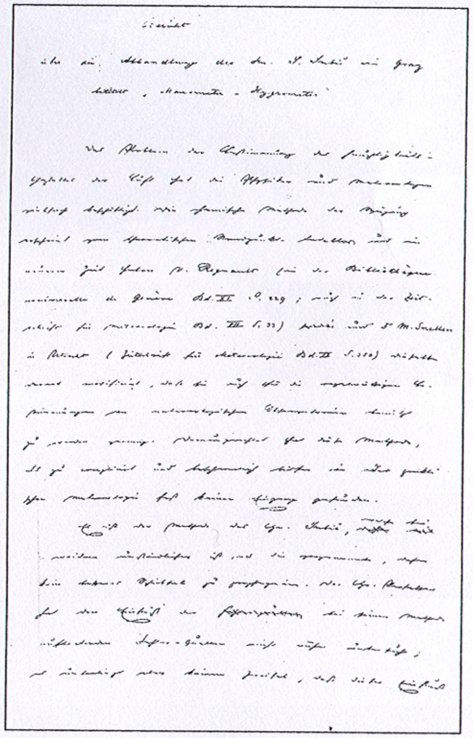
Naslovni strani razprave Novi postopki za določanje vlage v zraku v nemški in (Wien. Ber. 73/1876, str. 531 in Rad 40/1877)

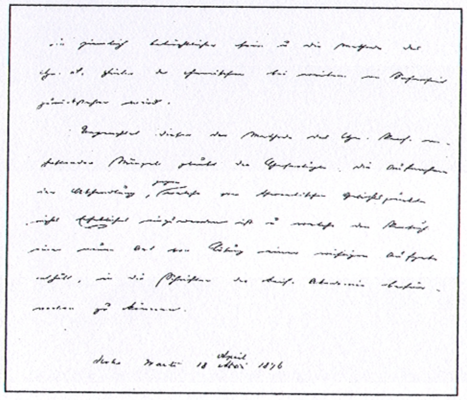
V času svetovne razstave na Dunaju leta 1873 je bil tam tudi mednar meteorologov z udeleženci iz 20 držav.[57] Ustanovili so Mednarodno met ganizacijo pod predsedstvom Buys-Ballota in dali pobudo za raziskova relativne vlažnosti, ki bi bil natančnejši od psihrometra.[58]

Pobudo je sprejel tudi Šubic. Njegovo zanimanje za psihrometer je b s delom Andreasa von Baumgartnerja (1793–1865), predsednika dunajs od leta 1851, ki je med prvimi spoznal prednost Augustovega psih higrometrom profesorja kemije na Kraljevem koledžu v Londonu Jo Daniella (1790–1845) iz leta 1818.[59] Prav Baumgartner je bil namreč naj podpornik Šubičevega raziskovanja in je maja 1862 in julija 1863 za d demijo napisal ugodno oceno Šubičevih razprav, ki so vsebovale kritiko kinetične teorije.[60]

6. aprila 1876 je tajnik matematično-naravoslovnega razreda Stef Šubičevo razpravo o Manometru-higrometru pred dunajsko Akademi pozneje je pozitivno poročilo za objavo pri dunajski Akademiji podpisa (1822–1876), direktor dunajskega Meteorološkega inštituta. Menil je, »*računanje prinaša nov način reševanja važnega problema*«.[61]

Kmalu po objavi pri dunajski Akademiji je Šubic skoraj enako raz še pri zagrebški Akademiji. Razlike med nemško in hrvaško razpravo majhne, npr. v naslovu. Hrvaški prevod je imel tudi nekatere dodatke, novem raziskovanju higrometrije,[62] ki jih v nemški inačici ni bilo. Ob bili napisani skoraj istočasno, saj je Šubic predal hrvaški zapis že na seji





Jelinekova pohvalna ocena Šubičeve razprave »Novi postopki za določanje vlage v zraku« za objavo v Wien. Ber. 73/1876 (ÖWAB 314 ex 1876)

prirodoslovnega razreda JAZU 19. oktobra 1876. Verjetno jo je oddal v slovenskem jeziku, za objavo pa je bila v skladu z novo politiko Akademije prevedena v hrvaščino. Enako so postopali tudi z drugo Šubičevo razpravo, oddano istega dne in pozneje objavljeno v istem zvezku Rada. Šubicu to bržkone ni bilo všeč in ni več objavljal v Radu.

Struktura razprave

Nemška inačica razprave je bila dolga 21,5 strani, medtem ko je bil hrvaški prevod za 4 strani krajši, saj je bil tisk v Wien. Ber. več kot za 10 % redkejši kot v Radu. V tabeli sem naslove poglavij prevedel v slovenščino. Zadnji stolpec vsebuje stran v hrvaškem, predzadnji pa v nemškem natisu:

Manometer – Hygrometer / Novi postopki za določanje vlage v zraku	531	1
I. Postopek z ohlajanjem zaprtih količin zraka pod rosišče	532	2
A. Higrometer iz steklene buče z zunanjim manometrom	(532)	3
B. Higrometer iz steklene buče z notranjim manometrom	(538)	8
II. Postopek s sušenjem zaprte mase zraka	542	10
C. Higrometer iz steklenic s sušilom	(542)	10
D. Higrometer v obliki valja z zamaškom za sušenje in sesanje	(549)–552	16–18

Številke v oklepaju povedo, kje bi morali biti naslovi poglavij v nemški inačici razprave, ki pa jih tam niso objavili, verjetno zaradi varčevanja s prostorom. Razpravo

je bilo mnogo težje objaviti pri bolj pomembni dunajski, kot pri zagrebš
V nemški razpravi je Šubic izpustil tudi po eno tabelo in skico.[63] Med obe
je bilo še več drugih razlik, medtem ko so bile štiri osnovne enačbe v obe
enake.

Vsebina razprave

Prvi higrometri so bili izdelani že v 15. stoletju z uporabo volne. A
začel uporabljati meritve z mokrim in suhim termometrom. Vlago ozra
iz razlike temperatur med mokrim in suhim termometrom, ki ju je spra
posodo in napravo imenoval psihrometer.[64]

Še danes uporabljamo psihrometre na podoben način. Vendar je bi
čevem času jasno, da meritve ne dajejo povsem točnih rezultatov. Upor
različna načina merjenja:[65]

– metoda rosišča, kjer določamo temperaturo utekočinjenja vodne p
– psihrometrični postopek, pri kateri ohlajamo telo, dokler se na nje
činijo vodne kapljice.

Po Šubičevem mnenju nobeden od obeh pristopov ni upošteval
mosfere. Le pri psihrometričnem postopku je bil upoštevan parni tlak
zraka. Zato se je zavzel za določanje vlage v zraku z meritvijo tlaka in
ture. Da bi odpravil pomanjkljivosti starejših merilcev, je izdelal štiri n
na različne načine sestavlja
grometra in manometra.
določal delni tlak vodne p
Zrak je bil zaprt s kavčuk
kom, skozi katerega sta bil
cevi. Ena je bila namenje
druga pa za izčrpavanje vs
Parni tlak je lahko določi
načine:

– z ohlajanjem pod rosiš
je bil lahko manometer
zunaj nje,

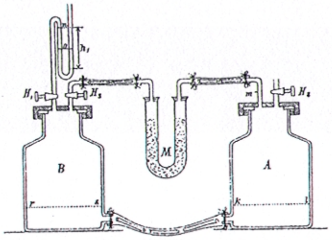
– v posodi s sušilom ali
za sušenje in vsesavanje.

V razpravi o Manomet
je Šubic objavil več tabel
poskusov. Tako ga spozn
sestavljalca novih naprav
nega eksperimentatorja. T
moral biti kot srednješo
med leti 1856–1884, med
univerzi v Gradcu vsesko
teorijo toplote in teoretič
rologije.

OPREDJELJIVANJE VLAGE U ZRAKU. 11

otvorena jednoga manometra. Boce su tolikom živom napunjene, da ako je jedna puna, to se u drugoj živa još nad otvorom dolnje cievi nalazi. U gornju ciev, što obadvie boce spaja te služi za izpražnjivanje zraka, koj se iztražiti imade, iz boce *A* u *B*, umetnuto je *M* na *U* nalik sušilo. Ovo sušilo napunjeno je plovućcem, što se je prije zasićenom sumporovom kiselinom napojio.

Da uzmogne sušilo svu vlagu u zraku usisati, valja kod njegove naprave paziti na onaj postupak, što ga upotrebljiva Regnault kod svoje kemičke metode za opredjeljivanje vlage absorpcijom i vaganjem. Upotrebljeni plovućac treba da je po prilici tako velik kano



Slika 3.

grašak. Čist plovućac sdrobi se dakle te očisti od prašine, onda se napoji ponajprije slabom sumporovom kiselinom te se u čistom zemljanom lončiću usija. Nakon ohlade napoji se plovućac zasićenom sumporovom kiselinom, pak se metne u sušilo stoprv onda, kad je kiselina iz njega izkapala.

Objam spajajućih cievi težio sam tim čim više konstantnim uzdržati, što sam kaučukove cievi staklenimi komadi oprezno izpunio te jih prevezao. Da se pako i objam boca konstantnim smatrati smije, treba da živa barem u konačnom stanju početnu temperaturu *t*, imade: ali ako nebi to bilo, dade se promienjen objam usljed promienjene temperature žive za konačno stanje lahko naći te u račun uvesti

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.[66] Tako je bilo Šubičevo delo mnogim priučenim meteorološkim raziskovalcem dobrodošel pripomoček.

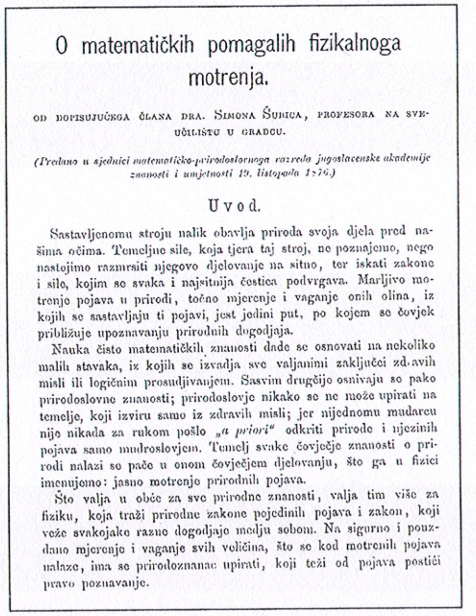
Struktura razprave o matematičnih pripomočkih fizikalnega opazovanja:

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,[67] 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, Boltzmanna 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


O matematičkih pomagalih fizikalnoga motrenja.

OD DOPISUJUĆEGA ČLANA DRA. SIMONA ŠUBICA, PROFESORA NA SVEUČILIŠTU U GRADCU.

(Predano u sjednici matematičko-prirodoslovnoga razreda jugoslavenske akademije znanosti i umjetnosti 19. listopada 1876.)

Uvod.

Sastavljenomu stroju nalik obavlja priroda svoja djela pred našima očima. Temeljne sile, koja tjera taj stroj, ne poznajemo, nego nastojimo razmrsiti njegovo djelovanje na sitno, ter iskati zakone i sile, kojim se svaka i najsitnija čestica podvrgava. Marljivo motrenje pojava u prirodi, točno mjerenje i vaganje onih olina, iz kojih se sastavljaju ti pojavi, jest jedini put, po kojem se čovjek približuje upoznavanju prirodnih dogodjaja.

Nauka čisto matematičkih znanosti dade se osnovati na nekoliko malih stavaka, iz kojih se izvadja sve valjanimi zaključci zdravih misli ili logičnim prosudjivanjem. Sasvim drugčije osnivaju se pako prirodoslovne znanosti; prirodoslovje nikako se ne može upirati na temelje, koji izviru samo iz zdravih misli; jer nijednomu mudarcu nije nikada za rukom pošlo „a priori“ odkriti prirode i njezinih pojava samo mudroslovjem. Temelj svake čovječje znanosti o prirodi nalazi se pače u onom čovječjem djelovanju, što ga u fizici imenujemo: jasno motrenje prirodnih pojava.

Što valja u obće za sve prirodne znanosti, valja tim više za fiziku, koja traži prirodne zakone pojedinih pojava i zakon, koji veže svakojake razne dogodjaje medju sobom. Na sigurno i pouzdano mjerenje i vaganje svih veličina, što se kod motrenih pojava nalaze, ima se prirodoznanac upirati, koji teži od pojava postići pravo poznavanje.

Naslovna stran razprave o matematičnih pripomočkih fizikalnega opazovanja (Rad 40/1877)

motilo tudi slabo kavčukov
moral zavreči veliko rezulta
Izkazalo se je, da delni tla
nikakor ni odvisen od temp
kot to zahteva enačba ide
Regnault je uporabljal zaple
ritmično enačbo, ki jo je iz
Baptiste Biot (1774–1862
Drugi raziskovalci, med n
Gustav Magnus (1802–187
so uporabljali enostavnejši

Šubic je svoja razmišljan
empirični enačbi za delni
je bila za meteorologijo n
O splošni enačbi realnega
in par sploh ni pisal, čera
stala priljubljena tema
po Andrewsovem dokazu,
idealnega plina ne ustrez
bolj natančnim rezultato
Najbolj znani enačbi za op
v realnih plinih sta bili Van
(1873) in Clausiusova (187

uporabljali tudi številne druge. Meteorologi in raziskovalci toplotnih po
zase iskali uporaben opis obnašanja realnih plinov in par, ne da bi me
sodelovali. V času Šubičevega pisanja (1877) je bilo objavljenih že v
stanja, vključeno z Boylovo iz leta 1663.[70] Do danes poznamo že 150 p
enačb stanja.

Šubičeva teorija napak v Matematičnih pripomočkih fizikalnega opaz
sicer v osnovah povzeta po Johannu Karlu Friedrichu Gaussu (1777–18
zamotana Šubičeva preračunavanja so bila namenjena predvsem m
Vplivala so na razvoj meteorološke znanosti v Zagrebu z Andrijo M
(1857–1936), upravnikom meteorološkega observatorija po letu 1891.
bil Šubic povezan s svojim nekdanjim gimnazijskim učiteljem fizike,
ravoslovja, Karlom Dežmanom (1821–1889), ki je vodil meteorološko
v Ljubljani od leta 1857 do smrti, ko ga je do leta 1896 nadomestila s

ZAKLJUČEK

Po raziskovanju kinetične teorije toplote med leti 1869–1874 se je
meteorološkim raziskavam, s katerimi je prav tako posegel pod sar
znanosti. Vendar so bili Matematični pripomočki fizikalnega opazovan
zadnja Šubičeva znanstvena razprava, objavljena zunaj Ljubljane
znanstveni molk je trajal vse do smrti 26 let pozneje v Gradcu. Ledina,
s svojimi tremi fizikalnimi znanstvenimi deli v slovenskem jeziku, p
polovici stoletja rodila obilno žetev.

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 području SR Hrvatske u 19. stoljeću, *Zbornik radova II simpozija iz povjesti znanosti, HPD*, Zagreb 1980, str. 111–112. Žarko Dadić (Povijest egzaktnih 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 *Učbenik*); 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 vrtinci, *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 Kräftenpaare nebst ihrer Anwendung in der Mechanik, *Erster Jahres-Bericht der Wiener Komunal-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.

[18] 1 m = 3,1635 »avstrijanskih črevljev« (čevljev) in 1 kg = 1,786 »avstrijanskih funtov« (Š str. 164, 166, 175 in 177). Do leta 1858 so v habsburški monarhiji uporabljali tudi der decimalnega sistema, saj je imel vsak goldinar po 60 krajcarjev (Vasilij Melik, Ljubljans mesa v predmarčni dobi, *Kronika* 29 (1981) str. 27).

[19] Šubic, *n. d.*, 1869, str. 175, 176 in 178.

[20] Šubičeva dela (in strani razprave, na katerih je bil znak uporabljen)

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

[21] Kalorik, Calorique oziroma Wärmestoff (Antoine Laurent Lavoisier (1743–1894) in Pie (1749–1827), Mémoire sur la chaleur, Lu · l'Académie Royale des Sciences, le 18 Juin avgustom 1783, objavljeno v *Histoire de l'Académie Royale des Sciences* (Paris), A *Mémoires de Mathematique et Physique*, str. 355–408, leta 1784. Prevod Svetislav *fizike*, Novi Sad 1952, str. 132; Joseph Louis Gay-Lussac (1778–1850), *Leçons de Phys* mu M. Grosselina, Paris 1828, 16. lekcija; Friderich Karl Ludwig Schoedler, *Das Buch* Ivana Tuška, Knjiga prirode, *SM*, 1869, str. 130).

[22] Šubic, *n. d.*, 1872, str. 12.

[23] Joseph Fourier (1768–1830), *Theorie analitique de la chaleur*, Paris 1822; Sime (1781–1840), *Theorie mathematique de la chaleur*, Paris 1835.

[24] Mechanische Wärmetheorie.

[25] Šubic, *n. d.*, *Učbenik* 1874, str. 559; Šubic, *n. d.*, 1872, str. 17. Poudarki v tem in n Šubičevi.

[26] Šubic, *n. d.*, 1872, str. 16.

[27] Šubic, *n. d.*, 1872, str. 17–19; Šubic, *n. d.*, *Učbenik* 1874, str. 565; James Clerk Ma *A Treatise on Electricity and Magnetisme*, 1873.

[28] Profesor na realki in urednik v Berlinu August Karl Krönig (1822–1879), Grundzüge Gase, *Ann. Phys.* 99 (1856) str. 315; profesor na politehniki v Zürichu Rudolf Clausius die Art der Bewegung, welche wir Wärme nennem, *Ann. Phys.* 100 (1857). Ponati

über die Mechanische Warmetheorie, 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.

[29] Šubic, *n. d.*, 1872, str. 21; Thomson, pismo Gabrielu Stokesu (1819–1903) iz leta 1857.

[30] Šubic, *n. d.*, 1872, str. 24.

[31] Šubic, *n. d.*, 1872, str. 58, 190 in 13–16; Ludwig Boltzmann (1844–1906), Über die Beziehung zwischen dem zweiten Hauptsatze der mechanischen Wärmetheorie und der Wahrscheinlichkeitsrechnung respektive den Sätzen über das Wärmegleichgewicht, Wien. Ber. 1877, ponatis v *Wissenschaftlische Abhandlungen*, Leipzig 1909, XLII razprava, II del, str. 164.

[32] Idealne pline.

[33] 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.* 1876.

[34] Šubic, *n. d.*, 1873, str. 185–194.

[35] Šubic, *n. d.*, 1873, str. 185.

[36] Šubic, *n. d.*, 1873, str. 186.

[37] Šubic, *n. d.*, 1873, str. 211–266.

[38] Šubic, n.d., 1873, str. 252–266.

[39] Josiah Willard Gibbs (1839–1903), *Elementary principles in statistical mechanics*, New York 1902.

[40] 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 zwischem mehratomigen Gasmolekülen*, Wien. Ber. 43 (1871), *n. d.*, 1909, XVIII razprava.

[41] ÖWAB 131 ex 1864 in 123 ex 1872.

[42] Šubic, pismo Karlu Glaserju (1845–1913) 1. 7. 1899, str. 2, nepaginirano (Rokopisni oddelek NUK).

[43] Šubic, Dinamična teorija o plinih, *Rad* 29 (1874) str. 1.

[44] Šubic, *n. d.*, 1874, str. 10 in 5.

[45] Šubic, *n. d.*, 1874, str. 6–7.

[46] Šubic, *n. d.*, 1874, str. 74.

[47] 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 äusere Kräfte wirken*, Wien.Ber. 1875, *n. d.*, 1909, XXXII razprava.

[48] Šubic, *n. d.*, 1874, str. 112–116.

[49] Clausius, Über die Natur des Ozon, *Ann. Phys.* 103 (1858), *n. d.*, 1867, XVII razprava, str. 327.

[50] Matija Vertovec (1784–1851), *Kmetijska kemija*, 1847.

[51] Šubic, *n. d.*, 1874, str. 115.

[52] 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.

[53] Šubic, *n. d.*, 1873, str. 152; *n. d.*, 1874, str. 138 in 140.

[54] Boltzmann, *Zur Theorie der Gasreibung*, Wien. Ber. 81 (1880) str. 122, *n. d.*, 1909, LVII razprava.

[55] B. Javorsky in A. Detlaf, *Handbook of physics, Mir*, Moscow 1975, str. 213–214.

[56] Clausius, Über die mittlere Länge der Wege, *Ann. Phys.* 105 (1858), *n. d.*, 1867, str. 273; Šubic, *n. d.*, 1874, str. 144.

[57] Pučnik, *n. d.*, 1979, str. 97.

[58] Šubic, *Manometer-Hygrometer*, Wien. Ber. II 73 (1876) str. 531; Nove metode za opredeljivanje vlage u zraku, *Rad* 40 (1877) str. 1.

[59] Rosenberger, *n. d.*, 1890, str. 235–236.

[60] ÖWAB 125 ex 1862, 368 ex 1862 in 373 ex 1863.

[61] ÖWAB 314 ex 1876.

[62] Šubic, *n. d.*, 1877, str. 2.

[63] Šubic, *n. d.*, 1877, str. 7 in 8.

[64] Psyhrós (gr.) mrzel (Ernst Ferdinand August (1795–1870), gimnazijski učitelj in od 1827 gimnazije v Kölnu, Über das Psychrometer, *Ann. Phys.* 5 (1825) str. 69 in 335 in 14 (182

[65] Šubic, *n. d.*, 1877, str. 1–2

[66] Pučnik, *n. d.*, 1979, str. 63; *Penzar, n. d.*, 1980, str. 121.

[67] Šubic, *n. d.*, *Učbenik*, 12. poglavje, str. 633–701.

[68] Šubic, *n. d.*, 1877, str. 8

[69] Šubic, *n. d.*, 1877, str. 76–77.

[70] Clausius, *Ann. Phys.* 9 (1878); Boltzmann, *Über die Bestimmung der Absoluten Tempera* München 1893, *n. d.*, 1909 CII razprava, III del, str. 490; N. V. Vdovičenko, Razvitie f principov statističeskoi fiziki v pervoi polovini XX veka, *Nauka*, Moskva 1986, str. 121.

SYNOPSIS

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

Šubic was one of the three University professor of physics of Slov 19th century. We described the first three papers in physical scienc language, that were published by him in Zagreb between the year Later ones in 1877 were already translated into Croatian language. W researches in mechanics, physical thermodynamics and meteor broader historical range. We discovered, that he took the material articles from his lectures about heat and meteorology in the universi the first article he used elementary mathematics for description of s In the second article he used higher mathematics to present researc heat in the first half of the 19th century. The highest value we gav Slovene article about physics published in Zagreb under the title »D ry of gases«. It was a broader redaction of two articles published tw er in the most important German review of that time.
Šubic's criticism of his superior in the university of Graz Boltzmann v and advantages that made Boltzmann's theory superior were cleared. ended Šubic's scientific work in Slovene language that had no foll next seven decades were discussed.

ZUSAMMENFASSUNG

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

Šubic war einer von den drei aus Slowenien stammenden Un fessoren für Physik im 19. Jahrhundert. Im Beitrag werden die ers sikalischen Abhandlungen in slowenischer Sprache vorgestellt, die 1869 und 1874 in Zagreb veröffentlichte. Die letzten zwei Abhan den schon in Kroatisch veröffentlicht. Seine Forschungen i Wärmetheorie und Meteorologie werden in einen breiteren ge Rahmen gestellt. Es wird festgestellt, dass er den Stoff für alle drei

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 äubic in slowenischer Sprache unterbrachen und welches sieben Jahrzehnte lang keine Nachahmer fand.