

PRESEK

List za mlade matematike, fizike, astronome in računalnikarje

ISSN 0351-6652

Letnik 22 (1994/1995)

Številka 4

Strani 194-199

Janez Strnad:

ALESSANDRO VOLTA – Ob dvestopetdesetletnici rojstva

Ključne besede: Alessandro Volta, fizika, zgodovina fizike, biografije, elektrostatika, Leidenska steklenica, elektrofor, baterija, Voltov stber.

Elektronska verzija: <http://www.presek.si/22/1224-Strnad.pdf>

© 1994 Društvo matematikov, fizikov in astronomov Slovenije

© 2010 DMFA - založništvo

Vse pravice pridržane. Razmnoževanje ali reproduciranje celote ali posameznih delov brez poprejšnjega dovoljenja založnika ni dovoljeno.

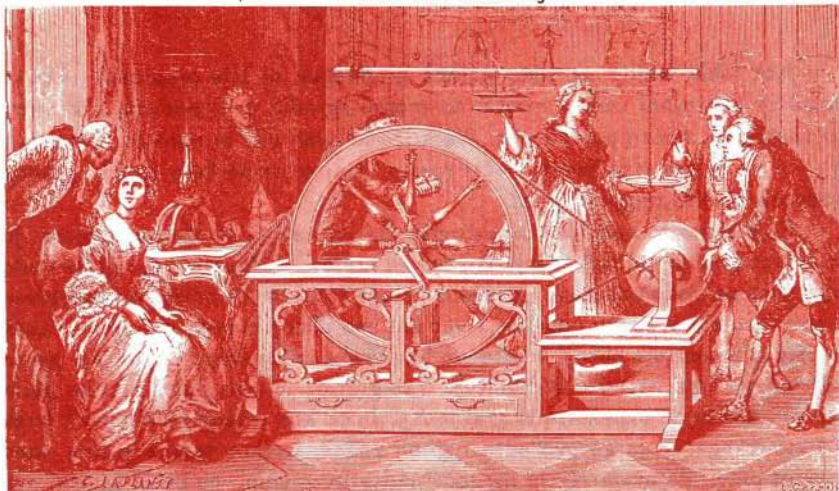
ALESSANDRO VOLTA

Ob dvestopetdesetletnici rojstva

Od enot z imeni fizikov je enota za električno napetost *volt* ena izmed tistih, ki jih uporabljamo najpogosteje. Skrita je tudi v *elektronvoltage* in njegovih večkratnikih, s katerimi merimo energijo v svetu atomov.

Alessandro Volta je bil rojen leta 1745 v Comu. Nekateri poročajo, da je v prvih letih opazno zaostajal za vrstniki, a jih je kot učenec dohitel in prehitel. Pritegnila ga je fizika in devetindvajsetleten je postal učitelj fizike na gimnaziji v domačem mestu in nato tam tudi ravnatelj. Pet let pozneje je prešel kot profesor na univerzo v Pavii. Kraljeva družba - znamenita angleška akademija znanosti - ga je sprejela med svoje člane in ga počastila s Copeleyevo medaljo. Dobil je še druga visoka priznanja. Legijo časti mu je podelil Napoleon, a pozneje je postal senator in grof kraljevine Lombardije. V razgibanem času se je z lahkoto prilagodil vsakokratni oblasti. Umrl je leta 1827 v Comu.

Volto je pritegnila elektrostatika, za katero so se tedaj zanimali fiziki in ki je zbujala tudi splošno pozornost, saj so delali elektrostatične poskuse kar v plemiških in meščanskih salonih (slika 1). Pri tem so uporabljali stroje za elektenje, leidenske steklenice kot kondenzatorje, medeninaste cevi in žice kot vodnike ter steklo, smolo in svilo kot izolatorje.



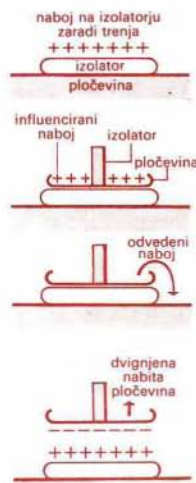
Slika 1. Poskus s strojem za elektenje sredi 18. stoletja. Z velikim kolesom so vrteli stekleno kroglo. Zaradi trenja se je na njej ločil naboj, katerega del je odtekel po kovinskih nitih na vodoravno kovinsko telo. Telo je viselo na svilenih nitih.

V stroju za elektrenje se je počasi vrtela krogla iz stekla, žvepla ali drugega izolatorja. Dotikali so se je s krpo ali kožuhovino in odvajali elektriko z žico ali z roko na kovinsko telo. *Leidensko steklenico* je izumil Ewald von Kleist v letu Voltovega rojstva in leto zatem neodvisno od njega leidenski profesor Petrus von Musschenbroek. Drugo odkritje so objavili glasneje, zato je to dalo napravi tudi ime. Steklena posoda je izolirala eno elektrodo v sebi, npr. slano vodo, od druge, npr. roke, ki je držala posodo. Poskusi so bili včasih kar nevarni. Musschenbroek je dobil na primer tako močan električni udar, "da ga za vse francosko kraljestvo ne bi želel dobiti še enkrat".

Podobne poskuse je delal tudi Volta. Pri njih je leta 1775 odkril *elektrofor* (slika 2). Odkritje je s pismom sporočil Josephu Priestleyu v London; ta ga je objavil v glasilu Kraljeve družbe. V plitev kovinski lonec s premerom okoli 30 cm je vlijl smolo, ki se je strdila v izolatorsko plast. Smolo je podrgnil s kožuhovino, postavil nanjo nekoliko manjši pokrov iz pozlačene deščice s steklenim držalom in s prsti odvedel z njega del elektrike. Če je bila izolatorska plast naelektrena pozitivno, se je v pokrovu ob njej nabrala negativna elektrika in nad njo pozitivna. Na pokrovu je naposled ostala negativna elektrika, če so pozitivno odvedli s prsti. Podobne naprave so si naredili tudi drugi fiziki, vendar jih Volta ni zgolj posnemal, ampak je naprave večče uporabljal "za ustvarjanje" ali bolje za "kopičenje elektrike".

Izdelal je tudi *elektrometer*, s katerim je meril elektriko ali, kot pravimo danes, *naboj*. V stekleni posodici je na kovinsko prečko pritrdil slamici, katerih spodnji krajišči sta se tem bolj odbijali, čim večji naboj se je nabral na prečki. Pozneje so slamici nadomestili s srebrnima nitkama s kroglicama iz bezgovega stržena na spodnjih krajiščih. Leta 1787 je Abraham Bennet uporabil namesto srebrnih nitk zlata lističa. Tak elektrometer so uporabljali še na začetku našega stoletja.

V članku *O kapaciteti električnih vodnikov* je Volta leta 1778 vpeljal kapaciteto in napetost. Naelektreni pokrov elektrofora je približal ozemljeni vzporedni kovinski plošči. Čim bliže sta si bili plošči, tem manjši je bil odklon



Slika 2. Tako dandanes pojasnimo delovanje elektrofora.

slamic v elektrometru, povezanem z zgornjo izmed njiju. "Elektrika je tem laže ušla z zgornje plošče", čim bolj sta bili odklonjeni slamici. Zato je uvedel *napetost* kot količino, ki je bila povezana z uhajanjem elektrike in ki jo je meril z elektrometrom. Zgornja plošča je sprejela tem več naboja, čim bliže sta bili plošči. Z leidenske steklenice je na zgornjo ploščo lahko spravil dodatni naboj, če je prej plošči bolj približal. Mislil si je, da je s približevanjem plošč večal *kapaciteto* zgornje plošče.

Dandanes naredimo poskus s *ploščatim kondenzatorjem* z ozemljeno spodnjo ploščo. Na spodnji plošči se nabere naboj $-e$, ko na zgornjo spravimo naboj e . Med ploščama je napetost U , s katero je sorazmeren naboj, sorazmernostni koeficient je kapaciteta $e = CU$. Kapaciteta je tem večja, čim večja je ploščina plošče S in čim manjši je razmik l med ploščama $C \propto S/l$. Naboj je $e \propto SU/l$ in velja $U_1/l_1 = U/l$, ko zbližamo plošči do razmika l_1 . Naboj na ploščah se namreč ne spremeni, dokler plošči ne prideta v stik s kakim prevodnim telesom. Kapaciteta se poveča na $C_1 \propto S/l_1$. Na kondenzator s povečano kapaciteto spravimo z enako napetostjo večji naboj $e_1 \propto SU/l_1$. Dodatni naboj je $e_1 - e \propto SU/l_1 - SU/l$. Med ploščama je napetost $U_2 = (U/l_1)l_2$, ko ju razmaknemo do razmika l_2 . Enačbe veljajo le, dokler je razmik med ploščama dovolj majhen v primeri z velikostjo plošč. Pri večjem razmiku l_2 zadnja enačba ne velja več.

Glavno Voltovo odkritje je izšlo iz dela njegovega rojaka Luigija Galvanija (1737 do 1798). Kot profesor anatomije na univerzi v Bologni je leta 1791 izdal *Razpravo o silah elektrike pri mišičnem gibanju*. Razprava je povzročila med fiziki, fiziologi in zdravniki tistega časa pretres, ki so ga nekateri primerjali s francosko revolucijo dve leti pred tem. Fiziologi so mislili, da so se uresničile njihove sanje o življenjski sili, in zdravniki, da bo mogoče obujati mrtve in pozdraviti številne bolezni od duševnih motenj preko božjasti do tetanusa. Zato ne preseneča, da se je lotilo poskusov veliko število ljudi.

Galvani je enajst let pred tem kazal v laboratoriju poskuse z žabjimi kraki. Nekdo se je po naključju z nožem dotaknil živca, ko je v laboratoriju deloval stroj za elektrenje. Kraki so ob tem izrazito trznili. Galvani je delal poskuse enajst let, preden je objavil *Razpravo*. Poznavalci so se najprej čudili, zakaj se je Galvani čudil trzanju krakov in namigovali, da morda ne ve dovolj o elektriki. Po njihovih izkušnjah je bilo namreč mogoče z leidensko steklenico vplivati na mišice. V okviru teh poskusov so Galvani in njegovi sodelavci

raziskovali vpliv elektrike v ozračju na žabje krake, ki so jih obesili na železno ograjo. Opazili so, da so trznili, če so se jih dotaknili z drugo kovino. Poskuse so zopet preselili v laboratorij in ugotovili, da so bili trzaji bolj ali manj izraziti glede na to, kateri par kovin so uporabili. Zdaj je bilo začudenje upravičeno.

Toda Galvani je zašel v slepo ulico, ko je žabje krake vztrajno primerjal z naelektreno leidensko steklenico. Živci naj bi ustrezali eni elektrodi, mišice drugi, "živčne opne" pa steklu. Kondenzator naj bi bil naelektren zaradi elektrike, "ki naj bi jo ustvarila žaba, najbrž v možganih". Galvanija je prevzela misel na "živalsko elektriko" in na zdravljenje z njo.

Za poskuse je zvedel leta 1792 Volta in se "vneto, a poln dvoma" lotil ponovitev. Dvom je splahnel, ko so mu po vrsti uspele. Za razliko od Galvanija je Volta meril, saj "kaj lahko fizika naredi, kar ni preračunano na mero in število". Vzel je naelektreno kroglico in odvedel z nje polovico naboja, tako da se je z njo dotaknil enake nenaelektrene kroglice. To je večkrat ponovil in je vsakokrat ugotovil, da so kraki trznili, ko se je s kroglico dotaknil živca, tudi potem, ko elektrometer ni več kazal odklona. Kraki so delovali kot zelo občutljiv elektrometer.

Pozneje je začel nasprotovati Galvanijevi primerjavi krakov z leidensko steklenico. Ugotovil je, da se sploh ni treba s kovino dotakniti živca. Kraki so trznili, ko jih je ovil s tankim kositrnim lističem in položil na srebrn kovanec. Tedaj je spoznal, da trzanje povzroča "gibanje električne snovi po žici", danes pravimo električni tok. Zanimalo ga je, ali različni kovini vplivata tudi na živce, ki so namenjeni prenašanju zaznav. Na jezik je dal listič kositra in položil pod jezik srebrn kovanec. Občutil je kiselkast okus, ko sta se kovini staknili. To je zaznal tudi, ko se je dotaknil jezika z žico, povezano s pozitivno elektrodo stroja za elektrenje. Okus je postal alkalijski, grenek, ko je zamenjal lego kositra in srebra. Sklepal je, da se je obrnil tok. V temi je kovanec dal na oko in ga z bakreno žico povezal z usti. Občutil je dražljaj, kot da bi videl svetlobo.

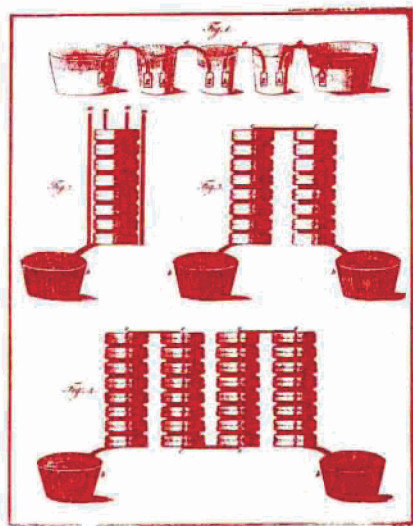
Dognanja je objavil leta 1792. Galvani in njegovi sodelavci so jim nasprotovali, ker se niso skladala z zamislijo o žabjem kraku kot naelektreni leidenski steklenici. Eden izmed njih je Volti očital, da le pogreva poskuse Švicarja Johanna Georga Sulzerja iz leta 1752. Toda Sulzerjeva opazovanja so bila naključna, Volta pa je po izidih pri poskusih zasnoval nove in nove poskuse. Po izdatnosti občutkov pri poskusih z jezikom je razvrstil kovine v vrsto: cink - kositer - svinec - železo - medenina - zlato - srebro - grafit, ki je leta 1794 narasla že na 26 članov. To je bila zasnova prve *napetostne vrste*, ki jo danes uporabljajo v kemiji.

Volta je raziskoval naprej. Vprašal se je, zakaj se pojavi tok v krogu iz dveh kovin in kosa živca ali jezika. Ali ima raztopina v živcu ali jeziku samo vlogo vodnika? Ali nastanejo podobni pojavi v vsakem krogu iz dveh kovin in raztopine ali celo iz kovine in dveh raztopin? Ali nastane sila, ki poganja tok, "elektromotorna sila" ali, kot pravimo danes, *gonilna napetost*, na stiku kovin ali na stiku kovine in raztopine? Zaradi simetrije ni take "sile" na stiku dveh enakih kovin. Iz enakega razloga "sila" na stiku raztopine in kovine uravnovesi "silo" na stiku enake kovine in raztopine.

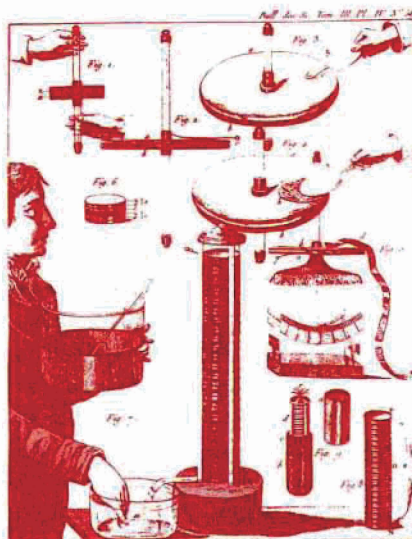
Odgovore na vprašanja je iskal v poskusih, ki jih je delal z apnenim mlekom v kositrni posodi. Posodo je prijel z vlažno roko in pomočil jezik v raztopino ter najprej zaznal kiselkast okus, ki je šele postopoma prešel v alkalnega. Uspel mu je poskus, pri katerem se je z elektrometrom prepričal, da nastane med različnima kovinama "ločilna sila", ki požene "del električne snovi iz ene kovine v drugo". Kovini z izoliranima držajema je ločil in z elektrometrom ugotovil, da ena postane pozitivna in druga negativna. Danes govorimo o tej *kontaktni napetosti* precej previdneje.

Končni uspeh je Volta dosegel leta 1799. Tedaj si pri poskusih ni več pomagal z jezikom, žabjih krakov se je znebil že prej. Naslednje leto je poslal predsedniku Kraljeve družbe Johnu Banksu razpravo *O elektriki, ki se pojavi pri stiku dveh prevodnih snovi različne vrste*. Kovine in druge trdne prevodnike je imenoval *prevodnike prve vrste*, raztopine soli in druge kapljevinske prevodnike pa *prevodnike druge vrste*. Danes druge imenujemo *elektroliti*. V razpravi je opisal napravo, "ki vas bo brez dvoma začudila, a je samo razporeditev večjega števila dobrih prevodnikov različnih vrst".

Uporabil je nekaj deset okroglih ploščic iz bakra, medenine ali srebra, enako velike ploščice iz kositra ali cinka in malo manjše kose usnja, blaga ali papirja, ovlažene z raztopino soli. Na mizo je položil ploščico prve kovine, vlažni listič, ploščico druge kovine, ploščico prve kovine, vlažni listič, ploščico druge kovine in tako dalje. Spodnjo ploščico je dal na leseno podlago in uredil ploščice med lesene palice ter jih po potrebi razporedil na več skupin (slika 3). Odklon elektrometra je bil sorazmeren s številom parov ploščic. Za napravo se je udomačilo ime *Voltov steber* ali v splošnem *baterija*. Baterija dvajsetih do tridesetih parov ploščic ga je stresla, če je z vlažnima rokama prijel prvo in drugo krajšiče (slika 4). Naredil je tudi poskus z ušesom, ki mu prej ni uspel. Zglajeni kovinski ploščici je dal v ušesi in ju povezal z baterijo. Zaslišal je močno prasketanje. Poskus je naredil samo enkrat zaradi morebitnih poškodb. Sestavil je podobno baterijo iz kozarcev z raztopino soli ali apnenim mlekom, ki so jih povezovali prevodniki iz dveh različnih kovin (slika 3).



Slika 3. Voltovi stebri z različnim številom parov plošč (spodaj) in baterija kozarcev (zgoraj).



Slika 4. Naprave in poskusi, ki jih je Volta uporabil na predavanju pred Napoleonom v francoskem državnem inštitutu.

Dotlej so delali elektrostatične poskuse in poskuse s kratkotrajnimi tokovi, odtlej so postali mogoči poskusi s konstantnim tokom. Volta takih poskusov ni več delal. Drugod so tekmovali, kdo bo zgradil večjo baterijo. Nekaj časa je z največjo razpolagala Kraljeva ustanova; baterija je imela dva tisoč parov kvadratnih plošč s stranico 10 cm. Začelo se je obdobje električnega toka, magnetnega polja, indukcije in elektrodinamike. Na drugi strani so izpopolnili *člene* ali *elemente*, ki jih začuda imenujemo po Galvaniju in ne po Volti. Od Daniellovega preko Leclanchéjevega člana in svinčevega akumulatorja sega razvoj do današnje baterije v obliki gumba. Voltovo odkritje je prve velike uspehe prineslo kemiji, v kateri so z elektrolizo odkrili več novih elementov. Najbrž je samo malo pretirano trditi, da je to odkritje "spremenilo svet bolj kot katera koli odločilna bitka ali družbeni preobrat".

Janez Strnad