

DRUŠTVO MATEMATIKOV, FIZIKOV IN ASTRONOMOV SRS LETNIK 13, 1985-86,

PRESEK

5



Janez Strnad
JOŽEF STEFAN

Pevan
1982

— Ob stopetdesetletnici rojstva



Slika 1. Ena izmed redkih podob Jožefa Stefana in njegov podpis. Stefan ni maral javno nastopati, če se temu ni mogel izogniti, pa je prosil novinarje, naj ga ne omenjajo.

Janez Strnad

JOŽEF STEFAN

Ob stopetdesetletnici rojstva

Društvo matematikov, fizikov in astronomov SRS
LJUBLJANA 1985

KAZALO

PREDGOVOR	3
UVOD	5
ŽIVLJENJSKA POT	9
SLOVENSKO LEPOSLOVJE	21
DOSEŽKI V FIZIKI	31
Uvod	31
Toplotna prevodnost plinov	33
Zakon o sevanju	47
Izhlapevanje	55
Elektrika in magnetizem	57
LITERATURA	63

Na ovitku: Borut Pečar, Jožef Stefan — karikatura, 1982

PREDGOVOR

24. marca 1985 je minilo sto petdeset let od rojstva Jožefa Stefana. Tej obletnici naj bo posvečen kratek zapis o njegovem življenju in delu.

Poudaril sem Stefanove uspehe v fiziki. Bežno sem omenil tudi njegovo slovensko leposlovje, ki ga — tako vse kaže — zapostavljamo. Pri tem sem si izdatno pomagal s citati iz njegovih del in iz del o njem. Sposojal sem si tudi misli iz svojih prejšnjih zapisov o Stefanu. Nekaj odlomkov iz tujih besedil sem na novo prevedel. Prevzetih prevodov in drugih citatov nisem spreminjal. Izjema je samo priimek Stefan, ki sem ga uporabil, četudi so ga drugi pisali drugače.

Ob delu sem spoznal, da je spomin na Stefana danes bolj živ, kot je bil ob stoletnici njegovega rojstva. K temu je najbrž prispevalo tudi to, da so poimenovali po njem velik raziskovalni inštitut. S članki, ki jih objavljajo člani tega inštituta, prodira v mednarodno znanstveno javnost zavest, da je bil Stefan Slovenec.

Ljubljana, spomladi 1985

Janez Strnad

Sonet

Ljubil sem te z vso globokine.
Draga zmirom bodeš mi ostala
Č', ki meni si življenje dala
Svela zemlja črne domovine

Vé gori visoke, vé doline
K vam me želi zmirom bode gnala,
K vam bo duša zmirom vzdihovala,
Kraji polni cvetja in miline.

Šel naprej sem dalje v tuje kraje,
Kadarli nobene nemam višji.
Le vesel sem vas se spominjaje.

Sreč vas ni moglo pozabiti.
K vam najaj bi hallo bi naj raj,
In vas nikdar, nikdar zapustiti.

UVOD

Nemški dramatik Rolf Hochhuth, pisec uspelih dram o nekaterih znanih osebah iz časa druge svetovne vojne, je zavzdihnil: "Z grozo sem ugotovil, da zgodovinski roman ni mogoč, saj niti največji avtorji ne morejo oživiti ozračja neke dobe, ki jo je odnesel tok." Zares je nemogoče do podrobnosti razumeti in opisati minule dogodke. Čeprav kratek zapis o največjem slovenskem fiziku Jožefu Stefanu seveda ni zgodovinski roman, ga spremlja podobna težava. Kako naj bi v zgodovini fizike naslikali nekdanje razmere? Vanje se je težko vživeti, saj se zdijo dandanes stvari, za katere nekdanj niso vedele največje glave, domala same po sebi razumljive.

Nekateri zgodovinarji fizike poudarjajo, kako so odkritja tesno povezana s kulturo, tehniko in z družbenimi odnosi kakega časa. Čeprav bi radi osvetlili predvsem Stefanov prispevek k fiziki, moramo zato vsaj poskusiti z okvirnim opisom razmer v času njegovega življenja.

V Avstro-Ogrski so po Napoleonovem porazu leta 1813 in dunajskem kongresu v letih 1814 in 1815 prevladale težnje po vrnitvi starega reda. Kljub temu se je v naslednjih desetletjih fevdalna ureditev še naprej krhala. Novi gospodarski tokovi so spravljali na površje meščanstvo. Izkoriščanje tehničnih dosežkov, na primer parnega stroja, je omogočila nastanek in razvoj industrije. Tako so na primer v Avstro-Ogrski leta 1840 nakopali dvakrat toliko premoga kot leta 1835 in leta 1848 zopet dvakrat toliko kot leta 1840. Razmahnila se je gradnja železnic. V dveh desetletjih po prvi železnici leta 1825 v Angliji so jih zgradili tudi med večjimi avstrijskimi mesti. To je poživilo promet in trgovino.

Slovenci razen za Napoleona, v kratkotrajnih Ilirskih provincah med letoma 1809 in 1813, niso imeli nobene samouprave. Kljub temu so se vse bolj ovedali svoje narodnostne pripadnosti. Tako so na primer leta 1843 začele izhajati v Ljubljani *Kmetijske in rokodelske novice*. Marčna revolucija leta 1848 je prinesla samo kratkotrajno upanje, da se bodo v tem pogledu razmere izboljšale. Ostalo je po starem, dokler se ni po letu 1861 v okviru avstro-

ogrskega parlamentarizma začelo počasi obračati na bolje.

V času Stefanove mladosti se Celovec, ki sicer prej ni sodil k Ilirskim provincam, ni kaj prida razlikoval od Ljubljane. Mestni prebivalci so govorili nemško, okolica pa je bila slovenska.

Seveda so bile po jeziku v celoti slovenske v tem času le kmečke množice in delavstvo, kolikor ni šlo pri njem za doseljence. Jezik višje družbe je v glavnem neslovenski...

Znanje ali vsaj razumevanje slovenščine sicer tudi med višjo družbo, če ne štejemo dokaj številnega uradništva, ki po izvoru ni bilo iz slovenskih krajev, ni bilo tako majhno. Velik del te družbe je bil v nekem smislu dvojezičen ...

Po nemško govori pri nas večina
gospa, gospodov vajenih veleti
in po slovensko služna jim družina.

Župančičev prevod kitice Prešernovega nemškega soneta

"Mi iz trga smo večinoma že od doma znali nemško. V naši hiši smo med seboj navadno nemško govorili, toda znali smo tudi slovensko. Čutili pa se nismo ne za Nemce ne za Slovence, ker se za narodnost sploh nikdo ni menil do leta 1848, in nam je jezik bil le sredstvo, da se sporazumemo med seboj in z drugimi."

J. Vošnjak iz Šoštanja

Slovensko nacionalno vprašanje se je pojavilo v javnosti takoj po revolucionarnih dunajskih marčnih dneh.

Tako je bil [1848] formuliran znameniti program Zedinjene Slovenije. To je bil zares revolucionaren program: odprava starih deželnih enot, nove meje, potegnjene po narodnostnem ozemlju, lasten parlament in lastna uprava.

V času Bachovega absolutizma (imenuje se po ministru, ki je igral zlasti v l. 1852 – 1859 vodilno vlogo) je ostalo razmerje družbenih sil na Slovenskem dokaj nespremenjeno.

- | | |
|------|--|
| 1861 | februarski patent, začetek ustavnega življenja v monarhiji, |
| 1864 | ustanovljena Slovenska Matica, |
| 1867 | volitve v deželne zbore — prva velika zmaga slovenskega narodnega gibanja. |

Vse navedbe so iz *Zgodovine Slovencev*, Cankarjeva založba, Ljubljana 1979

Jožefa Stefana ta *Zgodovina* ne omenja. Nič nenavadnega; tudi Michaela Faradaya bi zaman iskali v znani angleški *Zgodovini*.

Znanost in tehnika sta napredovali z velikimi koraki. Samuel Morse je iznašel telegraf (1837), Louis Daguerre (1838) fotografijo, Philipp Reis (1861) in Alexander Graham Bell (1876) telefon, Nikolaus Otto bencinski motor (1876), Karl Benz je izdelal prvi avtomobil (1885). Že leta 1859 je izšla knjiga Charlesa Darwina *O izvoru vrst z naravnim izborom*.

V fiziki je *mehanika z akustiko in hidrodinamiko* začela izgubljati osrednjo vlogo. Uveljavljati se je začela *optika*, v kateri je v prvi polovici 19. stoletja zmagala valovna teorija svetlobe. Sredi tega stoletja so sprejeli *energijski in entropijski zakon*, ki sta povezala vse veje fizike in dala polet *termodinamiki* (nauku o toploti). Na začetku stoletja je prodrla iz kemije v fiziko misel, da je snov sestavljena iz *atomov*. Iz nje je zrastle *kinetična ali mehanična teorija toplote*, v kateri so notranjo energijo (po domače toploto) pojasnili z nenehnim in neurejenim gibanjem *molekul*. Vendar dolgo časa niso razčistili pojmov atom in molekula. Nekateri so ju imeli zgolj za koristna modela.

Na koncu petdesetih let so angleški fizik James Clerk Maxwell, nemški fizik Rudolf Clausius in drugi razvili *kinetično teorijo plinov*, ki je pojasnila lastnosti plinov z lastnostmi gibajočih se molekul. Leta 1865 je avstrijski fizik Joseph Loschmidt, ki je delal na istem inštitutu kot Jožef Stefan, v okviru te teorije ocenil velikost molekul. Kinetična teorija plinov je bila tedaj najimennitnejša fizikalna teorija.

V šestdesetih letih ji je sledila še imennitnejša *Maxwellova elektrodinamika*. Orišimo na kratko, kako je nastala. Leta 1800 je Alessandro Volta sestavil prvo baterijo, ki je omogočila raziskovanje konstantnega toka po sklenjenem električnem krogu. Leta 1826 je Georg Simon Ohm z zakonom povezal napetost in tok. Leta 1831 je angleški fizik in kemik Michael Faraday odkril indukcijo, pojav, da spremenljivo magnetno polje izzove električno napetost. Prav Faraday je nekoliko pozneje uvedel pojem *polja*. Maxwell je zamisel dalje razvijal in jo oblekel v matematično obleko. V letih 1865 in 1866 je prvič zapisal — še na osnovi mehaničnih predstav — zakone za električno in magnetno polje. Zakone je dokončno izoblikoval leta 1873 v *Razpravi o elektriki in magnetizmu* — to pot že brez nekoliko okornih mehaničnih predstav. S to teorijo je povezal optiko z elektriko in magnetizmom in napovedal, da je svetloba elektromagnetno valovanje. Napovedi je potrdil Heinrich Hertz, ki je okoli leta 1888 prvi opazoval radijske valove. Po Maxwellovi smrti leta 1879 se je teorija počasi razširila na celinsko Evropo.

Na osnovi te teorije so zrastle pomembna tehnična odkritja. Prvi dinamo-stroji so nastali že po odkritju indukcije, na veliko pa so se razmahnili po letu 1867, ko je Werner von Siemens nadomestil v njih trajne magnete z elektromagneti. Thomas Alva Edison je leta 1879 izdelal prvo žarnico z ogleno nitko in leta 1881 je Nikola Tesla uvedel večfazni izmenični tok. Leta 1891 so postavili prvi visokonapetostni daljnovod.

Vsi ti uspehi znanosti in tehnike pa bralca ne smejo zavesti, da bi tedanje razmere primerjal z današnjimi. V prejšnjem stoletju so gojili znanost le na univerzah, po današnjih merilih v omejenem obsegu. Tedaj še ni bilo državnih

ustanov, ki danes skrbijo za financiranje raziskovalne dejavnosti in za štipendiranje študentov in raziskovalcev. Razvile pa so se že akademije znanosti. Na njihovih zasedanjih so raziskovalci poročali o svojih dognanjih in v glasilih objavljali svoja poročila.

Tedaj so se z znanostjo večinoma ukvarjali možje iz dovolj premožnih družin, da niso bili odvisni od mesečnih dohodkov. Redni profesor, ki je bil navadno predstojnik inštituta, je imel sicer visoke dohodke, a takih mest je bilo zelo malo. Dohodki njegovih neposrednih podrejenih – izrednih profesorjev – pa so bili že tako majhni, da niso zadostovali za preživljanje družine. Asistentovi dohodki niso omogočali niti preživljanje njega samega. Kot zgled z dunajske univerze, a ne s fizike, navedimo, da je imel zelo znan redni profesor 2000 goldinarjev mesečnih dohodkov, izredni profesor 200 goldinarjev in asistent 90 goldinarjev. Za člane srednjega sloja so veljali družinski očetje, ki so se lahko pohvalili z mesečnimi dohodki od 300 do 400 goldinarjev. Pri namestitvah in napredovanjih na univerzah so pogosto prišle do veljave osebne zveze in ne le dosežki v stroki; dunajska univerza je slovela prav po tem.



Slika 2. Geigerjeva hiša na Ebentalerstrasse v Celovcu, v kateri je služila Stefanova mati kot dekla. Stranska stavba, v kateri je verjetno prebivala s Stefanom, že dolgo ne stoji več. Hišo so obnovili pred drugo svetovno vojno. V vojni je bila porušena in po njej na novo pozidana. To in naslednjo sliko je ljubeznivo prispeval celovski rojak, profesor Štefan Močilnik.

ŽIVLJENJSKA POT

Jožef Stefan je bil rojen 24. marca 1835 v obmestni vasi Sv. Peter, ki je zdaj del Celovca. Mati Marija Startinik, ki je služila kot dekla, in oče Aleš (Aleksander) Stefan, mlinarski pomočnik, takrat še nista bila poročena. Po enajstih letih, ko si je oče ustvaril trgovino z mlinarskimi in pekarskimi izdelki, se je poročil z materjo. V tedanjih časih otroci, ki so bili rojeni zunaj zakona, niso imeli enakih pravic kot v zakonu rojeni otroci. Jožef zelo verjetno ne bi mogel nadaljevati šolanja na gimnaziji, če s to poroko ne bi dobil očetovega imena.

Tudi še po tem, ko je oče vzel Jožefa in njegovo mater k sebi, so Stefanovi živeli skromno. Mladi Jožef je moral pomagati pri prenašanju vreč, zaradi česar je imel menda nekoliko povešeno desno ramo.

Stefanova oče in mati sta bila nepismena. Nasprotje med nepismenimi starši in svetovno znanim fizikom sodi med zadeve, ki jih življenjepisci radi poudarjajo. Tukaj smo ga omenili samo zato, da bi opozorili na tole: popolnoma nepričakovano se razvije kak vrhunski um, ne da bi mogli njegove izjemne lastnosti izvajati naravnost od staršev ali iz družinskega ali šolskega okolja.

Sam že prileten in učenjak svetovne slave, je daleč od mestnega trušča presedel v tesni rojstni hiši ure ter učil svojo ljubljeno mater slovensko abecedo, pisanja in branja. Ta ljubezen ga je tudi odtrgala vsako poletje od dela, da si je na grudih domače zemlje nabral novih sil.

M. Adlešič

Stefanova mati je umrla 48 let stara leta 1863, deset let starejši oče pa jo je preživel skoraj za deset let (umrl leta 1872).

Jožef Stefan je obiskoval osnovno šolo v Celovcu, kjer je pokazal tolikšno nadarjenost, da so mu priporočili, naj nadaljuje šolanje. Jožef je bil staršem globoko hvaležen, ker so mu omogočili to in ga tudi še na univerzi podpirali. Kaže, da je dobival tudi občasne podpore iz drugih virov. O zunanjih spodbudah za šolanje in študij in podporah govorijo predvsem avstrijski življenjepisci.

Na gimnaziji so tedaj poučevali tudi slovenščino, in sicer za Slovence v treh letnikih, za druge pa v dveh na prostovoljni osnovi. Slovenščina je bila za

slovenske dijake celo predmet pri ustni in pisni maturi. V dveh letnikih je Stefan izrecno opredeljen kot "Slovenec", kar pomeni, da so ga kot takega prijavi starši.

Pri očetu zasledimo nekajkrat priimek v obliki Stephan, pri Jožefu pa celo v obliki Štefan, a večinoma so ga pisali Stefan. V nemščini se to izgovori "Štefan", zato ne bo narobe, če ga tako pišemo in izgovarjamo tudi mi.

Vsa leta na gimnaziji je bil Stefan vzoren učenec. V šestem razredu je bil odličen, v sedmem in v osmem, zadnjem razredu in na maturi pa celo najboljši v razredu. Zato je dobil od učiteljskega zbora knjižni nagradi. Njegovo vedenje je bilo ves čas primerno, le v šestem razredu so zapisali opazko: "Nedostojen pri dobronamernih opominih."

Stefanu je šolsko delo puščalo veliko prostega časa, ki ga je izkoristil za učenje jezikov in pisanje. Začel je s slovenskimi pesmimi. Po tedanji navadi se je zanimal za srbohrvaščino, ki so ji rekli ilirščina, pa še za druge slovanske jezike. Ukvarjal se je poleg pouka še posebej z latinščino in grščino ter z matematiko in fiziko. V Celovcu in Ljubljani so tedaj uporabljali za ta predmeta



Slika 3. Spominska plošča, ki so jo vzdali ob stoletnici Stefanovega rojstva v obnovljeno hišo: V tej hiši je bil 24. marca 1835 rojen fizik Jožef Stefan, odkritelj po njem imenovanega zakona o sevanju. Plošča je ostala nepoškodovana in jo je mogoče videti na hiši s slike 2.

nemške učbenike. Za matematiko so bili po vsej Avstro—Ogrski v rabi učbeniki Franca Močnika. V zadnjih dveh letih je učil Stefana fiziko Karel Robida, ki je leta 1849 objavil prvo slovensko fizikalno knjigo. Začuda te knjige Stefan ni nikjer omenil. Vendar vse kaže, da je Robida vplival na njegovo zanimanje za fiziko. Stefan je večkrat poskušal rešiti probleme, ki so bili zanj — brez mentorja in pripravnih knjig — pretežavni.

Omeniti je treba, da je Stefan nadvse rad pel slovenske pesmi. Kot prvi pevec je sodeloval v celovškem pevskem zboru, pa tudi na Dunaju je bil član pevskega zbora. Ponekod beremo, da je oba pevska zbora osnoval in vodil on sam.

Ob obisku na Institutu J. Stefan je bil avstrijski predsednik dr. Rudolf Kirchschläger zaradi trditve, da je bil Stefan Slovenec, kar nekam prizadet. Rekel je: "Vsi tisti, ki so živeli v Avstro—Ogrski, so bili Avstrijci." Nekaj je na tej trditvi. Stefan je zares živel in delal v Avstro—Ogrski, saj v času njegovega življenja Jugoslavije in Slovenije sploh še ni bilo. Prav tako pa ni nobenega dvojna, da se je imel za Slovenca. Pri tem je mislil, kakor bi rekli danes, na narodnost.

Ni se mogoče otresti vtisa, da nekatere Avstrijce Stefanova slovenska narodnost moti in jo poskušajo zatajiti. Zdi se tudi, da nekateri avstrijski pisci preveč poudarjajo revščino Stefanovih staršev.

Poslali so ga v osnovno šolo, kjer so ga takoj opazili učitelji zaradi vneme pri učenju in lahkote, s katero se je učil. Poskrbljeno je bilo za to, da je lahko leta 1845 vstopil na celovško gimnazijo, kjer je učno gradivo prav tako zmogel z lahkoto. Takrat mu je ostajalo veliko časa, da se je ukvarjal z drugimi stvarmi, ki so ustrezale njegovim številnim nagnjenjem. Tako se je ukvarjal z južnoslovanskimi in češkimi jeziki, pisal različne sestavke v obliki proze in poezije in je z enako mislečimi sošolci osnoval literarno združenje. Tudi klasičnim jezikom je posvečal veliko pozornost.

Življenjska pot Jožefa Stefana razločno kaže, da so tudi v prejšnjih stoletjih nadarjenost, prizadevnost in pridnost vodili do dviga v najvišje družbene plasti, ne glede na to, iz katere plasti je izvirал nadarjenec. Nekateri njegovi poznejši učenci so izhajali iz premožnih družin, na primer Franz S. Exner ali Rudolf von Lieben, ob Stefanovi zibelki pa je stala gola revščina.

F. Smola

Tudi Angleži navajajo Stefana kot Avstrijca. Podobno se pogosto godi Mihailu Pupinu, Srbu iz Vojvodine, in Nikoli Tesli, Srbu iz Like, ker sta bili obe pokrajini pod Avstro—Ogrsko. To se dogaja samo zaradi pomanjkljivih podatkov. Brž ko so poučeni, radi vzamejo na znanje Stefanovo slovensko narodnost, saj jim podobne zadeve niso tuje. Tudi znanemu fiziku Johnu Tyndallu (1820 — 1893) na primer priznavajo, da je bil Irec, čeprav je ustvarjal

v Združenem kraljestvu in je postala Irska samostojna država šele leta 1922.

R. C. Dougal z Univerze v Edinburghu je v reviji *Physics Education* objavil daljši zapis ob stoletnici Stefanovega zakona o sevanju. V njem je ponovil podatek, da je bil Stefan Avstrijec. S pismom, ki ga je objavila revija, pa ni bilo težko utemeljiti Stefanove slovenske narodnosti, saj je bil v istem članku prav J. Tyndall omenjen kot irski fizik. Dougal se je pozneje posebej pozanimal za Stefanovo leposlovno delo in za Institut J. Stefan, češ da bo o tem predaval.

Težava je v tem, da v svetovni literaturi ni podatkov o Stefanovi slovenski narodnosti. Tako Isaac Asimov, ki je sicer nenavadno tankovesten, v *Bibliographical Encyclopedia of Science and Technology*, Doubleday, Garden City N. Y. 1972, navaja Jožefa Stefana kot avstrijskega fizika, toda Mihaila Pupina kot jugoslovansko—ameriškega fizika in Nikolo Teslo kot hrvaško—ameriškega elektrotehnika. Tudi Ju. A. Hramov v knjigi *Fizika, biografičeskij spravočnik*, Naukova dumka, Kiev 1977, piše, da je bil Stefan avstrijski fizik, Tesla pa srbski znanstvenik na področju elektrotehnike in radiotehnike.

Stefan je čutil nagnjenje do učiteljskega poklica. Najprej je razmišljal o tem, da bi po končani gimnaziji vstopil v benediktinski red. Ta meniški red se je ukvarjal s poučevanjem in nekateri Stefanovi učitelji, med njimi K. Robida, so bili njegovi člani. Da je Stefan o tem resno razmišljal, kaže najbrž tudi na vpliv, ki so ga imeli nanj njegovi učitelji. Morda je šlo tudi za premislek denarne narave, saj bi ga vstop v red rešil skrbi za sredstva med študijem.

Naposled je Stefan opustil misel, da bi vstopil v red in je leta 1853 odšel na Dunaj študirat matematiko in fiziko na filozofsko fakulteto. Med njegovimi učitelji so bili nekateri dokaj znani, na primer Moth, Kunzek, Petzval, Grailich, Ettingshausen. S študijem Stefan ni bil popolnoma zadovoljen. Samostojno se je loteval zahtevnejših teorijskih problemov, ki so delno zopet presežali njegove zmožnosti. Poleg tega pa je poslušal še predavanja iz kemije, anatomije in rastlinske fiziologije. Zanimal se je tudi za filozofska in zgodovinska vprašanja in se učil francoščine in angleščine.

”Začel sem se zdaj zopet prijemati tiste dolgočasne physike, ki jo potrebujem za izpit, in sicer hydrostatike ... Sicer imam zdaj prestrašeno malo veselja do dela, vročina je velika in sile ni nobene, ki bi me gnala h knjigi, in sil je veliko, ki me gonijo od knjige. V takih časih človek ne more ničesar delati, k čemur nima posebno živega veselja: ako bi bilo kaj novega, kar bi sam iz svoje glave iskal in koval, bi že šlo, ali tako je klaverna.”

J. Stefan, Dnevnik

Kot študent se je Stefan družil s koroškimi rojaki. V tem krogu je večkrat predaval o fizikalnih vprašanjih, ki so ga zanimala.

Kljub nezadovoljstvu s študijem — morda zaradi lastnih previsoko postavljenih pričakovanj — pa je Stefan še pred koncem četrtega letnika leta 1857

opravi profesorji izpit iz matematike in fizike. Po tedanjem načinu študija mu je potem preostalo še en izpit, tako imenovani filozofski rigoroz, da bi si pridobil naslov doktorja filozofije. Stefan bi ta izpit menda že tedaj lahko opravil, a je bil po lastni izjavi prelen. Vendar je treba upoštevati, da so zelo delavni ljudje do sebe posebno strogi. Verjetno pa je res, da Stefan ni čutil nobene spodbude. Ni videl možnosti, da bi dobil mesto na fizikalnem inštitutu, na katerem bi se lahko ukvarjal predvsem s fizikalnimi poskusi.

Andreas von Ettingshausen (1796 – 1878) je ... postal leta 1821 profesor za višjo matematiko na dunajski univerzi. Leta 1835 je prevzel še mesto profesorja za fiziko. Ettingshausen je bil eden od zgodnjih zastopnikov teorijske fizike in je štel med pionirje naravoslovja v Avstriji. ... leta 1852 je prevzel vodstvo fizikalnega inštituta, katerega ustanovitev je v veliki meri njegova zasluga. Inštitut je vodil do leta 1865, pri čemer mu je v zadnjih letih stal ob strani Stefan. Ettingshausen je bil tudi ustanovni član Akademije znanosti in njen prvi glavni tajnik. ... Kot prvi fizik je smel predavati v nemščini [prej so predavali v latinščini].

Josef Petzval (1807 – 1891) je bil v letih od 1837 do 1877 profesor za matematiko na dunajski univerzi. Petzval je bil pomemben zastopnik uporabne matematike, torej mejnega področja fizike. Znan je postal po svojih računih fotografskih objektivov, ki jih je komercialno izkoristil Voigtländer. Petzval je slovel kot dunajski original in je kot izvrsten sabljač treniral člane akademske lige leta 1848.

W. Hoflechner, A. Hohenester, *Ludwig Boltzmann*, Ausstellung, Graz 1985

Že v četrtem letniku je predaval fiziko na univerzi za študente farmacije. Tedaj je dobil neko štipendijo za matematiko, ob kateri je zapisal, da je z njo "vsaj nekoliko razbremenil velik trud svojih dobrih, predobrih staršev" ...

Tega leta – 1857 – je sprejel mesto učitelja fizike na zasebni srednji šoli. Na njej je ostal štiri leta in pol in bil poldrugo leto pomočnik ravnatelja. Ob tem je še naprej predaval fiziko na univerzi.

Leta 1858 je opravil rigoroz in dobil naslov doktorja. Nekaj pozneje si je z naslovom "privatni docent" pridobil še uradno pravico predavati na univerzi. Vse to pa mu ni zagotovilo stalnega mesta na fizikalnem inštitutu.

Že prej se je sam lotil teorijskega raziskovanja in je pripravil za tisk dve razpravi. Na koncu leta 1857 je predložil razpravo Akademiji znanosti in je tudi predaval pred Akademijo. Predavanje so dobro sprejeli in za mladega fizika se je začel zanimati Karl Ludwig, profesor fiziologije. Ponudil mu je možnost za eksperimentalno delo iz fizike na fiziološkem inštitutu. Stefan je ponujeno možnost sprejel in že leta 1858 sta z Ludwigom poročala Akademiji o skupnem delu. Stefan je zbudil tudi pozornost profesorja Ernsta Brückeja, enega izmed najbolj znanih tedanjih fiziologov. Z njegovo in Ludwigovo podpo-

ro je postal Stefan leta 1860, ko še ni bil star petindvajset let, dopisni član Akademije znanosti na Dunaju.

Toda tudi vse to še ni vodilo v fizikalni inštitut, kjer si je Stefan želel stalno mesto. Tako bi imel najboljše možnosti za delo v najbolj ustvarjalnem vzdušju.

Moj dragi prijatelj, ali gre zares samo za to, ali lahko dobite tukaj mesto asistenta? Ali ne leži problem bistveno globlje? V sedanjih razmerah je čista znanost samo nekaj za bogate. Exnerji in Fleischli so več generacij zelo premožni. Potem pač nisi odvisen od plače...

Iz biografskega romana Irvinga Stona o Sigmundu Freudu. Tako naj bi odgovoril E. Brücke mlademu Freudu leta 1882, ko se je po končanem študiju medicine potegoval za mesto asistenta na fiziološkem inštitutu. E. Brücke je bil dobrih dvajset let prej poleg K. Ludwiga glavni Stefanov podpornik.

Zdelo se je, da je ta možnost za Stefana zaprta. Zgodilo pa se je drugače. Najprej je profesor E. Brücke pregovoril nekega visokega uradnika v ministrstvu za znanost, da se je na Stefanovem predavanju prepričal o njegovih predavateljskih možnostih. Najbrž je to odločilno prispevalo k temu, da je bilo za



Slika 4. Prvi fizikalni inštitut dunajske univerze na Erdbergerstrasse. Za njegovo ustanovitev sta si pridobila zasluge Christian Doppler in Andreas von Ettingshausen. V zgradbi, ki ne stoji več, je delal Jožef Stefan v letih od 1858 do 1874.



Slika 5. Fizikalni inštitut na Türkenstrasse, v katerega so se vselili leta 1874. V njem je prebival Stefan kot direktor odlej do svoje smrti 1893. Danes stoji fizikalni inštitut dunajske univerze drugod, na Boltzmannngasse.

Stefana leta 1863 osnovano novo profesorsko mesto za matematiko in fiziko. Tako je postal Jožef Stefan, sin revnih staršev z dežele, brez premoženja in zvez z 28 leti najmlajši redni profesor v vsej Avstro-Ogrski. Nato je nepričakovano umrl asistent E. Grailich, ki je bil predviden za naslednika direktorja fizikalnega inštituta. Kmalu nato je iz zdravstvenih razlogov odšel direktor A. Ettingshausen v pokoj. Z Grailichovo smrtjo se je za Stefana odprla možnost za stalno delovno mesto na fizikalnem inštitutu. Po Ettingshausnovem odhodu pa je postal Jožef Stefan, komaj tridesetleten, direktor fizikalnega inštituta dunajske univerze.

Medtem je Stefan marljivo delal in objavil v *Poročilih* Akademije znanosti več razprav, ki so zbudile pozornost v znanstvenem svetu. Leta 1865 mu je Akademija za eno izmed njih prisodila kot prvemu Liebenovo nagrado 900 goldinarjev, "namenjeno najboljši razpravi iz fizike, ki jo je napisal kak avstrijski državljani v zadnjih treh letih".

Istega leta, še preden je postal direktor inštituta, je bil Stefan izvoljen za rednega člana Akademije znanosti. To je bila velika čast. Tako so se Stefanu izpolnile vse želje o delovnem mestu, da se bolje sploh ne bi mogle. Zdaj se je lahko z vso močjo posvetil raziskovalnemu delu v fiziki in vzgoji fizikov.

Vsi, ki so ga poznali, poudarjajo, da je bil Stefan izvrsten predavatelj.

Leta 1878. sem prvič sedel med slušatelji Dr. Josefa Stefana na dunajski univerzi. Predaval je v svojem fizikalnem inštitutu, ki je bil nastanjen v "Türkenstrasse" v privatni hiši, blizu nekdanje, filozofom in medicincem starejše generacije dobro znane "Gewehr-fabrike". Bil sem jako radoveden na moža, ki je slovel poleg Miklošiča kot najodličnejši član dunajskega vseučilišča. Kmalu je vstopil; mirno in živo je pogledal po avditoriju in pričel govoriti. Beseda mu je tekla počasi, in izgovor je takoj spominjal na rojenega Slovence. Glas mu je bil srednje krepek in jako simpatičen. Kar je izgovoril, je bilo po vsebini in obliki formalno dovršeno, kot za takojšen tisek prirejeno. Tuintam mala zabavljiča, pikra opazka ali fina šala, navidezno brez namena, a ravno zato tem večjega učinka. Imel je poseben dar, obravnavati znanstvene predmete na lahko umljiv način. Z neprispodobno jasnostjo je razvijal najtežje probleme; vse matematične dedukcije je znal prilagoditi doumljivosti svojih slušateljev ter jih tako razvrstiti, da jih je moral vsakdo umeti. Stefanova predavanja so bila v vsakem pogledu vzorna in naravnost klasična. Njegov mirni in premišljeni, od plemenite samozvesti in dobrohotnosti pronican nastop mu je pridobil srca slušateljev, in čestokrat so z burnim ploskanjem izrekli svoje navdušenje, ko je končal. Za njega samega je bilo predavanje navadno združeno s hudim telesnim naporom, kajti opazovali smo, da je zapuščal dvorano jako utrujen in ves poten.

In kako je znal eksperimentirati! Navadno je stal na stališču, da ima pred seboj srednješolske učiteljske kandidate, le pri optiki in akustiki je rad segal dalje ter očitno kazal svoje izredno zanimanje za dotična poglavja. Hladno in elegantno, kakor bi hotel pokazati, da ima zakone nature v oblasti, je razvrstil aparate, potem pa je izvajal z neko suvereno lahkoto najtežje poskuse.

I. Šubic



Slika 6. Spomenik Jožefu Stefanu v arkadah dunajske univerze. Ob odkritju leta 1895 je govoril Ludwig Boltzmann.

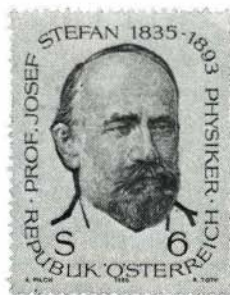


Slika 7a. Inštitut Jožef Stefan v Ljubljani (zg.)



Slika 7b. Spomenik Jožefu Stefanu pred inštitutom (levo)

Slika 8. Avstrijska priložnostna znamka ob stopetdesetletnici Stefanovega rojstva (spodaj)



Pripomnil sem že, da je bil Stefan zelo vsestranski. Če bi hoteli navesti vsa področja, na katerih je naredil kaj lepega ali priznanja vrednega, bi morali pač naštetati vsa poglavja fizike...

To, da je Stefan enako obvladal obe orodji za spoznavanje narave, raziskovanje s poskusi in računanje, mu je dajalo posebno jasen vpogled v povezanost naravnih pojavov. Tam, kjer so bile potrebne najostreje misli, je uporabljal v svojih predavanjih pomagala iz najvišjih področij matematike. Najtežja izvajanja je znal podati v najjasnejši in najpreglejnejši obliki, ne da bi kdaj zašel v matematični formalizem. Nasprotno, vedno je ostro poudarjal fizikalni smisel in praktično uporabnost računa. Poleg tega pa je imel tudi vzorna predavanja iz eksperimentalne fizike.

L. Boltzmann

Med Stefanove posebne poteze štejejo življenjepisci — skoraj nihče ne pozabi tega omeniti —, da je dovolil študentom uporabljati najboljše naprave. Tudi če so poškodovali kak dragocen merilnik, se ni preveč jezil, če le ni šlo za očitno malomarnost. Najbrž se je še spominjal, kako si je sam želel delati s takšnimi napravami tedaj, ko še ni imel stalnega mesta na fizikalnem inštitutu.

Ludwigu sem tudi obljubil, da bom njegovo vabilo sprejel. Toda to me le malo veseli, da bi delal v takih okoliščinah. Težko je, če nisi gospodar opreme, ki jo potrebuješ, kar sem že dodobra izkusil. Tako jasno vidim, da se bom moral odločiti in to sprejeti, posebno, če bom po Ludwigovem načrtu resno želel predavati posebno medicinsko fiziko.

J. Stefan, *Dnevnik*

Stefanovemu pisanju v slovenščini in njegovemu raziskovalnemu delu bomo posvetili posebna razdelka. Zato o Stefanovem življenju ni več veliko poročati. Navedimo le nekaj izjav o njegovih osebnostnih lastnostih.

Resnična beseda profesorja Wilhelma Webra, da ni naloga univerzitetnega učitelja samo poučevati z besedo, ampak predvsem biti s svojim značajem vzor in zgled dozorevajoče mladine, ni za nikogar bolj umestna kot za Stefana. Vsakdo je poznal njegovo zvestobo dolžnosti in delavnost, ki ni popustila, četudi je terjala železno moč volje, da je premagala telesno slabo počutje. Toda s tem odlika njegovega značaja in čar, ki ga je izvajal na študente, nikakor nista izčrpana. Slednjega se je dalo samo občutiti...

Stefan in Loschmidt sta se razlikovala po mnogih lastnostih. Stefan je bil univerzalen in je obravnaval vsa poglavja fizike z enako ljubeznijo. Loschmidt je bil enostranski; če je noč in dan mozgal o kaki zadevi, je skoraj popolnoma zgubil smisel za vse drugo. Stefan je bil praktičen. Rad je razglabljal o uporabi svoje znanosti v tehnične in obrtne namene in pri tem pokazal veliko spretnosti. Loschmidt pa je bil prototip nepraktičnega učenjaka, čeprav je poprej sam delal v tovarni. Stefan si je pridobil tudi več splošnega priznanja..., Loschmidt pa je ostal skoraj čisto sam.

V nečem pa sta bila oba popolnoma enaka, v neskončni nezahtevnosti, preprostosti in neposrednosti svojega bistva. Nikdar nista poskušala pokazati na zunaj, da koga du-

hovno prekašata. Čeprav sem bil najprej študent in potem dolga leta asistent, nisem nikoli slišal od njiju drugačne besede, kakor med prijatelji. Olimpijska veselost, vzvišeni humor, zaradi katerega so postale za študente še najtežje diskusije zabavne igre, se je tako globoko vtisnil vame, da je prešel v moje lastno bistvo. Kolikor vem, ne Stefan ne Loschmidt nista potovala iz avstrijske domovine, vsekakor pa se nista udeležila nobenega naravoslovnega srečanja in nista stopila v tesne osebne stike s kakim tujim raziskovalcem. Tega ne morem odobravati in verjamem, da bi lahko dosegla še več, če ne bi živela tako odmaknjeno. Dosegla bi vsaj to, da bi njune dosežke hitreje spoznali in bi ti postali bolj plodoviti.

L. Boltzmann

V mladosti je bil posebno v družbi svojih slovenskih prijateljev sila družaben, razigran in za vsako šalo pristopen. Pozneje pa je postal vase zaprt samotar. Vzroki tega preobrata ... nam niso znani. Ker je imel stanovanje poleg laboratorija, se je večkrat primerilo, da ni več tednov zapored prestopil hišnega praga.

M. Adlešič

Dolga leta mu je grenila življenje bolečina, ki jo je skrival v svojem srcu. 1891 pa je nastopil v njem odločilen preobrat. Tedaj se mu je namreč izpolnila želja, ki jo je v mladih letih zaupal svojemu dnevniku, a jo je pozneje zaprl v globino srca. V Brežah, na ljubljanskem Koroškem, se je v jeseni svojega življenja poročil z Marijo Neumannovo, vdovo po inšpektorju državne železnice. V njej je našel dolgo pogrešano zvesto in ljubečo življenjsko družico. Postal je vever in šaljev, kot že dolgo ni bil.

L. Čermelj

Na koncu leta 1892 ga je zadela možganska kap, ko je bil na obisku pri prijatelju. Več dni je v nezvesti ležal pri njem. Ko se mu je stanje malo popravilo, so ga prenesli v stanovanje na inštitutu. Tu je 7. januarja 1893 umrl. Pokopan je na dunajskem osrednjem pokopališču.

Jožef Stefan je dosegel številne časti, od katerih naštejmo nekatere. Bil je dekan filozofske fakultete in rektor univerze, tajnik in podpredsednik Akademije znanosti, član kraljevega švedskega znanstvenega društva v Uppsali, kraljeve akademije v Münchnu, fizikalnega in medicinskega društva v Würzburgu, francoski officier de l'instruction publique, vitez ruskega reda sv. Ane, vitez reda železne krone, dobitnik častnega znaka za umetnost in znanost, dvorni svetnik Bil je prvi predsednik avstrijskega elektrotehniškega društva, prvi urednik njegovega glasila in še član in predsednik mnogih strokovnih komisij.

Stefana štejejo za enega izmed ustanoviteljev dunajske fizikalne šole.

Stefanova zasluga pa je bila, da je ta inštitut [fizikalni inštitut dunajske univerze] v novejši zgodovini fizike igral vlogo, ki je bila vredna njegovega ustanovitelja.

L. Boltzmann

SLOVENSKO LEPOSLOVJE

Jožef Stefan je začel v peti gimnaziji (v današnjem prvem letniku srednje šole) pesniti v slovenščini. S sošolci je osnoval literarno glasilo *Slavijo*. Pesmi, ki jih je pisal za to glasilo, so našle pot v slovenske revije, ki so tedaj izhajale v Avstro-Ogrski. V *Bčeli*, ki jo je izdajal Anton Janežič, Stefanov profesor za slovenščino, je že leta 1850 izšla pesem *Ne išči pokoja*:

Vedi Slavjan! zdaj ni čas za počivat'!
Zdaj mora bdeti slovansko srcé,
Braniti Slavo, za njo se bojvat',
To mu usoda prisodila je!

Isto leto sta izšli v Navratilovem Vedežu pesmici *Jutro* in *Večer*. Pozneje so izšle v *Bčeli* domoljubna pesmica *Iskrice* (1851), čustveni *Prepozno* in *Nevmerlost* (1852 – 1853) in še prevodi ruskih in čeških narodnih pesmi.

Več pesmi je napisal, ko je bil na Dunaju, delno pod psevdonimom J. A. Spleteni (Jožef Alešev, stephanos, v grščini spleteni). Na tedanje literarne razmere se je odzval s pesmico *Slaba letina*

Zdaj je clo trta že zbolela,
Ostal bo tudi glažek suh.
Kdaj bo naša reč počela,
Ker zginja že clo vinski duh.

Pesmi *Domovi*, *Hrasti*, *Kako to meni de hudo* odražajo žalostno razpoloženje zaradi usode Slovencev.

Ne moremo mimo *Avtokritike* (*Domači prijatelj*, 1855)

Kaj hudirja na Parnasu
Matematičar počenja
In o tako dragem času
Krati pesnikom življenja?

Kako misli so okorne,
Brez potrebne politure,
Kakor tudi so osorne
Matematične figure.

Tudi slog ni prav oglajen,
Jezik nema prav'ga dona
Saj se vidi, da navajen
Je le iksa, ipsilona.

Pesmi kdo bo bral njegove?
Spičaste so in oglate,
Zapeljive in sirove,
Na vse kraje so zobate.

Stefanove pesmi ne sodijo v vrh tedanjega slovenskega pesništva, vendar ne gre spregledati, da so bili tedaj v časteh pesniki kot Jovan Vesel – Koseski. Vredno je omeniti, da je eno izmed Stefanovih pesmi ponatisnil Fran Levstik v *Vrtcu* in jo je urednik Levstikovih del Fran Levec pripisal Levstiku.

Če se ozremo na Stefanovo literarno delo, moramo najprej priznati, da ni bil velik pesnik. Kljub temu da je poznal in cenil Prešerna, ima vendar malo Prešernovega duha. Primerjati bi ga mogli le z Vodnikom in Levstikom. Navzlic vsem hibam so njegove pesmi prežete od čustvenosti, narekovane od njegove občutja polne notranjosti. Ker se je bavil mnogo z narodno pesmijo, je marsikje zašla v njegove pesmi lagodnost in neprisiljenost, pri čemer je trpel jezik, oblika in miselna plat. ... O svojih pesmih ni sodil, da so dobre."

M. Adlešič

Najzrelejši sestavki *Šolskega prijatelja* v vezani in nevezani besedi so delo J. Stefana, poznejšega slovitega fizika, ki je po 1859. letu zapustil slovstveno delo ter se posvetil znanstvenemu raziskovanju. Stefanove spise iz fizike in drugih prirodnih ved odlikuje lep, čisto slovenski slog, brez tujk in nejasnosti.

Leta 1855 se je Stefan hotel posloviti od slovenskega pesništva: "Ker nisem ustvaril ničesar, kar bi bilo važno." Vendar se tega ni zares držal. Že prej je začel pisati prozne sestavke. V *Bčeli* so izšli *Črna Gora in Črnogorci* (1852 – 1853), v *Novicah* pa sestavka *Gojzdi* in *Tobak* (1854). V Einspielerjevem *Šolskem prijatelju* je objavil sestavke: *Zrak, ki ga dihamo*, *Delivost*, *Pogledi v nebo*, *Modro nebo*, *Nil*, *Morski pes*, *Morska goba* (1854/55). Naslovi kažejo, da se Stefan ni usmeril samo v matematiko in fiziko, ampak je pisal tudi o drugih zadevah, ki so se mu zdele za bralce zanimive.

Leta 1857 je J. Stefan tri leta pred Levstikovim *Popotovanjem od Litije do Čateža* objavil kritični zapis *O domačem slovstvu*.

Želimo pa tudi, da ne bi jemali takega dela na svoje rame taki ljudje, ki ne poznajo ne predmeta, o katerem hočejo pisati, ne naroda, za katerega hočejo pisati. Take žalostne kvante so doslej naši pisatelji radi uganjali...

Naše slovstvo ima omikene Slovence zopet nazaj peljati k narodu, iz katerega so se rodili ... Imamo nekaj izdanih pesmi, vendar prozaiških lepoznavskih knjig skoraj nič. Take knjige koristijo že zavoljo tega, ker se po njih jezik najlahkeje omika in obrusi, kar v znanstvenih ni tako lahko. Tudi preprosti ljudje berejo radi kaj lepega, posebno povesti. Kako bi povesti, ki so vzete iz življenja našega naroda, dopadle! Pa dozdej nismo imeli še nobenega, ki bi lepega pripovedovati znal.

J. Stefan, *O domačem slovstvu*

Kaže, da literarni zgodovinarji temu spisu posvečajo premajhno pozornost. Pavel Grošelj, znani poljudnoznanstveni pisec in prvi urednik *Proteusa*, sodi, da je to "naša prva kulturno-programatična razprava". V njej Stefan "biča ... naše kulturne in posebej literarne razmere" in "s povzdignjenim glasom govori o nalogah in dolžnostih slovenskih pisateljev".

Anton Janežič je začel leta 1858 v Celovcu izdajati *Glasnik*. To leto je J. Stefan v njem objavil *Tice* in *Številna znamenja in sostave* ter *Pismo z Dunaja* in *Pismo iz Celovca*.

Vsak narod ima zaklad, v katerega je položil vse bisere svojega duševnega življenja, tega je treba preiskavati. In to zrcalo, ta zaklad naroda so njegove pravljice, njegove pesmi in njegovi pregovori. — Kdor hoče priti do celega, mora početi s posameznimi deli; ako so ti dognani, se ono lahko iz teh da sestaviti. Kar pa velja od posameznega človeka, velja tudi od celega naroda. Kdor hoče poznati posebnosti narodnega duha, mora začeti s posameznimi prikazi, ki pričajo o njem.

J. Stefan, *Tice*

Narod, ki nas je rodil, naj tudi čuti, da nas je rodil! Saj je še toliko dela pri nas v jeziku, v zgodovini in v omiki, zakaj se jih ne zažene več v to rodovitno polje? Nemci imajo cele biblioteke, napolnjene s knjigami o Goetheju, ali bi ne smeli pričakovati le — enega delca o Prešernu, njegovem življenju dušnem in telesnem, o vsem, kar je imelo oblast nad njim in moč? Pomerlim znanecm stavimo spomenike na grobeh, lepše v srcih, njemu pa bi kratili vrednega spomenika v pismu? Ako ne bomo častili svojih pervakov, kdo bode maral za vas? Poznam mlado glavo, ki bi bila pripravna za to delo, in v Glasniku bi bil kraj za tako početje.

J. Stefan, *Pismo z Dunaja*

A. Slodnjak domneva, da je Stefan meril z mlado glavo na F. Levstika.

Tolažimo se s tem, da naša ljuba deželica Koroška ne zgubi ničesar, ako bode vsa nemška, da je le tolarjev dosti, naj se štejejo nemški ali slovenski! Saj je Slovanov še drugod dosti, če ne preveč!

J. Stefan, *Pismo iz Celovca*

P. Grošelj pravi: "Čudo! — fizik Stefan je tudi prvi slovenski intelektualec, ki nas z živo besedo spominja dolga do veličastne kulturne postave Franceta Prešerna." Morda je Grošljevo mnenje nekoliko prenapeto. Najbrž pa si Stefan, ki je opazoval razmere s strani, s celovškega vidika, in ki je bil vrhu tega fizik (leta 1858 je že predaval na dunajski univerzi, čeprav še ni imel stalnega mesta na inštitutu), ne literat, s svojim stališčem med ljubljanskimi literati ni pridobil ravno prijateljev.

Že prej je V. J. (Valentin Janežič, brat izdajatelja Glasnika, študent medicine na Dunaju in Stefanov prijatelj) objavil v Glasniku prispevek *Potrebe Slovencev glede prirodnih ved*. V naslednji številki mu je odgovoril F. Levstik in odgovor končal takole:

Preden končam, naj še omenim, da čeravno je morda res treba ljudstvu razlagati redivnost in vrednost njegovega živeža, imenitnost železnih cest itd., vendar menim, da bi narodu za zdaj mnogo bolj koristile dobre povesti kratkočasnega in podučnega zapopadka, in druge reči, pisane v domačem govoru in v domačem duhu. Veselje do branja mora biti med Slovenci mnogo splošnejše, kakor je bilo dosihdob in kakor je še danes — potem šele oznanjajmo natorne vrednosti, ker slab život ne more precej težke hrane...

Kljub temu je začel J. Stefan v Glasniku objavljati *Naturoznanske poskušnje*. (Prav Levstik je zahteval, da uporabljajo "naturo" namesto "prirode".)

Naturoznanske poskušnje.

(Spisal Dr. J. Stefan.)

I.

Kedar bi prenesli spavajočega na drugo njemu neznano mesto, prvo njegovo vprašanje bi bilo, ko bi se zbudil: kje sem? Pokaži komurkoli reč, ktere dozdej še ni vidil, prašal bode, kaj je? čemu je? In kedar se prikaže človeku nova prigodba, bodi v naturnem, bodi v človeškem življenju, neka moč domača v njegovem duhu sili ga, da praša zakaj? da začne vertati in premišljevati, kakó bi se moglo priti tej reči do korena. Iz tega nagiba so se rodile po dolgoletnem premišljevanju naše vednosti, po tem nagibu smo prišli do mnogoternega znanja, in ta nagib bode nas peljal še dalje do zmirom večega in lepšega spoznanja. Z vsako stopnjo, ktero stori človek na tem potu, se vzdigne više čez vse druge zemeljske stvari; oklep, ki sti-

ska duh njegov in veže ga k zemlji, pada za oklepom; ta pot ga pelje k prestolu, kterega mu je namenila božja roka, dodelivši mu um. Človek, nekda ves hlapec nature, daje zdaj tej mogočni gospodinji povelja, da ne dela več samo po svoje, ampak tudi po volji njegovej. Pa vzemimo si zdaj v misel tiste čase, v kterih se je človek začel zbujati iz dolgega spanja dušnega, v kterih je stopil rod človeški iz destinskih let, iz let golega terpljenja k prvim poskušnjam samostojnega djanja. Kamor je obrnili oko, vse mu je bilo novo; še le zdaj so mu reči, kterih se je prej samo ogibal ali pa radoval, jele čudne prihajati, on ni več samo čutil, začel je tudi prašati, kaj? čemu? odkod? — začel je misliti. Znal je lahko že napraviti marsiktero reč, voden je že bil v mnogoterem delu, pa koliko stvari se je oznanovalo posebno očesu in ušesu njegovemu, kterih sam ni napraviti ne mogel ne vedel. Mnogo reči je vidil, ki so celo samostojne njemu nasprotovale, kakor je bil nasprotovanja že navajen od svojih bratov človeških in od različnih žival. Pa vendar so se kazale k večjemu mrtve — tim veče čudo — kterim ni lahko moč delanja in djanja mogel prideliti. Bolj pa ko je bila reč čudna in prikazek nenavaden, bolj je človeka zmirom mikalo po razjasnjenju, in znano je, kako si je pomagal. Mrtvim rečem je dal žive podlage, vsem imenitnišim prikazkom je pridal skrivne delavnike; nekdo je megle po nebu podil, nekdo že vodo iz skale lil, bila je cela natura polna delavnih duhov. Da bi vse en sam napravljaj, tega si je tako malo mogel misliti, kakor da bi vse se godilo od samega sebe po večnih nepremenljivih postavah; preslab je bil, tega ali podobnega zapopasti.

Bile so pa človeku marsiktere reči v veliko korist, druge v hudo škodo, naselil je tedaj tudi svet z dobrotniki in škodovavci; duhovi so bili hudi in dobri. Dober je bil duh, ki je dal teči studentu ves čas v eno mer, ki ga je oskerboval z dobro in zdravo vodo: hud duh je bil, ki je valil valove v reki dereči, ki je dostikrat mu dal čutiti nevarnosti strašne povodnje. Dober duh ga je hladil z vetrom večernim, hud mu je z burjo podiral drevesa, ktere so mu dajale živež, in stavbe, ktere si je bil že napravil v varstvo sebe in svojih.

Pa ne samo v tistih pervinskih časih, zmirom je bil človek pri volji, zemeljske reči in prikazni si razjasnovati z nadzemeljskimi vzroki in vzročniki. Zmirom je človek imel vero v take skrivne duhove, ki so delali v naturi, in še do današnjega dne se jih nismo znebili, samo da nosijo dones druge imena in da imajo zdaj druge lastnosti, kakor nekda. Ti skrivni duhovi so različne naturne moči in skrivne materije, ki jih še zmirom rabimo v razlago naravnih dogodb. Take moči so nategovavne in odbijavne, ktere pridajamo različnim telesom in njih delom; taka moč je životna, kteri pravimo da veže različne mrtve dele, ki jih jemlje človek, žival ali rastlina v se v nove žive soslave, taka je moč plodivna in še več drugih. In k skrivnim materijam moramo šteti tiste, ktere bi imele biti luč, gorkota, magneti-

zem, elektrika. Od nobene ne vemo ali je, ali ni, ali je to ali je uno, pa vendar smo se dozdej komaj dveh mogli znebiti. Imeli so pa učeni pred nami že več takih moči in materij in še bolj čudnih in zavitih, o katerih niso imeli nobenega zapopadka, tim več pa za nje besedi, ker te so bile znirom dober kup.

Vendar velika je razlika med temi duhovi naših vednosti in tistimi duhovi pervinskega človeštva. Ti so bili žive osebe, nadarjene z samostojno voljo in z nekako dušno močjo in vlado nad človekom, moči in materije v naših vednostih so mrtve in duhu našemu podložne, zakaj merimo jih, preminjamo jih, zbujaemo jih, akoravno še ne vseh, pa vendar jih je dosti, kar jih imamo v rokah. Kakor brez življenja, so tudi brez volje, one so in delajo po pravilih, katerih smo že dosti spoznali, po pravilih, ki niso sicer vstanovljene od nas, ampak ki jih nahajamo v naturi, katerih nam spreminjati ni mogoče; vložene so v naturo od višje roke. Pa tudi toliko smo spoznali, da se te pravila nikakor ne spreminjajo, da so terdne in nepremakljive, da so postave.

Kakor je omika rasla pri ljudeh, so zginjali tudi tisti osebni duhovi; človek se je vstopil više nad naturo in odmikal ji je zmirom bolj in bolj samostojno, posamesno, dušno življenje, tako življenje namreč, kakoršno je človeško. In tako bodejo tudi naše vednosti se zmirom bolj in bolj oproščevale tistih skrivnih moči in materij. Zdaj vseh ovreči nam ni mogoče, zakaj k premišljevanju in preiskavanju potrebujemo zapopadkov in besedi. Ker pa še gotovih nemamo, moramo biti zadovoljni z drugimi. Teh moramo tako dolgo obračati, in od vseh krajev ogledovati, da se nam pokaže, kaj in koliko da je v njih prave resnice, kaj in koliko pa samo domišljene. In ono pravo resnico hranimo, drugo domišljeno pa zapustimo. Tako postajajo zmirom redkejši in redkejši tisti prikazki, kateri postavljajo preiskavanju in premišljevanju neogibljive nasprotke, kateri nas silijo jemati na pomoč novih vzrokov, novih moči, novih narurnih duhov.

Do celega se pa teh duhov tudi nikdar ne bomo mogli znebiti in nikoli nam ne bode mogoče vseh razjasniti in razložiti: nekaj bode zmirom še ostalo, da ne bomo vedili zakaj? Saj več ne moremo in ne vemo tirjati od ideala naših vednosti, kakor to, da bi dopeljale vse dogodbe in prikazke do enega samega vzroka, ali kakor pravimo, do ene same zadnje narurne postave, v kateri bi se ujemalo ali spopadalo celo djanje narurno. Tega zadnjega vzroka, te naj višje postave, pa ne bode nikoli mogoče razjasniti. Zakaj k razjasnjenju bi potrebovali zopet drugega vzroka in druge postave, ki bi prejšnjo zaderževala v sebi, prejšnja bi tedaj ne bila zadnja, ampak zadnja bi bila ta nova, in ta bi zopet ne bila zadnja, ako bi se dala razjasniti in tako gre naprej brez konca. Pri zadnjem stebru spoznanja, ako bi bil že ves terden in do celega gotov, bomo tedaj samo mogli reči, da je, ne pa več, zakaj je: ostal bode za nas nerazjasnjena narurna resnica,

in zadovoljiti se ima človek in veseliti se, ako bode to, kar ima za resnico, v istini resnica, ne pa samo domišljena.

Naturoznanske poskušnje.

(Spisal Dr. J. Stefan.)

II.

Nemška poslovice pravi: Kdor se z volkom združi, mora ž njim tuliti. Tej nasproti bi jaz postavil drugo, ako bi bila poslovice: Kdor med zajce gre, se mora ž njimi psa bati. Pa moji braveci, ki so že tako dolgo čakali te druge poskušnje, se znabiti že čudijo, kam bode to šlo? Nikamor. Kar sem rekel, ni nobena naturoznanska poskušnja. Le tako iz vetra mi je prišla ona poslovice, ko sem segel po peresu. Kaj more človek, ki marsikaj premišluje, za to ali uno misel, pridejo mu z vseh strani. Dobro so nekatere, druge pa slabe. Pa ne te, ne une ne smejo vse kar na jezik, manj še na papir. Zakaj z jezikom moreš še uteči za zobe, s papirjem pa kam? Zato sem vesel, da nisem v takej zadregi, da nimam takih misli, da ni treba črnim duhovom bele obleke iskati, kar je že marsikteremu mnogo truda prizadalo!

Pa druga stvar me tišči. Stojim pred vami znabiti s celim košem nemškega znanja in s pestjo slovenskih besedi. Iz koša bi bilo lahko jemati, pa težko je vsakej iz njega vzetej stvari najti prikladnega oblačila v skerčenej pesti. In nagih jih vendar ne morem pošiljati v slovenski svet. Zakaj Slovenci so zdaj močno sramožljivi, in jezične nesramnosti jim bodejo serca slovničarske. Studijo se jim besede, katerih prosti kmet v domovini slovenskega duha ne nosi na jeziku zjutra in zvečera. Jaz pa sem le malo imel priložnosti, pojiti se z duhom slovenskim. Na zdaj že večidel nemškej zemlji rojen, sem živel tudi zmirom na nemškej zemlji in nimam tedaj od doma nobenega voditelja, ki bi mi pravil, kar je slovensko, kar ne. Naj se tedaj vtolažijo tisti, kateri so bolj védni v slovenskej pisavi, saj so le poskušnje, kar pišem, to kaže naslov. Ali jih je pa treba ali ne, tega zdaj nočem presojevati, rajše začnem. —

Marsikteri imenitnih kemikov pečá se zdaj s preiskavami o pervinah ali elementih, iz katerih so sestavljene vse stvari na zemlji in katerih dalje razkrojiti v druge reči ni bilo še mogoče. Odtod njih imé. Česar pa zdaj iščejo učeni, je temu ravno nasproti. Dokazati se trudijo, da pervine t. j. tiste stvari, ktere zdaj tako imenujemo, niso pervine, ampak sestavljene iz drugih stvari, iz katerih ali kakih, to se vé da dozdej še ni znano. Pa razjasnilo se je že toliko krajin našega znanja, ki so bile dolgo vekov temne, zakaj tudi ne ta? — Zlato, na priliko, je taka stvar, ktere v druge razkrojiti, ktere tedaj tudi iz drugih sestaviti nam ni mogoče. Imenujemo zlato zavoljo

tega pervino in žal nam je tistih mož, -ki so pred sto in več leti celo svoje življenje zapravili z neštevilnimi skušnjami in preiskavami, kako bi se dalo zlato napraviti iz drugih bolj cenih stvari. Bodejo se zdaj kemiki zopet na tisto temno cesto podali, na kateri je šlo toliko dela, toliko mišljenja v zgubo? Tega se ni treba bati. Zakaj vemo, ako bi danes kdo našel, kako se nareja zlató iz kakih drugih reči, da bi bilo še zmirom boljši kup, zlató v Kaliforniji kopati, kakor ga v kemiški delavnici delati.

Čudno se pa vendar znabiti marsikteremu zdi, da se zdaj premišluje zopet o rečeh, katerim se je on sam že smejal, ko je prvič kemije se učil. In vendar je tako. Kaže se, kakor da bi na svetu vse šlo v kolesu, — konec je začetek. Tje silijo namere naturoznanskega premišljevanja, od kodar je to premišljevanje se začelo. Ako mi dovolite, kratko porečem: Z dovodom vsega, kar je, do enega se bode končalo, — tak je ideal — z izvodom vsega iz enega se je začelo. In v tem se razločuje začetek od konca, ako bi se ravno oba, kakor v kolesu stikala. Pa temne so nekterim mojih bravcov te besede; jih razjasniti, naj poskusim.

Začetek našega znanja moremo iskati v starej gerškej zemlji, kakor začetek naše vere v tistej blagej deželi, ki je bila polna mleka in sladkega medú, zdaj pa, rodívši naj lepši cvet, zakriva se pod plaščem nerodovitnega kamnja. Prej že in tudi pozneje od Grekov so drugi narodi bili vedni v mnogih rečeh; tudi Greki niso bili brez učiteljev, pa oni so bili naši, zato moramo začeti pri njih. Ako so povesti resnične, je med Greki Thales prvi premišljeval o naturi, on je prvi, od kterega vemo, kako si je odgovoril. Učil se je v Egiptu, in kedar bode zgodovina te dežele bolj odkrita, bomo znabiti tudi zvedeli, od koga da je on dobil podlago k svojemu premišljevanju. Pa mar je kaj na tem, da vemo imé, ali da ga ne vemo? Čudni smo, da toliko cenimo imena, kakor da bi bile obrazi dušnih lastnosti. Ne imenu tega ali unega moža, ki je bil luč človeštvu, gre čast in slava, ne imenu, ampak glavi, in kedar ta iz sveta gre, prevzame celo čast in slavo zemlja, ki je rodila tega moža, narod, kateri ga je štel med svojimi sinovi in kateri ga bode štel na veke. Kdor pa takih imenitnih se odtegne svojemu narodu in pridruži tujemu, ta ukrade slavo tistemu, ki je sam imel pravico, jo podedovati.

Premišljeval je pa Thales tako: Bila je voda, zgoščevala se je in postala je zemlja, postalo je kamenje, postalo je vse, terdo in mehko, vse, kar se v kupo derži. Voda se je pa tudi stanjševala in postal je zrak in vse zraku podobne reči. — V jeziku današnje vednosti bi se to djalo znabiti takó: Vse reči so sestavljene iz ene same pervine, razločujejo se med seboj le v tem, da je v enacih prostornih delih ene stvari več, v drugej manj od te pervine. Po množici te pervine v enakih prostorih ravnajo se razne lastnosti raznih teles.

In ako bi bilo res, da so vse stvari le iz ene pervine, da je

ta v različnih stvarih samo bolj tanka ali gosta, bolj razpeta ali močnejše stisnjena, mogoče bi moralo biti iz ene stvari napravljati vse druge, saj bi ne bilo treba drugega, kakor to stvar raztegovati ali stiskati. Iz kamnja pa ne postane kruh in iz kače ne postane riba. Taka pa tudi ni bila misel Thalesova, taka tudi ni misel naša, kedar pravimo, da iz ravno tistih pervin, iz katerih so sestavljene rastljine, so sestavljene tudi telesa živalske. Vsak vé, kaj to pomenja, in po tem naj tudi meri Thalesovo misel. — Znabiti da je vam že dosti jasno, kaj sem rekel z besedami: Z izvodom vsega iz enega se je začelo premišljevanje naturoznansko; s čim se bode končalo, drugokrat.

Toda novega nadaljevanja ni bilo. Drugi del *Poskušenj* leta 1859 je bil zadnji Stefanov objavljeni sestavek v slovenščini.

Kaj je mislil Stefan s pregovoroma o volkovih in zajcih, ni mogoče natančno reči. P. Grošelj domneva, da ponazarjajo volkovi oblastne slovničarje, zajci pa pisatelje, in pravi, da Stefana ni bilo "več med zajci, volkovi pa so ostali".

Pri roki je takale razlaga: Stefan očita slovenskim literatom, da ne upoštevajo dovolj izročila in predvsem F. Prešerna. Levstik se čuti prizadetega. Zahtevi, da potrebujejo Slovenci tudi poljudnoznanstveno branje, postavi nasproti zahtevo, da jih je treba prej z manj zahtevnimi besedili sploh pritegniti k branju. Stefan si misli, da letijo te pripombe nanj, se užaljen umakne in preneha pisati v slovenščini. Če nekateri naši Stefanovi življenjepisci niso tako mislili, so vsaj ustvarili tak vtis.

Vendar je razlaga najbrž preveč poenostavljena. Čeprav je bil Stefan zelo delaven, mu je potem, ko je začel leta 1858 na vso moč raziskovalno delati (glej sl. 9), zmanjkovalo časa. Tedaj mu je bila prva skrb stalno mesto na fizikalnem inštitutu. Najbrž ni brez pomena, da je življenje v Ljubljani tedaj teklo že nekoliko drugače kot v Celovcu in da se je počutil osamljenega. Zaradi velikih zahtev do samega sebe je mislil, da s svojim jezikovnim znanjem ne bo kos nalogi, o kateri je razmišljal. To je morda prispevalo k temu, da se je dal zajeti raziskovalnemu delu. Ko se je ves posvetil temu delu in dobil stalno mesto, pa seveda ni mogel nazaj.

Če je gojil Stefan kako zamero — nekateri razberejo to iz pregovora o zajcih, jo je gojil neupravičeno. Tudi če je bil Levstik zajedljiv, bi Stefan lahko še vedno poskušal uveljaviti svoje stališče z argumenti. Spoznal bi, da njegovo jezikovno znanje zadostuje in bi morda dopovedal Levstiku, da je mogoče tudi s premišljenim poljudnoznanstvenim pisanjem vzbujati veselje do branja.

Na drugi strani pa bi bila zamera na strani ljubljanskih literarnih veljakov,

če bi jo gojili, še bolj neumestna. Nekateri mislijo namreč, da so ti zamerili Stefanu, ker je prenehal pisati v slovenščini in so ga zato odpisali. To ne bo držalo. Najbrž je prišlo do izraza le njihova ozkost, saj je segalo njihovo zanimanje le do mej slovenskega narodnostnega ozemlja. Pri tem ne smemo zgubiti občutka za prava razmerja. Čeprav je na primer F. Levstik zelo pomemben za Slovence, je bil zunaj slovenskega narodnostnega ozemlja komaj znan. Na drugi strani pa je bil Stefan v prestolnici, na Dunaju, poleg Miklošiča eden najuglednejših univerzitetnih profesorjev in po vsem svetu znan fizik. Težko si je predstavljati, da bi sodeloval v provincialnih razpravah ali celo razprtijah v slovenščini.

Slovenci imamo mnogo pesnikov in pisateljev, a trezno mislečih ljudi le malo.

Nič ne pomaga. Vsak narod vedno višje ceni pesnike in umetnike kakor vse druge duševne delavce. Masa je vedno bolj poznala kakšnega Leonarda kot Newtona, občudovala bolj Goetheja kakor Kanta in izkazovala več hvaležnosti kakšnemu Beethovnu kakor Kochu... Pesnik in umetnik sta znala ubrati in izvabiti iz strun na harfi svoje genialne duševnosti tisti čudovito bajni akord, ki v milijonskem odmevu odjekne v srcih mase, se prelije v njo in se stopi z njeno dušo. Narod jih dojame in razume. Mislec, znanstvenik pa se je odtrgal od mase kakor komet, dvignil se je v genialnem poletu v kristalne višine, zaprl se v labirint svojih nemirnih misli, prodrl v tajne večno snujoče narave, ...

Tudi Jožefu Stefanu usoda znanstvenikov ni prizanesla. Slovenci, rodni bratje, so mu ob smrti zamerili, da je pustil pota slovenskega Parnasa in se posvetil kozmopolitski znanosti. Pozneje so ga pozabili in danes jih ni veliko, ki ga poznajo bolje kakor kakšnega indijskega kneza, malo jih je, ki poznajo njegovo življenje in delo, in prav borna peščica je tistih izbranih, ki ga tudi res razumejo, ki vedo, kaj pomeni in odtehta njegovo ime na fizikalni tehnični znanstvenih raziskav.

Nepodpisani osnutek za prispevek ob stoletnici Stefanovega rojstva. V končni inačici sta odstavka spuščena. Tipkopis hrani knjižnica oddelka za fiziko Fakultete za naravoslovje in tehnologijo.

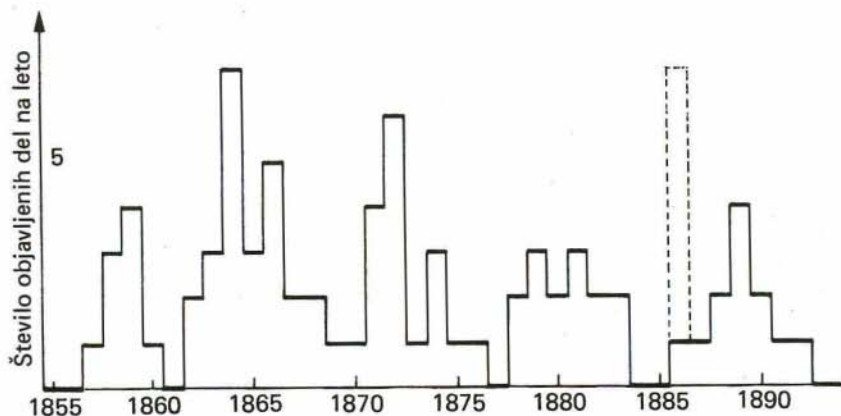
DOSEŽKI V FIZIKI

Uvod

Jožef Stefan je raziskovalno delal v vseh vejah tedanje fizike in je v vseh dosegel pomembne uspehe s tedanjega gledišča. Rezultate svojega raziskovalnega dela je objavil v nekaj manj kot osemdesetih razpravah, večinoma v *Poročilih dunajske Akademije znanosti*. Če bi posvetili vsaki izmed njih samo stran ali dve, na katerih bi orisali samo njen namen in rezultate, bi nastala knjiga.

Vse Stefanove razprave so napisane v nemščini. Zanimivo pa je, da je Stefan začel pisati v nemščini pozneje kot v slovenščini. Prvi nemški prispevek je bil zapis o poljedelski in gozdarski razstavi leta 1857 v celovski *Klagenfurter Zeitung*. Istega leta sta izšli njegovi prvi fizikalni razpravi.

Za tale zapis smo od razprav izbrali le tiste, ki vsebujejo z današnjega gledišča najpomembnejše novosti. To ni bilo težko. Treba je bilo le pregledati, v



Slika 9. Porazdelitev Stefanovih znanstvenih razprav po času, črtkano so zaznamovana poročila ob elektrotehniški razstavi. Risba odraža Stefanovo delavnost. Od razprav jih 12 sodi v mehaniko in hidrodinamiko, 7 v akustiko, 25 v termodinamiko s kinetično teorijo plinov, 12 v optiko in 20 + 6 v elektriko in magnetizem in v elektrotehniko.

katerih zvezah se v današnjih učbenikih in priročnikih pojavlja Stefanovo ime. Na prvem mestu je Stefanov zakon o sevanju, edini zakon narave, imenovan po kakem Slovencu. Sledi toplotna prevodnost plinov, ki jo je Stefan prvi izmeril. Na kratko omenimo difuzijo, ki je Stefana pripeljala do proučevanja izhlapevanja in do pomembnega rezultata za meteorologijo. Temu je treba dodati še oris Stefanovega dela v elektriki in magnetizmu.

Med naštetim ni razprav iz optike in akustike, čeprav sta mu bili ti veji posebno pri srcu in je v njiju zelo rad delal poskuse. Za razpravo iz optike je dobil Liebenovo nagrado. Vendar se večkrat primeri, da imamo pozneje ljudje na opravljeno delo drugačen pogled kot tisti, ki je delo opravil, ali njegovi sodobniki.

Dandanes so posamezne veje fizike veliko bolj ločene, kot so bile v Stefanovem času. Poleg tega danes delimo fizike v vsaki veji na teoretike in eksperimentalce. Prvi predvsem ustvarjajo in obdelujejo teorije, z njimi računajo in jih preverjajo. Drugi pa predvsem gradijo poskusne in merilne naprave in z njimi merijo. Nekdaj so se fiziki ukvarjali z obojim. Samo malo pretiravamo, če trdimo, da je bil Stefan eden izmed zadnjih fizikov te vrste. Do zakona o sevanju je prišel z računskim obdelovanjem tujih merjenj, torej kot teoretik. Toplotno prevodnost je izmeril – kot eksperimentalcec. Pri izhlapevanju pa je meril in računal.

Toplotna prevodnost plinov

Lotimo se načrta, ki smo si ga naredili. Začnimo z merjenjem toplotne prevodnosti plinov. Najprej poskusimo na kratko orisati, kako se je razvijalo raziskovanje prehajanja toplote s telesa na telo. Pri tem se splača pogledati na razvoj nekoliko širše, ker nam bo to prišlo prav pri razglabljanju o zakonu o sevanju.

Toplota prehaja sama od sebe s telesa z višjo temperaturo na telo z nižjo. V ravnovesnem stanju, ko imajo vsa opazovana telesa isto temperaturo, ne pride do prehajanja toplote. Pri prehajanju toplote imamo torej opraviti z neravnovesnim stanjem. Dandanes merijo navadno v razmerah, ki se ne spreminjajo s časom. Prvo telo ima višjo temperaturo, drugo pa nižjo in ti temperaturi se ne spreminjata s časom. Prvo telo odda vsako sekundo določeno toploto in drugo telo to toploto prejme. S prvega telesa preide v sekundi na drugo telo določena toplota, pravimo, da oddaja prvo telo konstanten *toplotni tok* in ga drugo telo prejema.

Nekdaj so težko vzdrževali razmere, ki se s časom niso spreminjale, in so

merili drugače. Telo so segreli ali ohladili in opazovali, kako hitro se je spreminjala njegova temperatura, ko je toploto oddajalo telesu v okolici ali jo od njega prejelo. Merili so torej hitrost ohlajanja ali segrevanja, kakor so imenovali kvocient spremembe temperature, deljene s časom, v katerem so izmerili to spremembo. Iz podatkov pri takem merjenju je mogoče izračunati, koliko toplote odda ali prejme telo, ki ima višjo ali nižjo temperaturo od okolice. Pri tem moramo poznati toplotno kapaciteto telesa, ki pove, kolikšno toploto mu moramo dovesti, da se segreje za eno stopinjo.

Na začetku 18. stoletja so se začeli fiziki podrobneje zanimati, kako hitro se ohlajajo segreta telesa in od česa je to odvisno. Kot kaže, je pobuda izšla od Isaaca Newtona, ki je leta 1701 opazoval, kako se ohlaja segret kos železa, in postavil svoj zakon o ohlajanju. Po tem zakonu se temperatura telesa *eksponentno* bliža temperaturi okolice. Vzemimo, da deset minut po začetku merjenja pade razlika temperature telesa in temperature okolice na polovico začetne vrednosti. Po nadaljnjih desetih minutah pade zopet na polovico, se pravi, po dvajsetih minutah na četrtno začetne vrednosti. Po tridesetih minutah pade na osmino začetne vrednosti itd. Danes vemo, da velja Newtonov zakon o ohlajanju samo v posebnih okoliščinah: hitrost ohlajanja mora biti sorazmerna s temperaturno razliko telesa in okolice.

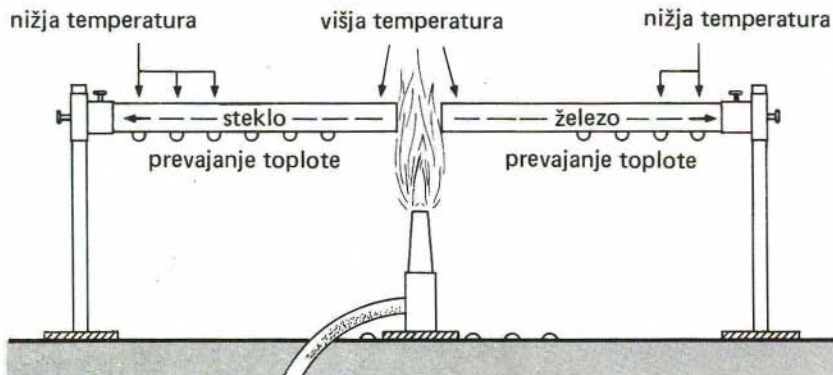
Newton je meril temperaturo s termometrom na laneno olje in jo je s svojim zakonom pravzaprav definiral. V tistih časih so imeli fiziki še težave z merjenjem temperature in si je vsak sam izbral svoj termometer in temperaturno lestvico. Že na začetku 17. stoletja je sicer prišel Galileo Galilei do prepričanja, da je "mraz pomanjkanje toplote" in je s tem izpodrinil Aristotelovo mnenje, da sta "mraz in toplota dve različni lastnosti telesa". Galilejevi učenci in nasledniki so izdelali prve termometre na alkohol, ki niso bili odvisni od zunanega zračnega tlaka. Leta 1714 je Daniel Fahrenheit izdelal uporaben termometer na živo srebro in v letih 1742 in 1743 je Andres Celsius uvedel temperaturno lestvico, ki jo uporabljamo še danes: 0°C ustreza tališču ledu in 100°C vrelišču vode pri navadnem zračnem tlaku. V Newtonovih časih je bilo še nekaj zadrege z ločevanjem temperature in toplote. Prvi je pojma dosledno ločeval Joseph Black (1728 – 1799).

Ne smemo narediti napake in si misliti, da so nekdanji vsi fiziki takoj sprejeli kako novost, na primer novo temperaturno lestvico ali jasno definicijo toplote. Znanstveni tisk še ni bil razvit in ni bilo mednarodnih sestankov, na katerih si fiziki izmenjujejo mišljenja. Razdalje in državne meje so ovirale širjenje novih dognanj mnogo bolj kot danes. V časih je trajalo precej časa, preden se je uveljavilo kako spoznanje.

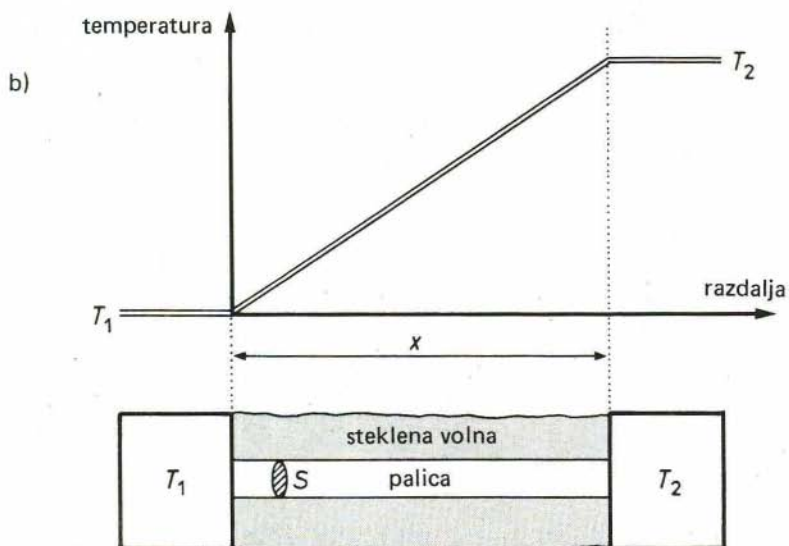
Ob koncu 18. stoletja pa so bili fiziki, ki so raziskovali segrevanje in ohla-

janje teles, pripravljeni na naslednji korak. Pierre Prevost je leta 1791 izrekel misel, da je pri ohlajanju telesa treba upoštevati razliko dveh toplotnih tokov: toplotnega toka s segretega telesa, ki je odvisen samo od temperature telesa, in toplotnega toka na segreto telo, ki je odvisen samo od temperature okolice. Razlika je enaka nič, če imata opazovano telo in telo v okolici enako temperaturo, če sta torej v toplotnem ravnovesju.

Že prej so si prizadevali ločiti različne načine prehajanja toplote. Na za-



a)



hladnejše telo pri

konstantni temperaturi

toplejše telo pri

konstantni temperaturi

četu 19. stoletja je znanje toliko napredovalo, da je bilo to mogoče storiti. John Leslie je bil leta 1819 med prvimi, ki so ločevali tri načine. Ti so: *prevajanje* po mirujoči snovi, *konvekcija* s tokom plina ali kapljavine in *sevanje* po praznem prostoru ali prozorni snovi.

Kot zgled za prevajanje omenimo prehajanje toplote skozi stene hiš. Zgled za konvekcijo imamo pri grelcu centralne kurjave, najprej, ker prinaša toploto voda z višjo temperaturo, in potem, ker jo odnaša dvigajoči se zrak. Zrak se ob grelcu segreje, se razširi in se zaradi zmanjšane gostote dvigne. Kot zgled za sevanje omenimo tako imenovani infrardeči grelec, ki žari in širi prijetno toploto, čeprav so stene prostora in zrak v njem hladne. Seveda pa nas greje samo na strani, s katero smo obrnjeni proti grelcu.

Prevajanje toplote v plinu ni lahko meriti, saj mora plin mirovati, se pravi, da se ne sme segreti plin dvigati in hladni spuščati. Morda je zato večina fizikov dolgo časa mislila, da zrak in drugi plini ne morejo prevajati toplote. Šele leta 1860 je Heinrich Magnus neizpodbitno ugotovil, da vodik prevaja toploto. Ni pa mogel izmeriti njegove *toplotne prevodnosti*, količine, ki pove, kako močno prevaja.

Tukaj vrinimo še eno opombo. Ne smemo misliti, da so Newton, Prevost in Leslie popolnoma sami odkrili omenjene novosti. Skoraj brez izjeme so obsto-

Slika 10. Prevajanje toplote. Na stekleno in železno palico natalimo voščene kapljice in palici segrevamo na enem krajišču s plinskim gorilnikom. Temperatura palice narašča od segretega krajišča proti drugemu krajišču. Pri železu narašča precej hitreje kot pri steklu, kar vidimo po tem, da voščene kapljice z železa hitreje odpadejo. Toplota se s kraja z višjo temperaturo širi na kraj z nižjo s prevajanjem. Železo je boljši prevodnik kot steklo. Baker je boljši prevodnik kot železo, zrak pa slabši kot steklo (a).

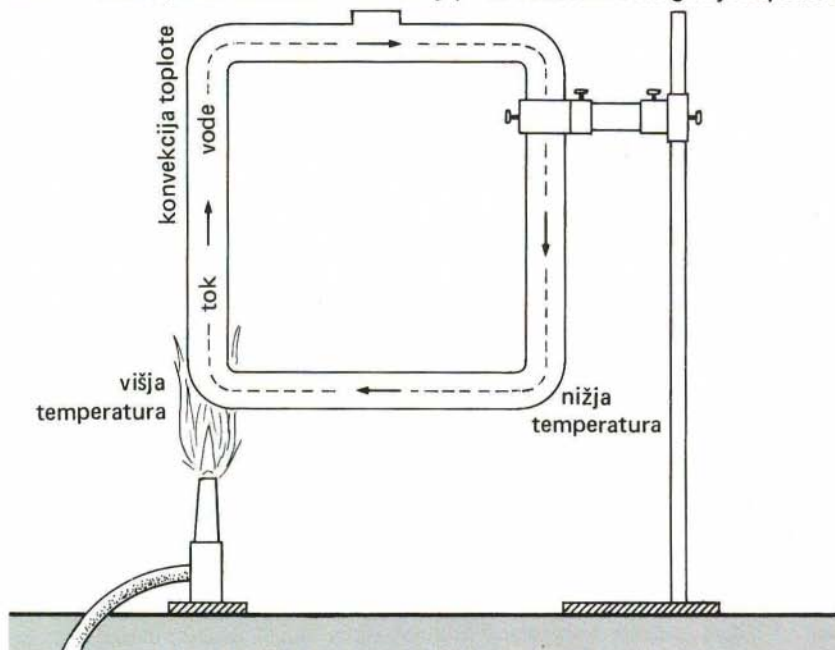
Zakon o prevajanju toplote in toplotna prevodnost. V razmerah, ki se s časom ne spreminjajo, narašča temperatura palice med hladnejšim in toplejšim telesom. Toplejše telo, na primer vrela voda, pri T_2 odda v času t toploto Q , hladno telo, na primer taleči se sneg, pa je pri T_1 toliko prejme. Toplotni tok Q/t poganja temperaturna razlika $T_2 - T_1$. Toplotni tok je sorazmeren s presekom palice S : če postavimo namreč dve enaki palici drugo ob drugo, poganja nespremenjena temperaturna razlika dvojni toplotni tok. Toplotni tok je obratno sorazmeren z dolžino palice x : če postavimo namreč dve enaki palici drugo za drugo, poganja nespremenjena temperaturna razlika polovični toplotni tok, saj je zdaj na stiku palic srednja temperatura $\frac{1}{2} (T_2 + T_1)$. Tako pridemo do zakona o prevajanju toplote:

$$Q/t = \lambda S (T_2 - T_1)/x$$

Toplotni tok je sorazmeren s temperaturno razliko, sorazmeren s presekom palice S in obratno sorazmeren z njeno dolžino x . Medtem ko S in x določata geometrijske lastnosti palice, določa toplotna prevodnost λ , kako dobro prevaja snov toploto (b).

ječemu znanju le dodali nekaj novega znanja. Zato, ker je bil dodatek pomemben za poznejši razvoj, omenjamo samo njihova imena, njihovih predhodnikov pa ne. Tako le-tem delamo krivico, vendar se moramo pač zavedati, da je naš prostor omejen. Tudi debele zgodovine fizike ne morejo navesti vseh fizikov in tako manj pomembni tonejo v pozabo.

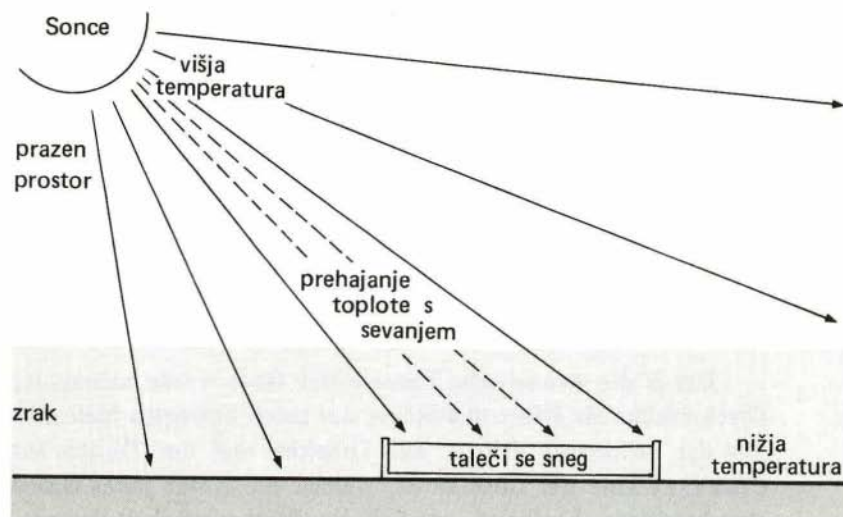
Sredi 19. stoletja se je razvila *kinetična teorija* plinov, v kateri obravnavamo plin kot množico molekul. Molekule se neurejeno gibljejo in trkajo med seboj in s steno posode. Ta teorija je povečala zanimanja za prevajanje toplote v plinih. Prevajanje plinov je v okviru kinetične teorije prvi obdelal James Clerk Maxwell, eden izmed očetov teorije, leta 1859. Med drugim je napovedal,



Slika 11. Konvekcijska toplota. Vodo v sklenjeni stekleni cevi segrevamo s plinskim gorilnikom na spodnji strani. Segreta voda se razširi, postane redkejša in se dvigne, nato se ohladi, skrči in spusti na drugi strani. Nastali krožni tok vode opazujemo tako, da damo v vodo nekaj žagovine.

Tok vode prenaša toploto s kraja z višjo temperaturo na kraj z nižjo s konvekcijo. Če želimo opazovati prevajanje toplote na primer v zraku, moramo segrevati vodoravno plast zraka na zgornji meji, tako da je zgoraj redkejši toplejši zrak, spodaj pa ostane gostejši hladnejši. V tem primeru ali če je plast zraka dovolj tanka, ne pride do prehajanja toplote s konvekcijo.

da toplotna prevodnost plina ni odvisna od tlaka. Vendar ni verjel, da bo mogoče toplotno prevodnost plinov neposredno izmeriti. Maxwelllovo delo je nadaljeval Rudolf Clausius.



Slika 12. Prehajanje toplote s sevanjem. Na sončen zimski dan damo sneg v plitvo posodico, ga posujemo s sajami in postavimo na sonce. Sneg se začne taliti, četudi ima zrak nižjo temperaturo kot 0°C . Toploto prenaša s Sonca po praznem prostoru in po zraku sevanje (elektromagnetno valovanje).

Za kinetično teorijo plinov se je začel zanimati tudi Jožef Stefan. Teorija je bila tedaj ena najimenitnejših in Maxwelllova dognanja so zbujala splošno pozornost. Prvo razpravo iz kinetične teorije je Stefan objavil leta 1863. Dve leti pozneje sta ji sledili razpravi o prehajanju toplote. Leta 1872 in leta 1875 pa je že poročal o merjenju toplotne prevodnosti plinov.

V prvi razpravi (*Raziskovanje o prevajanju toplote v plinih*) je Stefan opisal merjenje toplotne prevodnosti plinov. Kot smo že omenili, pri tem ni računal in ni neposredno rabil kinetične teorije. Zaradi nje je bilo le vprašanje toliko bolj zanimivo in Stefan je potrdil Maxwelllovo napoved iz te teorije. Pri tem je bila Stefanova pot do uspeha tlakovana z neuspehi.

Težave, ki jih je treba premagati pri merjenju toplotne prevodnosti kapljev in, se pojavijo pri plinih v še večji meri. Zaradi majhne toplotne kapacitete plinov postane vpliv sten in vstavljenega termometra tako ogromen, da iskana količina izgine v primeri z motnjami. ...

Različne poskuse, ki sem jih naredil, je mogoče razdeliti na dve vrsti. Pri prvi vrsti

(a)

Untersuchungen über die Wärmeleitung in Gasen.

Erste Abhandlung.

Von J. Stefan,

wirklichem Mitgliede der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften.

(Vorgelegt in der Sitzung am 22. Februar 1872.)

Durch die dynamische Theorie der Gase wurde zuerst der Druck erklärt als Effect der Stösse der rasch bewegten Molecüle. Aus der bekannten Grösse des Druckes und der Dichte hat Clausius eine der Constanten, welche die Natur jedes Gases charakterisiren, bestimmt, nämlich die Geschwindigkeit der progressiven Bewegung der Gasmolecüle.

Durch dieselbe Theorie ist von Maxwell das Wesen der inneren Reibung in Gasen erklärt worden als Effect des Austausches der Geschwindigkeiten zwischen den in verschiedenen Schichten verschieden schnell bewegten Molecülen. Aus den durch die Ausflussversuche von Graham, durch die Schwingungsversuche von O. L. Meyer und Maxwell gegebenen Werthen der inneren Reibung konnte Maxwell eine zweite, die Natur der Gase bestimmende Constante ableiten, nämlich die Anzahl der Zusammenstösse, welche zwischen den Molecülen eines Gases in der Zeiteinheit stattfinden, oder die mittlere Länge des Weges, den ein Molecül von einem bis zum nächsten Zusammenstosse macht.

Slika 13. Stefanove glavne razprave: *Raziskovanja prevajanja toplote v plinih*, prva (a) in druga (b) razprava, *Poskusi o izhlapevanju* (c) in *O odnosu med toplotnim sevanjem in temperaturo* (d). Vse te in večina drugih Stefanovih razprav so izšle v *Poročilih z zasedanj Akademije znanosti na Dunaju*.

(b)

Untersuchungen über die Wärmeleitung in Gasen.

Zweite Abhandlung.

Relative Bestimmungen der Wärmeleitungsvermögen verschiedener Gase.

Von J. Stefan,

wirklichem Mitgliede der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften.

(Mit 1 Holzschnitt.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 17. Juni 1875.)

In der ersten vor drei Jahren erschienenen Abhandlung habe ich die Versuche beschrieben, durch welche es mir gelungen ist, das Wärmeleitungsvermögen der atmosphärischen Luft in absolutem Masse zu bestimmen.

Ich habe auch schon damals einen vorläufigen Versuch über das Wärmeleitungsvermögen des Wasserstoffes gemacht und dasselbe ungefähr siebenmal grösser gefunden als jenes der Luft.

Dieses mit der dynamischen Theorie der Gase in Übereinstimmung stehende Resultat diente mir zunächst als Beweis, dass die Grösse, welche ich aus meinen Versuchen als das Wärmeleitungsvermögen der Luft berechnet habe, von diesem nicht in wesentlicher Art verschieden ist. Ich schloss nämlich, dass dieses der Theorie entsprechende Verhältniss zwischen den Leitungsvermögen der beiden Gase sich nicht herausgestellt hätte, wenn der Wärmeverlust des Luftthermometers in meinem Apparate nicht hauptsächlich durch die Leitung im Gase,

(c)

Versuche über die Verdampfung.

Von J. Stefan,

wirklichem Mitgliede der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften.

(Vorgelegt in der Sitzung am 13. November 1873.)

Die bisher über die Verdampfung von Flüssigkeiten ausgeführten Versuche haben nicht zu Ergebnissen geführt, welche sich in die Form von bestimmten physikalischen Gesetzen hätten bringen lassen. Es leiden diese Versuche alle an dem Fehler, dass sie nicht unter hinreichend einfachen mathematisch ausdrückbaren und planmässig variirten Bedingungen angestellt worden sind. Der Mangel einer präcisen theoretischen Vorstellung von dem Wesen des Verdampfungsprocesses war auch für die experimentelle Entwicklung der Lehre von der Verdampfung ein Hinderniss.

Ich habe nun eine Reihe von Versuchen ausgeführt in der Absicht, diese bedeutende Lücke in der Physik auszufüllen. Durch dieselben ist zwar die gestellte Aufgabe noch nicht vollständig gelöst. Die Versuche werden noch eine mehrfache Wiederholung bedürfen, damit die aus ihnen gezogenen Resultate, namentlich die numerischen Werthe der auf die Natur der Dämpfe sich beziehenden neuen Constanten die nöthige Sicherheit gewinnen. Ferner wird die Ausdehnung der Versuche auf die vielen verschiedenen Flüssigkeiten noch einen grossen Aufwand von Arbeit erfordern. Ich veröffentliche gleichwohl das bisher von mir Gefundene namentlich, weil ich die Fortsetzung gewisser Versuche zu verschieben genöthigt bin.

Während frühere Experimentatoren wohl wegen des meteorologischen Interesses fast ausschliesslich sich nur mit der Verdampfung des Wassers beschäftigten, erschienen mir gerade

(d)

Über die Beziehung zwischen der Wärmestrahlung und der Temperatur.

Von J. Stefan,

wirklichem Mitgliede der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften.

(Vorgelegt in der Sitzung am 20. März 1879.)

I. Über die Versuche von Dulong und Petit.

Dulong und Petit haben aus ihren Beobachtungen über die Abkühlung eines grossen Quecksilberthermometers, dessen Kugel bei einigen Versuchen nackt, bei anderen versilbert war, das Resultat gezogen, dass die von einem Körper ausgestrahlte Wärmemenge in einer geometrischen Progression wächst, wenn seine Temperatur gleichförmig zunimmt. Die in der Zeiteinheit von einem Körper bei der Temperatur u ausgestrahlte Wärmemenge kann durch die Formel ma^u dargestellt werden, m bedeutet eine von der Grösse und Beschaffenheit der Oberfläche des Körpers abhängige Constante, a die für alle Körper gleiche Zahl 1.0077.

Dieses Gesetz ist von Dulong und Petit für zwischen 0° und 280° liegende Temperaturen in Übereinstimmung mit ihren Beobachtungen gefunden worden. Es wurde jedoch auch über diese Grenzen hinaus als gültig angenommen und zuerst von Pouillet zur Bestimmung der Temperatur der Sonne benützt.

Die auffallend kleine Zahl, welche Pouillet für diese Grösse fand, hat die Veranlassung gegeben, die Anwendbarkeit des von Dulong und Petit aufgestellten Gesetzes für höhere

sem zrak v valju ohladil na eni strani, spodaj ali zgoraj. Zaprti zrak je imel vlogo termometrijske snovi, katere srednjo temperaturo je podajal kar tlak. Tako določena toplotna prevodnost je premajhna ali prevelika, pač po tem, ali prevajajo stene valja slabše ali bolje kot zrak. Prvi primer velja za stene iz stekla ..., drugi za stene iz cinka...

Pri poskusih druge vrste sem zaprto množino zraka z vseh strani enakomerno segrel ali ohladil in zopet je podajal srednjo temperaturo kar tlak. Prve naprave so bile zračni termometri v obliki krogel iz bakrene pločevine. Iz teh poskusov dobljene toplotne prevodnosti so zaradi prispevka konvekcije prevelike. Povsem zadovoljive rezultate je dalo šele merjenje z načinom, ki je nazadnje opisan v tej razpravi. Uporabil sem zračni termometer z dvojno steno iz medeninaste ali bakrene pločevine, v katerem je preiskani plin izpolnjeval prostor med obema kovinskima posodama.

To napravo, ki je nadvse pripravna za določanje toplotne prevodnosti ne samo zraka, ampak tudi drugih snovi, bi rad imenoval *diatermometer* (Slika 14). Z njim izmerjena toplotna prevodnost zraka se prav neverjetno ujema z Maxwelllovo napovedjo ... Toplotna prevodnost zraka je torej 20 000-krat manjša kot bakra in okoli 3400-krat manjša kot železa...

Malo fizikalnih teorij je dalo tako dobro potrjene napovedi, tako da moramo videti v dinamični teoriji plinov [danes bi rekli v kinetični teoriji plinov] eno najboljše osnovanih fizikalnih teorij. ... Tudi drugi zakon, ki ga vsebuje ta teorija, namreč neodvisnost prevodnosti od gostote, je poskus popolnoma nedvoumno potrdil.

Prav tako se razmerja toplotnih prevodnosti različnih plinov ujemajo z Maxwelllovimi formulami. ... Vnaprej naj omenim samo eno dejstvo, namreč to, da vodik sedemkrat bolje prevaja toploto kot zrak – kakor je napovedal Maxwell.

J. Stefan, *Raziskovanja o prevajanju toplote v plinih*, 1872

Stefana sem imenoval predvsem teorijskega fizika, toda izvedel je tudi številne in pomembne eksperimentalne raziskave. Najodličnejša od njih je določitev toplotne prevodnosti plinov.

Toplota se širi v plinu tako, da se gibanje prenaša z molekule na molekulo, in hitrost njenega širjenja lahko izračunamo s teorijo plinov. Zelo pomembno je bilo preveriti, ali se toplota v plinu zares širi s hitrostjo, izračunano s teorijo. Toda natančno merjenje so preprečevale težave, ki so se zdele nepremagljive. Nihče drug kot znani raziskovalec Magnus v Berlinu je poskusil rešiti ta problem. Dosegel pa je tako slabo ujemanje, da je v posamičnih primerih sledila za zrak celo negativna toplotna prevodnost.

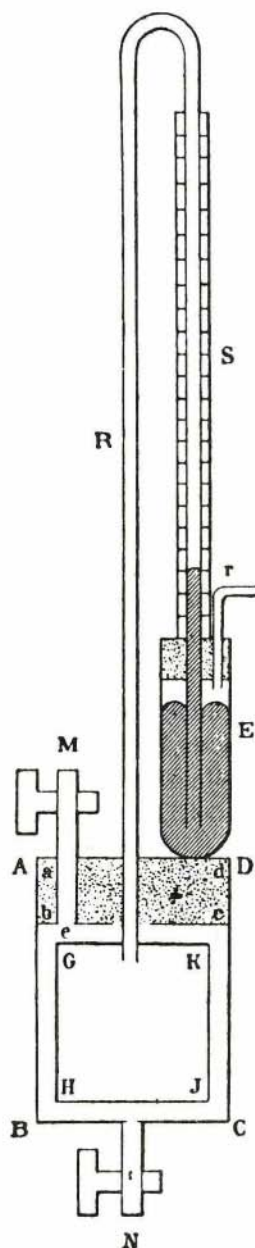
Stefan pa je odkril čudovito preprosto napravo, ki jo je imenoval *diatermometer*. Z njo je določil toplotno prevodnost različnih plinov z natančnostjo, ki se je prej zdela nedosegljiva, in bleščeče potrdil tudi druge napovedi teorije plinov. Stefanova naprava ni pomembna samo za teorijo, ampak tudi za eksperimentalno fiziko, da, celo za prakso. Tako je Stefan ugotovil, da prevaja volneno blago toploto približno enako kot zrak. Volna ne zadržuje toplote, ker bi njena vlakna posebno slabo prevajala, ampak, ker poskrbi zato vključeni zrak. Prevajanje po vlaknih sploh ni pomembno. Vlakna imajo le nalogo, da ovirajo gibanje zraka. Če hoče danes higienik preskusiti, katera oblačila najboljše varujejo pred mrazom, uporabi Stefanov *diatermometer*.

L. Boltzmann

Naposled si je Stefan zamislil zelo preprosto, a učinkovito napravo, ki jo je imenoval *diatermometer*. Dve valjasti posodici iz tanke bakrene ali medeninaste pločevine, od katerih je bila ena malo manjša od druge, je sestavil tako, da je dobil med njima tanko plast zraka z določeno debelino.

Notranja posodica diatermometra je bila priključena na odprt živossrebrni manometer. Danes uporabljamo manometer v izvedbi s cevko v obliki črke U, v kateri je živo srebro. Spočetka je imel diatermometer sobno temperaturo, denimo 20°C , ker je dovolj dolgo stal v sobi. Na začetku merjenja ga je Stefan potopil v mešanico vode in snega, ki je imela ves čas temperaturo 0°C . V zelo kratkem času, na primer v 3 sekundah, se zunanja posodica ohladi do temperature 0°C , medtem ko ima notranja posodica tedaj še vedno sobno temperaturo. Posodici sta sicer toplotno izolirani, le po plasti zraka med njima s prevajanjem prehaja toplota z notranje posodice na zunanjo. Zato se notranja posodica ohlaja in po zelo dolgem času njena temperatura pade na 0°C .

Slika 14. Stefanov diatermometer, s katerim je izmeril toplotno prevodnost plinov. Vidimo notranjo in zunanjo valjasto posodico v preseku. Med njima je enakomerno debela plast plina, skozi katero prehaja toplota s prevajanjem. Živosrebrni manometer meri preko tlaka temperaturo zraka v notranji posodici. Diatermometer damo v mešanico snega in vode in opazujemo spreminjanje tlaka.

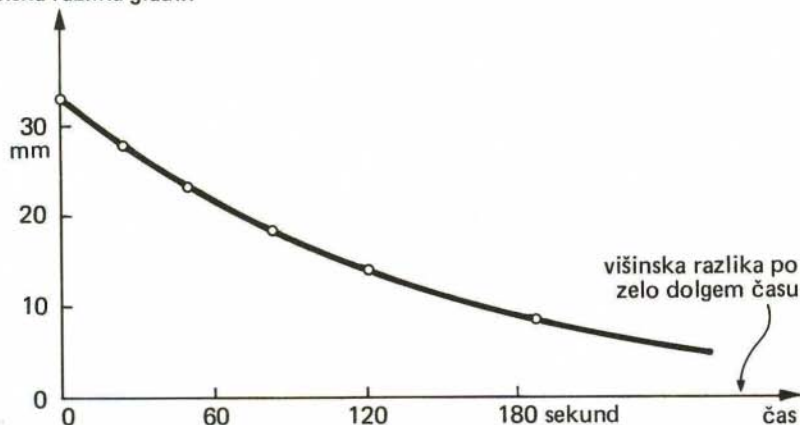


Stefan je meril pozimi. Tedaj še ni bilo hladilnikov. Led je bilo mogoče dobiti edino iz ledenic, kamor so ga shranili pozimi, ko so ga narezali na ribnikih. Očitno je bilo najpreprosteje meriti pozimi. Tako so delali tudi drugi. Antoine—Laurent Lavoisier in Pierre—Simon Laplace se na primer pritožujeta nad milo zimo 1782/83, zaradi katere nista mogla narediti vseh načrtovanih merenj s pravkar odkritim lednim kalorimetrom.

Pri diatermometru je hitrost ohlajanja sorazmerna z razliko med temperaturo notranje in zunanje posodice. Zato velja Newtonov zakon in se temperatura notranje posodice eksponentno bliža temperaturi okolice 0°C .

Stefanu ni bilo treba neposredno meriti časovnega poteka temperature. Dovolj je bilo, da je z manometrom zasledoval časovni potek tlaka. Tlak plina

višinska razlika gladin



Slika 15. Tako se je spreminjal tlak pri enem izmed številnih Stefanovih poskusov z diatermometrom. Na navpično os je nanescena višinska razlika gladin živega srebra v krakih manometra, na vodoravno pa čas. Višinska razlika, torej tlačna in z njo temperaturna razlika, se spreminja po Newtonovem zakonu o ohlajanju:

$$\text{temperaturna razlika} = \text{začetna temperaturna razlika} / 2^{t/t_{1/2}}$$

Čas $t_{1/2}$, v katerem pade razlika na polovico, meri okoli 90 sekund. Z njim izračunamo toplotno prevodnost plina takole:

$$\lambda = \ln 2 \cdot mcx / St_{1/2}$$

$\ln 2 = 0,69$ je naravni logaritem 2, m masa notranje posodice, c njena specifična toplota, torej mc toplotna kapaciteta, x debelina špranje in S površina notranje posodice brez zgornje osnovne ploskve.

je namreč v preprosti zvezi z njegovo temperaturo: razlika tlakov je kar sorazmerna z razliko temperatur. Tlačna razlika pa je kar sorazmerna z višinsko razliko gladin v obeh krakih manometra. Stefan je začel opazovati razliko gladin 3 sekunde po tem, ko je vtaknil diatermometer v mešanico vode in snega. Zapisal si je čas, ko se je vsakokrat razlika gladin povečala za 5 milimetrov (slika 15). Naposled je razliko gladin še tako preračunal, da je bila na koncu poskusa po dovolj dolgem času, ko se ni več spreminjala, enaka nič.

Iz podatka o tem, kako hitro se temperatura notranje posodice bliža temperaturi zunanje, je mogoče izračunati toplotno prevodnost zraka v špranji med obema posodicama. Poznati je treba še širino špranje in površino posodice ter toplotno kapaciteto notranje posodice, ki je ni težko dobiti kot produkt njene mase in specifične toplote bakra ali medenine.

Stefan je poskus z zrakom večkrat ponovil. Za toplotno prevodnost zraka (pri 0°C) je dobil v današnjih enotah $0,0234\text{ W/Km}$ (watt na kelvin meter). Če upoštevamo, da je današnja vrednost $0,0241\text{ W/Km}$, vidimo, da je meril zelo natančno. Že tedaj je na hitro izmeril tudi toplotno prevodnost vodika. V ta namen je posodici opremil z dvema pipama, skozi kateri je uvedel v špranjo vodik. Preglednica kaže, kako nenavadno natančno je meril Stefan; poznejši eksperimentatorji precej časa niso dosegli njegove natančnosti.

Leto	Ekspérimentator	Toplotna prevodnost vodika pri temperaturi 0°C
1872	Stefan	0,188 W/Km
1875	Winkelmann	0,139
1888	Graetz	0,134
1891	Winkelmann	0,160
1900	Eckerlein	0,133
1911	Eucken	0,140
1917	Weber	0,174
1927	Hercus,— Laby	0,170
1934	Dickins	0,175
1934	Kannuluik,— Martin	0,173
danes		0,168

Špranja v diatermometru je bila tako ozka, da ni prišlo do upoštevanja vrednega toka plina in ni motila konvekcija. Temperaturna razlika je bila tako majhna, da tudi sevanje ni motilo. O tem se je Stefan neposredno prepričal. Poskus je ponovil, ko je notranjost zunanje posodice in zunanost notranje posodice prevlekel s črnim tušem. To ni vplivalo na hitrost ohlajanja. Ker tuš vpliva na izdatnost sevanja, je bilo mogoče iz tega sklepati, da sevanja sploh ni treba upoštevati.

Stefan je pri posebnem poskusu na špranjo priključil še velik manometer z gibljivim krakom. Ta krak je močno spustil, tako da se je zračni tlak v špranji znižal približno na polovico navadnega zračnega tlaka. Medtem ko meri navadni zračni tlak okoli 1 bar, je bil tlak v špranji samo 0,56 bara. Tudi ta sprememba ni vplivala na hitrost ohlajanja. Po tem je Stefan ugotovil, da toplotna prevodnost zraka – in drugih plinov – ni odvisna od tlaka ali od gostote. S tem je potrdil napoved kinetične teorije plinov, ki se je marsikomu zdela nena-
 vadna. Pričakovali bi pač, da bolj razredčen plin slabše prevaja kot gostejši.

Stefan je po letu 1872 nadaljeval merjenja z diatermometrom. Predvsem je primerjal med seboj toplotne prevodnosti različnih plinov. Leta 1875 je objavil daljšo razpravo *Raziskovanja toplotnega prevajanja plinov. Druga razprava: relativne določitve toplotne prevodnosti različnih plinov*. V njej je poročal o poskusih z ogljikovim dioksidom (CO_2), s kisikom (O_2), z ogljikovim monoksidom (CO), metanom (CH_4), didušikovim oksidom (N_2O), vodikom (H_2) in zrakom. Z vsakim od njih je večkrat ponovil poskus z diatermometrom. Naposled je sestavil preglednico razmerij toplotne prevodnosti plina in zraka.

Plin	Stefan 1875	Narr 1870	Magnus	Kundt – Warburg 1875
ogljikov dioksid	0,64	0,81	0,82	0,60
didušikov oksid	0,66			
ogljikov monoksid	0,98			
zrak	1,00		1,00	1,00
kisik	1,02			
metan	1,37			
vodik	6,72	5,51	3,50	7,30

Stefanovi preglednici smo dodali nekaj podatkov drugih eksperimentatorjev. Tudi ti so bili precej manj natančni od Stefanovih.

Zakon o sevanju

K Stefanovim razpravam o difuziji v plinih in izhlapevanju se bomo na kratko vrnili pozneje. Zdaj preskočimo k njegovemu glavnemu delu — zakonu o sevanju. Ta se namreč neposredno navezuje na merjenje toplotne prevodnosti plinov. Stefan se je s sevanjem srečal pred letom 1872, če ne že prej, ko je ugotovil, da je mogoče v diatermometru prispevek sevanja k prehajanju toplote zanemariti. Najbrž je bilo odločilno, da se je med merjenjem toplotne prevodnosti zraka posebej prepričal o Maxwellovi napovedi, da prevodnost plina ni odvisna od njegovega tlaka. To ga je utrdilo v prepričanju, da je do tedaj veljavni zakon o sevanju napačen.

Ta zakon sta že leta 1817 postavila Pierre Louis Dulong in Alexis Thérèse Petit. Prinesel jima je nagrado francoske Akademije znanosti in so ga tedaj splošno priznavali. Do njega sta prišla z merjenji. Veliko okroglo bučko živosrebrnega termometra s premerom 3 centimetre sta segrela največ do temperature 280°C in jo postavila na sredo večje okrogle posode. Temperaturo te posode sta držala konstantno 0°C ali 20°C . Iz izmerjene hitrosti ohlajanja termometra sta izluščila prispevek sevanja in ga zapisala s preprosto enačbo.

Dulong in Petit sta zakon zapisala takole:

$$\text{hitrost ohlajanja} = \text{konstanta} \cdot (1,0077T - 1,0077T_0)$$

T je Celzijeva temperatura bučke in T_0 Celzijeva temperatura velike posode, to je okolice. Konstanta je odvisna od geometrijskih razmer ter hrapavosti in barve površja bučke in velike posode. Danes bi zakon zapisali drugače, prvi člen v oklepaju, denimo, kot $2^{T/T_2}$. Temperatura $T_2 = 90^{\circ}\text{C}$ bi povedala, da se sevanje podvoji, če naraste temperatura sevalca za okoli 90°C .

Dulong in Petit sta med merjenjem iz velike krogle izsesala zrak, da bi toplota ne prehajala z bučke na veliko posodo s konvekcijo in s prevajanjem. Trdila sta, da so bile pri tlaku okoli 3 tisočin bara razmere take, kot da v posodi ne bi bilo zraka. Poslej sta živela v veri, da je pri tem tlaku prispevek konvekcije in prevajanja zanemarljiv v primeri s sevanjem.

Zares sta se izognila konvekciji, ki pojema s pojemajočim tlakom, a glede prevajanja sta se motila. Pač nista vedela za poznejšo napoved kinetične teorije plinov, da je prevajanje neodvisno od tlaka. Stefan, ki jo je potrdil z merjenjem, pa je seveda vedel, da sta Dulong in Petit merila prispevek sevanja in prevajanja in je zato njun zakon napačen. Najbrž je po takem premisleku sam poskusil najti boljši zakon za sevanje.

Verjetno ni noben nauk v fiziki povzročil tako resne zablode kot tisti, ki sta ga zagovarjala Dulong in Petit. Njun nauk o prehajanju toplote je zavrl napredek vseh vej znanja, povezanih s sevalno toploto.

J. Ericsson, *Contributions to the centennial exhibition*,
New York 1876, str. 44

Po razpravi *O odnosu toplotnega sevanja in temperature* iz leta 1879 lahko domnevamo, kako je Stefan prišel do svojega zakona. Leta 1864 je John Tyndall raziskal temno (nevidno) sevanje ali pa naše infrardečo svetlobo. Odkrili so jo kakih trideset let prej in so medtem tudi že ugotovili, da gre za svetlobo, torej po naše za elektromagnetno valovanje, z malo večjo valovno dolžino od vidne svetlobe. Tega leta je objavil razpravo *O vidnem in nevidnem sevanju*, v kateri je poskušal odgovoriti na vprašanje, kako je sevanje infrardeče svetlobe odvisno od temperature.

Uporabil je žarnico, v kateri je tedaj običajno ogleno nitko nadomestil s platinsko žičko. Z električnim tokom je žičko segrel, da je sevala. Čim večji je bil tok skozi žičko, tem višja je bila njena temperatura in tem več svetlobe je sevala. Curek izsevane svetlobe je zbral z lečo in s prizmo razdelil na mavrico ali spekter. Uporabil je lečo in prizmo iz kuhinjske soli, ker steklo preslabo prepušča infrardečo svetlobo.

Na mesto v mavrici onstran rdeče barve, kjer oko ni nič zaznalo, je postavil merilnik za infrardečo svetlobo. Uporabil je baterijo termoelementov. Termoelement sestavljata žici iz dveh različnih kovin, vezani v sklenjen električni krog, na primer iz bakra in iz zlitine konstantana. Če ima eno spojno mesto drugačno temperaturo kot drugo, deluje termoelement kot izvir napetosti, ki požene po krogu tok. Tok je tem večji, čim večja je temperaturna razlika med spojnima mestoma. Tako preko električnega toka lahko izmerimo temperaturno razliko.

Tyndall je več termoelementov zvezal zaporedno v baterijo, in sicer tako, da je spojna mesta, v katerih je imel tok smer iz prve kovine v drugo, združil na zunanji strani merilnika in jih počrnil. Spojna mesta, v katerih je imel tok smer iz druge kovine v prvo, pa je skril v njegovo ohišje. Prva spojna mesta so absorbirala svetlobo, ki je padla nanje, in se segrela, druga pa so ostala pri sobni temperaturi. Nastala temperaturna razlika je povzročila napetost, ki je pognala po krogu tok, večji kot pri enem samem termoelementu. Za merjenje toka je uporabil občutljiv galvanometer.

Tok skozi galvanometer je meril, medtem ko je s tokom po platinski žički spreminjal njeno temperaturo. Hotel je dobiti le pregled nad pojavi in ni meril temperature žičke, zadovoljil se je s tem, da je navedel njeno barvo.

Iz njegove obširne preglednice povzemimo samo dve vrstici

barva žičke	odklon galvanometra
šibko rdeča	10,4°
bela	60°

Pri zadnjem podatku je Tyndall mimogrede omenil, da je treba namesto odklona 60°, ki ga je pokazal galvanometer, upoštevati dvakrat večji odklon 122°. Pri velikih tokovih namreč odklon ni bil več sorazmeren s tokom — skala galvanometra ni bila več linearna — zato je bilo treba upoštevati popravljeni odklon.

Prevod članka je Tyndall po tedanji navadi objavil leta 1865 v Nemčiji. Prebral ga je Adolph Wüllner, pisec uspešnega učbenika *Nauk o toploti s stališča mehanične teorije toplote*. V drugo izdajo leta 1870/71 in tretjo 1874/75 je vključil Tyndallove podatke o sevanju infrardeče svetlobe. Pri tem je navedbo barve dokaj samovoljno zamenjal s podatkom za temperaturo: šibkemu rdečemu žaru je priredil 525° C, belemu pa 1200° C.

Wüllnerjeva knjiga je prišla v roke Stefanu. Celzijevo temperaturo je spremenil v absolutno temperaturo in upošteval popravljeni odklon:

absolutna temperatura žičke	odklon galvanometra
(525 + 273) K = 789 K	10,4°
(1200 + 273) K = 1473 K	122°

Absolutna temperatura. Odvisnost prostornine plinov od temperature je prvi podrobneje raziskal Guillaume Amontons. Svoje ugotovitve je objavil leta 1664. Že tedaj je razglabljal o *absolutnem mrazu*, pri katerem bi imel plin prostornino nič. Vendar je njegovo delo ostalo celo stoletje brez odziva. Jacques Charles je leta 1787 neodvisno od Amontonsa spoznal, da se pri segrevanju vsi plini raztezajo enako. Ko naraste temperatura od 0° C na 1° C, se poveča prostornina za 1/273 začetne vrednosti in ko pade od 0° C na -1° C, se za toliko zmanjša. Pri -273° C bi potemtakem dosegla prostornina vseh plinov vrednost nič, če se ne bi že prej utekočinili. Charles svojih ugotovitev ni objavil. Do podobnih ugotovitev je prišel Joseph Louis Gay-Lussac leta 1802. Po njem imenujemo zakon, da je sprememba prostornine plina pri konstantnem tlaku sorazmerna s spremembo temperature.

Lord Kelvin je leta 1848 trdil, da pri temperaturi -273° C ne bi postala prostornina plina enaka nič, ampak bi le zamrlo gibanje molekul. Ker velja to za vsako snov, je predlagal, naj bi vpeljali -273° C kot *absolutno ničlo*, od katere bi merili absolutno temperaturo, v tako velikih stopinjah, kot so Celzijeve. Najprej so jih njemu na čast poimenovali stopinje Kelvina, danes pa jih imenujemo kelvine. Absolutno ničlo postavimo k temperaturi -273,15° C. James Clerk Maxwell je leta 1860 v okviru kinetične teorije plinov potrdil Kelvinovo misel o gibanju molekul, ko je ugotovil, da je povprečna kinetična energija molekule sorazmerna z absolutno temperaturo plina. Dandanes vemo, da pri zelo nizki temperaturi ne smemo plina obravnavati tako, kot ga je Maxwell, in da gibanje molekul ne zamre popolnoma niti v bližini absolutne ničle.

Stefan je privzel, da je bila *gostota izsevanega energijskega toka*, to je energija, ki jo je izseval vsak kvadratni meter površine platinske žičke v eni sekundi, sorazmerna z odklonom galvanometra. Zvezo med absolutno temperaturo žičke T in gostoto izsevanega energijskega toka j je poskusil zapisati v obliki $j = \sigma T^n$, če je σ konstanta. Iz obeh parov podatkov je ugotovil, da sta gostoti energijskih tokov v razmerju $122/10,4 = 11,7$. Skoraj prav tolikšno število je dobil, če je razmerje ustreznih absolutnih temperatur $1473/789 = 1,85$ štirikrat pomnožil s sabo: $1,85 \cdot 1,85 \cdot 1,85 \cdot 1,85 = 1,85^4 = 11,6$. Po tem je sklenil, da je predlagana oblika dobra, in tako prišel do zakona o sevanju

$$j = \sigma T^4$$

Gostota izsevanega energijskega toka je sorazmerna s četrto potenco absolutne temperature.

Novi zakon je Stefan preskusil na starih Dulongovih in Petitovih podatkih, ki jih je popravil tako, da je naknadno odštel prispevek prevajanja. Tem podatkom se je novi zakon približno enako dobro prilagal kot stari. Ob tem je Stefan določil še konstanto σ , z našimi enotami:

$$\sigma = 4,5 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$$

Danes te konstante ni treba meriti, ampak jo lahko izračunamo iz osnovnih konstant. Njena vrednost $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$ kaže, da se Stefan ni močno zmotil. Izmerjeno hitrost ohlajanja s sevanjem, ki so jo izmerili drugi raziskovalci, med njimi John Ericsson, pa je Stefanov zakon nekoliko bolje podajal od Dulong–Petitovega.

Stefan je s svojim zakonom določil še temperaturo sončnega površja. Oprl se je na Soretov podatek, da je gostota energijskega toka s Sonca na Zemlji 29-krat večja od gostote energijskega toka, ki ga seva segreta kovinska ploščica. Okrogla ploščica je bila v taki oddaljenosti od merilnika, da jo je bilo videti pod enakim kotom kot Sonce. Temperaturo ploščice je Soret cenil na 1900° C do 2000° C .

Stefan je domneval, da eno tretjino energijskega toka s Sonca zadrži zemeljsko ozračje. Zato je vzel za pravi sončni tok $3/2$ -krat večjo vrednost, torej za razmerje $29 \cdot 3/2 = 43,5$. Temperaturo kovinske ploščice je postavil enako kar srednji vrednosti $(1900 + 2000)^\circ \text{ C} / 2 = 1950^\circ \text{ C}$ in absolutno temperaturo $(1950 + 273) \text{ K} = 2200 \text{ K}$. Ker je $2,57^4 = 43,5$, je z enačbo

$$j_{\text{Sonca}} / j_{\text{ploščice}} = (T_{\text{Sonca}} / T_{\text{ploščice}})^4$$

dobil za temperaturo Sonca

$$T_{\text{Sonca}} = 2,57 \cdot T_{\text{ploščice}} = 2,57 \cdot 2220 \text{ K} = 5700 \text{ K}$$

ali $5700^{\circ} \text{C} - 273^{\circ} \text{C} = 5430^{\circ} \text{C}$.

Pred Stefanom so navajali za temperaturo sončnega površja vrednosti od okoli 1800°C do $13\,000\,000^{\circ} \text{C}$. Prvo vrednost je dobil Pouillet leta 1838 z Dulong–Petitovim zakonom. Morda je prav ta rezultat opozoril Stefana prvič na to, da utegne Dulong–Petitov zakon odpovedati pri visoki temperaturi. Če zberemo sončno svetlobo z lečo, namreč lahko segrejemo telo na precej višjo temperaturo od 1800°C .

Stefanova določitev temperature sončnega površja je bila velik uspeh, saj se današnja vrednost ne razlikuje bistveno od nje, a takrat še niso vedeli, da jo je Stefan tako dobro zadel.

Članek *O odnosu med toplotnim sevanjem in temperaturo* z 38 stranmi začne Stefan z obdelavo Dulongovih in Petitovih poskusov, pri čemer vzame novi zakon o sevanju za znanega. Nato določi konstanto σ in se posveti poskusom Ericssona in drugih in nazadnje na kratko razpravlja o sončni temperaturi. Na začetku tretjega razdelka vrine dva kratka odstavka o Tyndallovih merjenjih.

Najprej naj tukaj navedem pripombo, ki jo je v svojem učbeniku Wüllner navezal na poročilo o Tyndallovih poskusih o sevanju platinske žičke, razžarjena z električnim tokom. Ta pripomba me je prva pripravila do tega, da sem toplotno sevanje privzel za sorazmerno s četrto potenco temperature.

Od šibkega rdečega žara (okoli 525°C) do belega žara (okoli 1200°C) se je jakost sevanja povečala od 10,4 do 122 skoraj dvanajstkrat (natančneje 11,7—krat). Razmerje absolutnih temperatur $273 + 1200$ in $273 + 525$ na četrto potenco da 11,6.

J. Stefan, *O odnosu med toplotnim sevanjem in temperaturo*

Danes vemo, da je Stefanov zakon sicer pravilen, a Stefanova pot do njega se nam ne zdi tako varna, kot bi bralec sklepal po dosedanjem pisanju. Čeprav je bilo Tyndallovo merjenje za tiste čase zavidljiv dosežek — o tem se lahko prepriča vsakdo, ki ga poskuša ponoviti — se je morala vanj prikrasti precejšnja napaka. Tyndall se je nenatančnosti najbrž zavedal in je zato navedel le barvo žičke, ne pa njeno temperaturo. Danes vemo, da za platinsko žičko Stefanov zakon sploh ne velja. To drži tudi za druga kovinska telesa, katerih površina se sveti in ostane gladka — se ne prevleče s hrapavo plastjo oksida. Vemo tudi, da zakon ne velja za ozek pas infrardeče svetlobe, s katerim je meril Tyndall, ampak za vse sevanje, to je za infrardečo in vidno svetlobo skupaj. Poleg tega

sta Wülnerjevi temperaturi za šibki rdeči in beli žar prenizki. Namesto 525°C in 1200°C bi najbrž bolj ustrezali temperaturi okoli 700°C in med 1300°C in 1500°C . A po srečnem naključju so se vsi spodrsljaji čudovito izravnali in dali rezultat, ki je Stefana privedel do pravega eksponenta 4.

Veliko krivico bi delali Stefanu, če bi mislili, da je našel zakon "kot slepa kura zrno". Uporabil je absolutno temperaturo, ki je tedaj večina drugih pri raziskovanju sevanja še ni uporabljala. Stefan je bil pač doma v kinetični teoriji plinov, v kateri so uporabljali le absolutno temperaturo. Zakaj je poskusil ravno s potenčno odvisnostjo, Stefan ni nikjer zapisal. Domnevamo lahko, da si je pač mislil: ker gostota izsevanega energijskega toka strmo narašča z naraščanjem absolutne temperature, je na ozkem temperaturnem intervalu dovolj visoka potenca prav tako dobra kot temperatura v eksponentu konstante. Ne gre pozabiti: Stefan je po merjenju toplotne prevodnosti plinov vedel, da je Dulong–Petitov zakon napačen. Ni mogoče zanikati, da je Stefanu pomagalo srečno naključje. Tako je bilo še pri vrsti drugih pomembnih odkritij. Tudi v življenju se prepletajo dogodki, ki jih je mogoče napovedati, z naključnimi dogodki. V resnici je Stefan iskal izkustveni zakon, ki naj bi merjenja enako dobro ali bolje opisal kot stari Dulong–Petitov.

Dulong–Petitova formula je zgolj izkustvena formula, ki natančno opiše oddajanje toplote s sevanjem pri poskusih s termometrom. To pa bi zmogle tudi druge formule, čeravno se Dulong–Petitova odlikuje po izredni preprostosti. Tukaj lahko navedem drugo formulo, enako ali — lahko bi rekli tudi — še preprostejšo, ki prav tako ustreza opazovanjem in ima še prednost v teoretičnem pogledu.

J. Stefan, *O odnosu med toplotnim sevanjem in temperaturo*

Tudi drugi fiziki spočetka niso mislili drugače. V petih letih do leta 1884 je pet fizikov Stefanov zakon sprejelo, štirje zanj sploh niso vedeli, eden pa ga je ostro odklonil. Leta 1884 pa je Ludwig Boltzmann izpeljal zakon v okviru termodinamike. Zamislil si je nekakšen idealni toplotni stroj, ki uporablja namesto plina sevanje.

Ne moremo nasprotovati, če na nemškem in angleškem govornem območju imenujejo zakon po Stefanu in po Boltzmannu. Mi ga pač — ponosni na Stefana — imenujemo samo po njem.

Dulong–Petitov zakon o sevanju je potem popolnoma zatonil v pozabo. Danes z Dulong–Petitovim zakonom mislimo na trditev o toploti, ki jo moramo pri dovolj visoki temperaturi dovesti kilomolu kakega kristala, da ga segrejemo za eno stopinjo. Pri konstantni prostornini meri ta toplota $3R$, če je $R = 8300\text{ J/K}$ splošna plinska konstanta.

Ta zakon pogosto imenujejo Stefan–Boltzmannov zakon, ker je avstrijski fizik Stefan prvi prišel do njega po eksperimentalni poti in ker ga je pozneje Boltzmann termodinami-

čno izpeljal. Toda če premislimo o Stefanovi poti, se komaj zdi pošteno povezati njegovo ime z zakonom. Irski fizik John Tyndall je ugotovil, da seva platinska žička pri temperaturi 1200°C 11,7-krat izdatneje kot pri 525°C . Stefan je spoznal, da je razmerje 1472 K in 789 K na četrto potenco enako 11,6, in je po tem postavil zakon. Toda pri tem sta bili vpleteni vsaj dve napaki. Pozneje se je pokazalo, da je razmerje pri teh temperaturah za platino bližje 18,6 kot 11,6 ter je sevanje platine daleč od sevanja črnega telesa in zanj ne smemo privzeti zakonov za sevanje črnega telesa. Stefan je svoj zakon uspešno uporabil za nekaj drugih primerov podatkov, a vedno sta bili vpleteni obe napaki. Stefan je bil zmožen fizik, katerega slava naj počiva na drugih uspehih.

Opomba pod črto v knjigi

A. G. Worthing, D. Halliday, *Heat*, Wiley, New York 1948, str. 438

Ko se oziram nazaj, se mi zdi, da sodita Worthing in Halliday preostro. Stefan morda ni upošteval nekaterih podrobnosti sevanja, vendar je previdno obdelal vse dosegljive podatke. Njegov članek nič ne zagotavlja, ampak samo nakazuje potrebo po nadaljnjem teoretiškem in eksperimentalnem delu v zvezi s formulo s četrto potenco. Pokazal je, da se ta formula na splošno sklada z rezultati na širokem območju – in tega ne moremo trditi za nobeno drugo preprosto formulo.

R. C. Dougal, *The centenary of the fourth-power law*,
Physics Education **14** (1979) 234

Stefan je izpeljal svoj zakon na osnovi slabih opazovanj s svetili, za katera ne velja – primer, pri katerem sta, tako rekoč, dve negativni zadevi dali pozitivno.

C. E. Mendenhall, *Pyrometry*, Amer. Inst. Mining Metall.
Engrs., New York 1920, str. 63

Tako v Stefanovi polovici zakona ne smemo videti zgolj eksperimentalne analize sevanja črnega telesa, kakor je v navadi, ampak zadnji korak v prizadevanju, da bi izluščili prispevek sevanja k hitrosti ohlajanja ali prehajanja toplote z vročega telesa. Boltzmannova polovica pa izhaja iz popolnoma drugačnih teoretiških pojmov. Ujemanje obeh rezultatov je bilo tako prepričljivo, da ni nikoli puščalo dvoma o tem, da izražata obe polovici isti zakon narave, čeprav je ena izhajala od hitrosti ohlajanja segretega trdnega telesa in druga od gostote energije sevanja v vakuumu.

S. G. Brush, *The kind of motion we call heat*,
North-Holland, Amsterdam 1976, str. 519

Zdaj se je šele začel kazati pravi pomen zakona. Ne, to ni izkustveni zakon za sevanje trdnih teles na ozkem temperaturnem območju, ampak osnovni zakon narave. Ne velja za večino navadnih svetil, ampak za namišljeno *črno telo*. Takšno telo vse vpadlo sevanje absorbira in pri dani temperaturi od vseh teles najmočneje seva. To sevanje je v toplotnem ravnovesju s telesom pri dani temperaturi.

Črno telo. Do zamisli o črnem telesu je pripeljala razprava o razmerju med zmožnostjo telesa, da seva in zmožnostjo, da absorbira. Leta 1809 je Pierre Prevost trdil, da je sevanje telesa neodvisno od okolice in poudarjal "uravnovešenost" sevanja in absorpcije. Pozneje so to trditev, ki je bila mišljena povprek, izrekli za sevanje in absorpcijo pri vsaki valovni dolžini posebej. Leta 1853 je Anders Ångström trdil, da sevajoče telo oddaja vse vrste sevanja, ki jih pri tisti temperaturi absorbira. Leta 1858 je Balfour Stewart ponovil to malo drugače: absorpcija vsakega svetila je enaka sevanju, in to za vsako vrsto toplotnih žarkov posebej. Končno obliko je dal zakonu leta 1860 Gustav Robert Kirchhoff: Razmerje med zmožnostjo za sevanje in zmožnostjo za absorpcijo je za vsa telesa pri dani temperaturi enako. Črno telo vse vpadlo sevanje absorbira, se pravi, da ga nič ne prepušča in odbije. To telo pri dani temperaturi od vseh teles najmočnejše seva. Tako so pojem črnega telesa vpeljali na osnovi teorijskih zahtev. Precej časa je trajalo, preden so spoznali, da segreta telesa v navadnih svetilih ne sevajo kot črno telo. Še dlje je trajalo, preden so izdelali uporaben model in z njim premerili porazdelitev gostote energijskega toka po valovni dolžini, to je mavrico ali zvezni spekter. To so storili berlinski fiziki. O. Lummer in E. Pringsheim leta 1899 in H. Rubens in F. Kurlbaum leta 1900.

Ta model sestavlja kovinska ali keramična posoda, katere notranje stene so prevlečene s sajami in v kateri je majhna odprtina. Ko posodo segrejejo, izhaja skozi odprtino sevanje črnega telesa. Leta 1900 je kot krono tega prizadevanja prineslo zakon Maxa Plancka za porazdelitev gostote energijskega toka za črno telo po valovni dolžini. S tem so se na pragu novega stoletja odprla vrata novi — kvantni fiziki.

Stefanov zakon je mogoče izpeljati iz Planckovega zakona s kratkim računom.

Zdaj vidimo, da Stefan ni odkril tistega, kar je iskal, ampak nekaj več. To se pogosto primeri v fiziki.

Morda obstajata dve izkušnji. Prva opozarja, da naključje ne vpliva na odkritja, če nista čas in položaj zreli — če razum ni pripravljen. Po drugi pa odkritja ne moremo vedno programirati ali načrtovati vnaprej. Lahko poskrbimo za vzdušje, za okoliščine, toda razum mora biti svoboden, da se po mili volji sprehaja po tistem, kar se navadno izkaže za slepo ulico.

Prej ali slej uredijo znanstvene ugotovitve in teorije v logičen in lep sistem. Pravijo, da je na tej stopnji znanost podobna lepemu kipu, s katerega so odstranili vse zidarske odre in prah in opaže. Za raziskovalca, ki raziskuje, z drugimi besedami za znanost v nastajanju, pa so zidarski odri nujno potrebni. Zares, nekaj časa sploh ni jasno, kaj je oder in kaj kip. Prej ali slej stoji kip sam lep in trden, toda ni bil vedno tak.

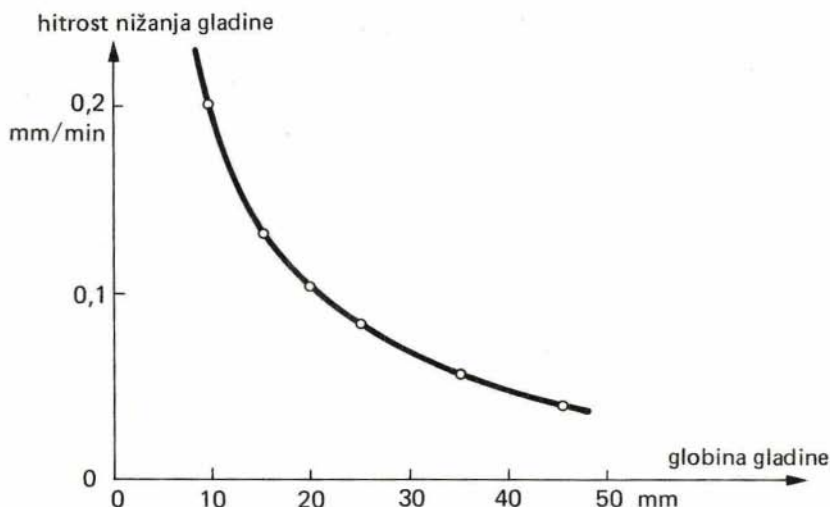
D. L. Anderson, *The discovery of the electron*,
Van Nostrand, Princeton 1964, str. 130 in 19

Izhlapovanje

Na kratko orišimo še Stefanovo delo o *difuziji in izhlapevanju*. Kmalu po prvi razpravi o prevajanju toplote v plinih je J. Stefan leta 1872 objavil razpravo *O dinamični teoriji difuzije plinov*.

Difuzijo štejemo prav tako kot prevajanje toplote k tako imenovanim *transportnim pojavom*. Nastane v neenakomerni mešanici dveh sestavin. Če je v delu posode prve sestavine več kot druge in v drugem delu druge sestavine več kot prve, se molekule prve sestavine selijo v povprečju iz prvega dela v drugega, molekule druge sestavine pa v nasprotni smeri iz drugega dela v prvega. Zaradi tega se na danem kraju posode spreminja s časom delež obeh sestavin in postane mešanica po dovolj dolgem času po vsej posodi enakomerna.

Stefan je ponovil račune Maxwella in drugih in primerjal med seboj podatke za hitrost difuzije. Zanimanje za difuzijo ga je privedlo do izhlapevanja. Tako je leta 1873 objavil razpravo *Poskusi z izhlapevanjem*. Izhlapovanje vode je posebno zanimivo za meteorologe, saj v ozračju nenehno izhlapeva voda in se vodna para spet utekočinja. Prav zaradi tega je izhlapevanje vode poskusilo pojasniti več fizikov. Toda voda prepočasi izhlapeva, da bi bilo z njo mogoče delati pregledne poskuse v laboratoriju. Zato je Stefan od vsega začetka izbral za poskuse eter in ogljikov sulfid, ki izhlapevata mnogo hitreje. Ugotovitve, do katerih je prišel, pa so veljale splošno in jih je lahko uporabil tudi za izhla-



Slika 16. Izmerjena hitrost nižanja gladine pri enem od Stefanovih poskusov z izhlapevanjem etra. Cevka je imala premer 6,16 milimetra, temperatura je merila 22° C in zračni tlak 983 milibarov.

pevanje vode.

V šoli pokažemo difuzijo s plinom s poskusom z bromovimi parami. Na dnu pokritega steklenega valja razbijemo drobno posodico z bromom. Opazujemo, kako se začnejo širiti rjave pare navzgor po valju in naposled enakomerno napolnijo vso posodo.

V navpični, zgoraj odprti cevki, v kateri je bil eter, je opazoval, kako hitro se je nižala gladina zaradi izhlapevanja. Ugotovil je, da je hitrost, s katero se je nižala gladina, neodvisna od premera cevke in obratno sorazmerna z razdaljo gladine od vrha cevke (slika 16). Po tem, ko je delal take poskuse pri sobni temperaturi, jih je ponovil pri različnih temperaturah in ugotovil, kako vpliva temperatura na izhlapevanje. Ugotovitve, do katerih se je dokopal z merjenjem, je pojasnil s teorijo difuzije. Ker je molekul etra v zraku ob gladini etra največ, ob vrhu cevke pa jih skoraj ni, se selijo po cevki navzgor. Razmere se s časom ne spreminjajo, zato kapljevina nenehno izhlapeva. Proti gibanju molekul po cevki navzgor deluje nekakšen upor, ki je tem večji, čim večja je gostota molekul etra, čim večja je gostota molekul kisika in dušika v zraku in čim večja je povprečna hitrost prvih molekul glede na druge. Pri izhlapevanju ostajajo v povprečju molekule kisika in dušika v zraku na mestu in se ne selijo, zato je odločilna samo hitrost molekul etra.

Po tem, kar smo rekli o difuziji, je mogoče razmere pojasniti s predstavo, da se molekule kisika in dušika v zraku sicer selijo navzdol, to je v nasprotni smeri od etrovih molekul, vendar se zrak vrača hkrati navzgor, tako da v povprečju miruje. Še bolje si je misliti, da se težišče mešanice etrovih par in zraka zaradi selitve etrovih par počasi giblje navzgor. V tej zvezi govorijo o *Stefanovem toku*. Čeprav Stefan te količine ni naravnost vpeljal, je prikrito nastopala v njegovih enačbah.

Stefanov tok postaja vse zanimivejši za meteorologe, ki proučujejo nastanek oblakov, in ga tudi vse pogosteje omenjajo. Ta tok ne nastane namreč le v smeri od gladine kaplevine, ki izhlapeva, ampak tudi v smeri proti gladini kapljevine, ki se utekočinja iz pare. V oblaku, v katerem rastejo kapljice vode ali kristalčki ledu, je Stefanov tok usmerjen proti kapljicam ali proti kristalčkom. Seveda pa so pri tem razmere precej manj pregledne kot pri poskusu v cevki. Pomembno je, da odnaša tok s seboj proti kapljici ali kristalčku drobne trdne delce, ki lebdijo v zraku. Te delce — pomislimo na prah in druge nečistoče — zajamejo kapljice ali kristalčki in jih sperejo iz ozračja, ko padejo kot kaplje dežja ali snežinke na tla. Pojav je znan kot *pometanje* in ima pomembno vlogo pri odstranjevanju nečistoč iz ozračja. Prav zaradi Stefanovega toka je pometanje tako učinkovito.

Elektrika in magnetizem

Ne bi bilo prav, če ne bi vsaj na kratko omenili tudi Stefanovih uspehov v *elektriki* in *magnetizmu*. Od vsega začetka se je Stefan zanimal za teorijska vprašanja. Pozneje pa se je loteval tudi čisto praktičnih zadev iz elektrotehnike, ki se je tedaj že ločila od fizike kot posebna tehnična veja. Te Stefanove usmeritve je bila vsekakor kriva tudi velika mednarodna elektrotehniška razstava na Dunaju leta 1883. Razstava je sledila podobnim razstavam v Londonu, Parizu in Münchnu in je skupaj z njimi uvedla elektrotehniško razdobje v Evropi. Stefan je prevzel ob razstavi velike obveznosti. Sodeloval je pri ustanovitvi avstrijskega elektrotehniškega društva in bil v letih od 1883 do 1886 njegov prvi predsednik. Pomagal je ustanoviti in je kot prvi urednik urejal njegovo glasilo. Predaval je v društvu in bil poleg vsega še predsednik znanstvene komisije mednarodne elektrotehniške razstave. Posebno zadnje mu je jemalo veliko časa, saj se je udeleževal vseh sej in nadzoroval merjenja s stroji in svetili. To se je vleklo po končani razstavi vse do leta 1885.

Že leta 1869 je Stefan napisal razpravo *O osnovnih formulah elektrodinamike*, v kateri je primerjal različne teorije o delovanju vodnikov s tokom drugega na drugega. Kaže, da je z njo uresničil misel iz srednješolskih let. V Dnevnik je namreč zapisal, "da se je prijel Webrove teorije elektrodinamiške in za poskušnjo začel preiskovati, kako da učinkuje sestava elektriških krogov na oddaljeni punkt magnetizma." Omenimo, da je bilo tedaj v navadi obravnavati krajšiče zelo dolge tuljave ali zelo dolgega paličastega magneta kot ločen magnetni pol. Ta način gledanja je prišel pozneje iz navade, ker pač v naravi ne obstajajo ločeni magnetni poli.

Leta 1820 je Oersted odkril, da električni tok povzroči, da se magnetnica v bližini malo odkloni. Poleg odkritja, da podrgnjeni jantar privlači drobna telesa in da magnetni železovec pritegne kose mehkega železa, je Oerstedovo odkritje najbrž najsvetlejši zgled za to, kako pomembno utegne biti najmanjše, popolnoma novo dejstvo. To je bilo čisto eksperimentalno odkritje. Magnetnica v bližini toka se je malo odklonila. To še ne pove, kako velik je bil odklon in v katero smer se je odklonila. Ampak po kratkem času je Biot postavil natančno teorijo tega pojava. Ampère je sklepal, da tudi žici s tokom delujeta druga na drugo. Ko so to potrdili, je na osnovi določenih privzetkov sestavil formulo iz 25 črk. Iz nje je mogoče izračunati delovanje za vso neskončno mnogoterost oblik, lege in gibljivosti obeh tokovnih krogov z enako natančnostjo, kot izračunajo astronomi sončni mrk. To Ampèrovo teorijo so zaradi njene nenavadne ostroumnosti občudovali in dolgo v njej videli edino mogočo teorijo tega delovanja. Zares je že Grassmann, ki je izhajal z drugačnega gledišča kot Ampère, našel drugačno enačbo, ki je dosegla isto. Toda Stefanu je bilo pridržano, da je to zadevo do kraja razjasnil. Proučil je vse predstave, ki si jih je mogoče narediti o medsebojnem delovanju dveh elementov toka, in pokazal, da niti Ampèrova niti Grassmannova teorija ne izčrpata zadeve. V resnici obstaja neskončna

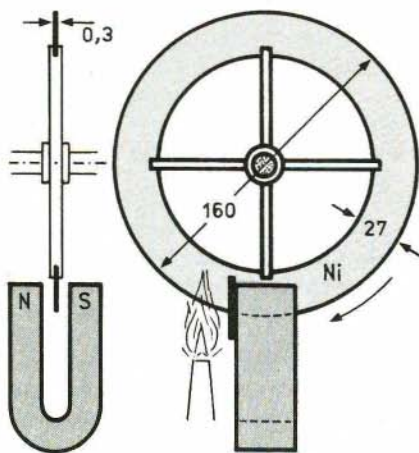
vrsta teorij, ki se vse enako skladajo in katerih posebna primera sta omenjeni teoriji. To ni zmanjšalo velikega pomena Amperovega odkritja, toda ugled stare teorije je le omajalo. Pokazalo se je, da njena pot ne more privedi do enoličnega rezultata in je zato bolje iti po kaki drugi poti. Priprave za to so naredili v Angliji že zdavnaj. Faraday in Maxwell sta to pot že nakazala. Nista se mogla sprijazniti s tem, da obstajata dva električna fluida, katerih deli delujejo drug na drugega na daljavo in katerih učinki se izravnavajo, če sta oba enakomerno zmešana. Maxwell je izhajal iz čisto drugačnih predstav in je razvil čisto novo teorijo elektrike. Privzel je, da elektrika ni fluid, ampak gibalno stanje, ki preide z električnega telesa na nenavadno okolno sredstvo — svetlobni eter. Eter potem izvaja sile na vanj potopljena telesa in ustvari tako videz, kot da bi telesa delovala neposredno druga na drugo na daljavo. Na kontinentu pa so se tako navadili na teorijo o dveh fluidih, da so novim zamislim posvečali le majhno pozornost. Tako je Kirchhoff do konca življenja omenil Maxwellovo teorijo samo mimogrede. Samo dva fizika na celini sta takoj spoznala njen pomen — Helmholtz in Stefan.

L. Boltzmann

Leta 1871 je Stefan v razpravi *O zakonih elektrodinamične indukcije* zapisal tudi enačbo za naraščanje toka v električnem krogu s tuljavo in upornikom, ko ga priključimo na izvir s konstantno napetostjo. Nato je posvetil več razprav magnetnim silam, magnetnim lastnostim železa, trajnim magnetom in nosilnosti magnetov (1871 — 1879).

Leta 1880 je v razpravi *O nekaterih poskusih z induktorjem v zemeljskem magnetnem polju* poročal o izmeničnem toku, ki nastane, ko vrtimo tuljavo v zemeljskem magnetnem polju. Sinusni izmenični tok je tedaj šele vstopal v fiziko, saj je dotlej prevladoval konstantni enosmerni tok.

Trem razpravam v letih 1882 in 1883 je sledila razprava *O izračunavanju indukcijskih koeficientov žičnih navitij* (1883). V njej je Stefan navedel enačbo



Slika 17. Stefanov termomagnetni motor. Gorilnik segreje obroč iz niklja tako, da zgubi magnetne lastnosti. Hladni del obroča sili med pola magneta. Igra se ponavlja in obroč se vrti.

za količino, ki ji danes pravimo *induktivnost*. Enačbo za induktivnost tuljave s kvadratnim presekom še dandanes včasih imenujemo po njem. Pri tem je popravil nekaj Maxwellovih računskih napak.

V razpravi *O spremenljivih električnih tokovih v debelih vodnikih* (1887) je obdelal tako imenovani *kožni pojav* (skin efekt). Visokofrekvenčni tok s svojim magnetnim poljem se sam izrine iz notranjosti vodnika, tako da teče v glavnem po površini vodnika. Stefan ni odkril tega pojava, samo poenostavil je izvajanje enačb, ki jih je za leta 1885 odkril pojav navedel lord Rayleigh. Tedaj so pač šele začeli spoznavati visokofrekvenčne tokove.

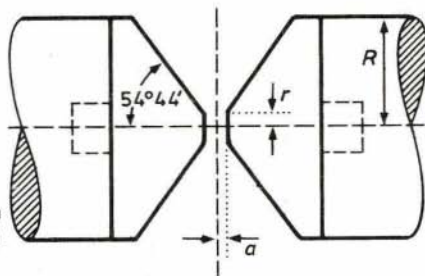
V razpravi *O termomagnetnih motorjih* (1888) je poročal o motorju, v katerem je uporabil obroč iz niklja namesto iz železa. Nikelj namreč zgubi magnetne lastnosti pri temperaturi nad 385°C in je pripravlnejši od železa, ki jih izgubi šele pri temperaturi nad 770°C . Tedaj se je zdelo, da bi utegnili imeti taki motorji (slika 17) praktičen pomen, toda dandanes so zatonili v pozabo.

V razpravi *O doseganju močnih magnetnih polj* (1888) je ugotovil, kako dobiti čim močnejše magnetno polje. Na magnetna pola elektromagneta je treba nataktni čevlja v obliki prisekanih stožcev iz mehkega železa (slika 18). Ta način je v rabi še dandanes.

V razpravi *O električnem nihanju v premih vodnikih* (1890) je J. Stefan obravnaval tok z zelo visoko frekvenco, kakršne so postale zanimive po Hertzovem odkritju radijskih valov. Svojo enačbo za kožni pojav je uporabil za zelo visoko frekvenco in dobil enačbo, ki jo srečamo včasih pod njegovim imenom. Iz razprave je mogoče razbrati, da je Stefan temeljito eksperimentalno preiskal učinke radijskih valov.

V razpravi *O teoriji nihanja razelektrenja* (1890) je povzel po Kelvinu enačbo za lastno frekvenco visokofrekvenčnega toka, ki nastane, ko izprazni mo naelektren kondenzator skozi tuljavo.

V razpravi *O Wheatstonovi določitvi hitrosti elektrike* (1891) je Stefan nasprotoval Wheatstonovemu računu, po katerem se širi elektrika hitreje od



Slika 18. Čevlja na polih magneta, kakršna je predlagal Stefan za zgostitev magnetnega polja.

svetlobe. Opozoril je na mesta, kjer je Wheatstone naredil napake in ugotovil, da se širi elektrika kvečjemu s hitrostjo svetlobe.

Kot zadnjo je oddal v tisk razpravo *O ravnovesju elektrike na plošči in na elipsoidu* (1892).

Omenimo še *Poročilo o merjenjih Znanstvene komisije na dinamo-strojih in električnih svetilkah* iz leta 1886, h kateremu je Stefan prispeval šest razprav (črtkano na sliki 9). Te razprave so obravnavale nihanje toka v dinamo-stroju, merjenje dela z elektrodinamičnim instrumentom, Siemensov wattmeter in merjenja na strojih za izmenični tok. Stefan je opozoril na popravke, ki jih je treba uporabiti pri merjenjih z elektrodinamičnim instrumentom, to je instrumentom z dvema tuljavama, s tokovno in napetostno. Izpeljal je in grafično določil lastnosti omenjenih strojev i uvedel tako imenovano *Stefanovo karakteristiko*.

Po Maxwellovi smrti 1879 se je elektrodinamika le počasi širila. Zanimivo je prebrati, kaj pravi o tem Mihailo Pupin. Po študiju v New Yorku se je namenil podrobno spoznati to novo teorijo. Vendar ne v ZDA ne v Angliji ni bilo nikogar, ki bi jo dobro obvladal. Šele v Berlinu je našel Hermann von Helmholtza. Poleg tega pripisujejo zasluge za razširitev elektrodinamike še Ludwigu Boltzmannu. Navadno ne omenjajo Stefana kot glavnega pobornika elektrotehnike.

Stefan je namreč z raziskav, ki bi jim danes rekli osnovne, predsedal na raziskave, ki bi danes veljale za uporabne. S tem je sicer opravil za Avstro-Ogrsko veliko dela, saj ji je pomagal odpreti vrata za vstop med tehnično razvite države. Vendar je šlo to na škodo Stefanovih drugih raziskav. Upoštevati je treba, da je bil Stefan okoli leta 1883 še tajnik naravoslovnomatematičnega razreda Akademije znanosti, član fakultetnega sveta, direktor fizikalnega inštituta, član komisije za študij eksplozij jamskega plina, leta 1885 še predsednik mednarodne komisije za določitev normalnega tona in je poleg vsega še predaval.

Najbrž je dobil bralec vsaj okviren vtis o Stefanovem delu in o glavnih uspehih v fiziki. Ko premišljujemo o slednjih, si ne moremo kaj, da ne bi videli dveh značilnosti. Stefan je imel nekaj, kar imenujemo v vsakdanjem življenju srečo. Proti vsem pričakovanjem je dobil mesto na fizikalnem inštitutu. Prvi je izmeril toplotno prevodnost plinov, ki so jo drugi zaman poskušali meriti. Na osnovi slabih merenj je odkril zakon o sevanju. Na drugi strani pa je vložil vse svoje zmožnosti in zagrizeno voljo do dela. Razglabljanje o tem, kako bi potekal razvoj, če bi se kaj zasukalo drugače, pa itak ne vodijo nikamor.

Na koncu se poklonimo Stefanovi osebnosti in njegovim uspehom, četudi

nam bodo vse podrobnosti o njih ostale skrite. Če bi želeli iz tega iztisniti kak nauk, ga ne bi mogli lepše, kot ga je Stefanov učenec in naslednik L. Boltzmann:

Samo s tem, da vsakdo nadaljuje delo, kjer in kakor ravno more, se lahko približamo resnici [o naravi].

Dne 7. januarja je za vedno zatisnil oči prvi predsednik našega društva, dvorni svetnik Jožef Stefan. V imenu društva je delegacija odbora položila venec na grob preminulega. Mnogo članov društva je bilo na pogrebu umrlega učenjaka. ... Danes omenjam le njegovo delovanje, ko je bil predsednik elektrotehniškega društva in predsednik tehnično-znanstvene komisije mednarodne elektrotehniške razstave na Dunaju leta 1883. V zadnji funkciji je elektrotehniko posebej obogatil s svojimi raziskavami na področju izmeničnega toka. Šele Stefan je pokazal, kako se mora pravilno meriti izmenični tok.

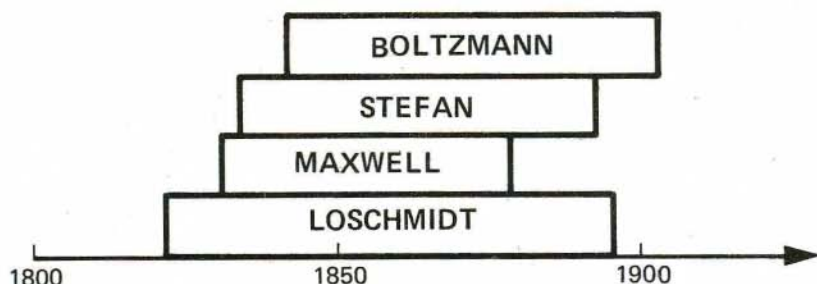
F. Fischer, podpredsednik elektrotehniškega društva,
citirano po J. Bonclju

Dvorni svetnik dr. Josip Stefan, prvi predsednik našega društva, odličen človek, zaslužen raziskovalec in odličen učitelj, je zaradi prerane smrti pred nekaj dnevi moral prenehati s svojo blagodejno dejavnostjo in se je preselil v večnost. Njegovo življenje je bilo, kot pri večini učenjakov, zelo preprosto in skromno. Za znanost pa je bilo izredno plodovito. ... Modro obvladovanje samega sebe in stroga resnicoljubnost sta bili značilni za njegova dejanja in raziskovanja. Sam si je izbral fiziko kot področje svojega delovanja. Njegov živi in nadarjeni duh se je vedno držal neizpodbitne resnice. Ko se je elektrotehnika v Avstriji začela razvijati, je ta učenjak nežne zunanosti z naivnim pogumom stopil na čelo našemu društvu in znanstveni komisiji dunajske elektrotehniške razstave. Redkobesedni profesor, ki se je zdel starejši, kot je bil v resnici, je tedaj dejansko pokazal, da mu pri knjigah ni odmrla sveža dejavnost, marveč da jo je ohranil in da lahko z njo prinaša cvet in sad. Pri obeh nalogah ni poznal utrujenosti. Ni bil samo vodja po naslovu, ampak resnični vodja tistih, ki so ga izbrali. Ni pa pri tem nikdar pozabil, da so ga drugi izvolili na vodilno mesto. Kdor je z njim večkrat in bliže občeval, je spoznal jasnost njegovega duha in čustvovanja, ki je z njo vplival na svojo okolico. Zaradi tega je pri znanstvenem delu tudi z lahkoto mogel primerjati pojave raznih znanstvenih področij. V privatnem življenju pa mu je ta njegov značaj omogočil, da je odklanjal neljube stvari in si svoj svet tako ustvaril, kakor mu je najbolje ugajalo.

Iz Zeitschrift für Elektrotechnik, po J. Bonclju

Za zasluge, ki si jih je pridobil za mednarodno elektrotehniško razstavo, je Stefan dobil viteški red železne krone III. razreda s pravico do dodatka plemiške oznake "von" k svojemu priimku. Za uporabljanje te oznake pa je bilo treba posebej prostiti. Tega ni storil in ostal je do smrti Jožef Stefan.

L. Čermelj



Slika 19. Stefanovi sodobniki:

Joseph Loschmidt (1821 – 1895), študiral v Pragi, prišel leta 1865 na dunajsko univerzo in postal tri leta pozneje profesor (ni imel svojega inštituta, gostoval je na Stefanovem). V okviru kinetične teorije plinov je prvi določil premer molekule. Izhajal je od notranjega trenja ali viskoznosti. V plinu, ki se počasi giblje po cevi, plast ob steni miruje, plast ob osi pa se giblje najhitreje. Do pojava pride, ker prehajajo molekule iz plasti v plast. Tudi viskoznost sodi med transportne pojave.

James Clerk Maxwell (1831 – 1879), študiral v Cambridgu, poučeval na univerzi v Aberdeenu in nato v Cambridgu. Okoli leta 1860 je položil temelje kinetični teoriji plinov. Od leta 1864 do leta 1873 je dal osnovnim zakonom za električno in magnetno polje pregledno matematično obliko. Enačbe so napovedale obstoj elektromagnetnega valovanja s hitrostjo 300 000 km/s. S tem je nakazal, da je svetloba elektromagnetno valovanje. Kot je I. Newton poenotil mehaniko zemeljskih teles in planetov, je Maxwell poenotil elektriko in magnetizem z optiko. Maxwell se je upiral misli, da je elektrika sestavljena iz delcev.

Ludwig Boltzmann (1844 – 1906), študiral na Dunaju, poučeval na univerzah na Dunaju, v Gradcu in v Berlinu. Neodvisno od Maxwella je razvil kinetično teorijo plinov in leta 1871 pojasnil, kako je s pojavi, ki jih ni mogoče obrniti. Tudi ti pojavi lahko potekajo obrnjeno, le da je to skrajno malo verjetno. Leta 1884 je v okviru termodinamike izpeljal Stefanov zakon. Zagovarjal je atomsko zgradbo snovi in s tem izzval nasprotovanje fizikalnega kemika Wilhelma Ostwalda in njegovega kroga.

LITERATURA

M. Adlešič, *Jožef Stefan. Ob stoletnici rojstva slovenskega pisatelja in fizika*. Življenje in svet, 1935.

Profesor fizike Miroslav Adlešič, pisec srednješolskih učbenikov in knjig o svetlobi in barvah ter o zvoku in glasbi je v dvodelnem zapisu poleg znanstvenega dela izčrpno oddelal Stefanovo leposlovno delo.

L. Boltzmann, *Joseph Stefan. Rede, gehalten bei der Enthüllung des Stefan—Denkmals am 8. Dezember 1895* (Govor ob odkritju Stefanovega spomenika 8. decembra 1895), *Populäre Schriften*, Leipzig 1905.

Ludwig Boltzmann, eden izmed velikanov fizike in Stefanov učenec je v govoru ob odkritju Stefanovega spomenika v arkadah dunajske univerze omenil nekatere Stefanove osebnostne lastnosti in orisal njegovo delo.

J. Boncelj, *Jožef Stefan in njegovo delovanje na področju elektrotehnike*. Elektrotehniška prosveta Slovenije, Ljubljana 1960.

Josip Boncelj, profesor elektrotehnike iz Zagreba je za ljubljanski *Elektrotehniški vestnik* po originalnih razpravah podrobno obdelal Stefanova dela o elektriki in magnetizmu in elektrotehniki. Delo je izšlo tudi v obliki knjižice. Iz tega dela sta vzeti slike 14 in 15.

L. Čermelj, *Jožef Stefan. Življenje in delo velikega fizika*, Mladinska knjiga, Ljubljana 1976.

Lavo Čermelj, strokovnjak za narodnostna vprašanja in borec za pravice manjšin, fizik, poljudnoznanstveni pisec in dolgoletni urednik *Proteusa*, častni član Društva matematikov, fizikov in astronomov, je napisal standardni Stefanov življenjepis. V njem je razčlenil Stefanovo leposlovno delo in raziskovalno delo v fiziki; naveden je tudi seznam Stefanovih znanstvenih razprav. Iz tega dela so vzete slike 1, 4, 5 in 6.

F. Smola, *Zum 150. Geburtstag von Josef Stefan, k.k.Hofrat und Professor der Physik an der Universität Wien* (Ob 150. rojstnem dnevu Jožefa Stefana, cesarsko-kraljevega dvorne svetnika in profesorja fizike na univerzi na Dunaju).

F. Smola, častni gradbeni svetnik in glavni tajnik Avstrijskega društva za elektrotehniko, je prispeval krajši zapis ob izidu posebne znamke. Zapis je v marsičem značilen za odnos Avstrijcev do Stefanove slovenske narodnosti. Združenje slovenskih pisateljev v Avstriji je v odprtem pismu poudarilo Stefanovo slovensko narodnost in protestiralo proti temu, da jo je F. Smola preprosto zamolčal.

I. Šubic, *Dr. Josip Stefan, Odlomki iz njegovega dnevnika s skico njegovega življenja in znanstvenega delovanja*. Zbornik Slovenske Matice, Ljubljana 1902.

Nekaj s Stefanovo roko v slovenščini in nemščini napisanih listov iz dnevnika je izročil profesor botanike Fran Jesenko Ivanu Šubicu. Rokopis hrani Narodna in univerzitetna knjižnica v Ljubljani. O usodi preostalega dela dnevnika, ki verjetno ni bil obsežen, ni nič znanega. Stefanovih rokopisov je zelo malo. Mariborska Univerzitetna knjižnica hrani poleg podpisa šest pesmi, ki jih je Stefan poslal Novicam. Ivan Šubic, profesor in prvi ravnatelj obrtne šole, je objavil dnevniške zapiske in jim dodal nekaj svojih spominov na Stefana.



PRESEKOVA KNJIŽNICA ; 24
Izdaja Društvo matematikov, fizikov in astronomov SRS
Odgovorni urednik Edvard Kramar

Janez Strnad

JOŽEF STEFAN — Ob stopetdesetletnici rojstva

Strokovni pregled Marjan Hribar
Jezikovni pregled Ivanka Šircelj
Slike Miha Štalec
Rokopis je natipkala Dušica Boben
Tiskarske korekture Ciril Velkovrh
Urednik Ciril Velkovrh
Natisnila Tiskarna ČGP "Delo"
V Ljubljani 1985
Cena 250.— din
Sofinanciral Inštitut Jožef Stefan

© 1985 Društvo matematikov, fizikov in astronomov SRS — 772

PRESEK — LIST ZA MLADE MATEMATIKE, FIZIKE IN ASTRONOME
13. letnik, šolsko leto 1985/86, številka 5, strani 1 — 64

UREDNIŠKI ODBOR: Vladimir Batagelj (bistrovidec), Danijel Bezek, Andrej Čadež (astronomija), Bojan Golli (tekmovalna — naloge iz fizike), Pavel Gregorc, Bojan Mohar (matematika), Martin Čopič, Andrej Kmet, Jože Kotnik, Edvard Kramar (odgovorni urednik), Gorazd Lešnjak (tekmovalna — naloge iz matematike), Andrej Likar (Presekova knjižnica — fizika), Franci Oblak, Peter Petek (glavni urednik, naloge bralcev, premisli in reši), Dušica Boben (pisma bralcev), Tomaž Pisanski (računalništvo), Tomaž Skulj, Miha Štalec (risbe), Zvonko Trontelj (fizika), Marjan Vagaja, Ciril Velkovrh (urednik, nove knjige, novice).

Dopise pošiljajte in list naročajte na naslov: Društvo matematikov, fizikov in astronomov SRS — Podružnica Ljubljana — Komisija za tisk, Presek, Jadranska c. 19, 61111 Ljubljana, p.p. 64, tel. (061) 265—061/53, št. žiro računa 50101—678—47233. Naročnina za šolsko leto 1985/86 je za posamezna naročila 500.— din, za skupinska naročila pa 400.— posamezna številka 125 din.

List sofinancirajo Izobraževalna, Kulturna in Raziskovalna skupnost Slovenije
Ofset tisk Časopisno in grafično podjetje DELO, Ljubljana

© 1985 Društvo matematikov, fizikov in astronomov SRS — 771

PRESEKOVA KNJIŽNICA

1. Vidav I., JOSIP PLEMELJ – Ob stoletnici rojstva, 1975
3. Prosen M., ASTRONOMSKA OPAZOVANJA, 1978
4. Strnad J., ZAČETKI SODOBNE FIZIKE – Od elektrona do jedrske cepitve, 1979
5. Strnad J., RELATIVNOST ZA ZAČETNIKE, 1979
6. Landau L. D., Rumer J. B., KAJ JE TEORIJA RELATIVNOSTI, 1979
7. Križanič F., UKROČENA MATEMATIKA, 1981
8. Ranzinger P., PRESEKOVA ZVEZDNA KARTA, 1981
9. Strnad J., ZAČETKI KVANTNE FIZIKE – Od kvanta do snovnega valovanja, 1982
10. Kuščer I., ENAJSTA ŠOLA IZ FIZIKE – Čuda se kažejo ob vsakem koraku, 1982
11. Zajc P., TEKMUJMO ZA VEGOVA PRIZNANJA – Zbirka rešenih nalog iz matematike za učence petih in šestih razredov osnovnih šol SR Slovenije, 1982
13. Zajc P., TEKMUJMO ZA VEGOVA PRIZNANJA – Zbirka rešenih nalog iz matematike za učence sedmih razredov osnovnih šol, 1983
14. Zajc P., TEKMUJMO ZA VEGOVA PRIZNANJA – Zbirka rešenih nalog iz matematike za učence osmih razredov osnovnih šol, 1983
16. Šporer Z., OH, TA MATEMATIKA, 1984
18. Curran S., Curnow R., IGRÉ, GRAFIKA IN ZVOKI, 1985
19. Curran S., Curnow R., PRVI KORAKI V BASICU, 1985
20. Lafferty P., UVOD V RAČUNALNIŠTVO, 1985
21. Curran S., Curnow R., UČENJE Z RAČUNALNIKOM, 1985
23. Bajc D., Pisanski T., NAJNUJNEJŠE O GRAFIH, 1985
24. Strnad J., JOŽEF STEFAN – Ob stopetdesetletnici rojstva, 1985
25. Ranzinger P., NAŠE NEBO 1986 – Astronomske efemeride, potresi, umetni sateliti, 1985