

PRESEK

List za mlade matematike, fizike, astronome in računalnikarje

ISSN 0351-6652

Letnik **30** (2002/2003)

Številka 1

Strani 34-36

Janez Strnad:

BAROMETRSKO SVETLIKANJE

Ključne besede: fizika, fizikalna zgradba snovi, živo srebro, steklo, elektroni, zatikanje.

Elektronska verzija:

<http://www.presek.si/30/1502-Strnad-svetlikanje.pdf>

© 2002 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.

BAROMETRSKO SVETLIKANJE

Razvoj merilne tehnike omogoča, da tudi o pojavih, ki jih že dolgo poznamo, zvedemo kaj novega. *Barometrično svetlikanje* poznajo tri stoletja in četrt, a šele najnovejša merjenja so razkrila o njem nekaj zanimivih podrobnosti. Čeprav ne gre za pomemben pojav, ga je iz spoštovanja do fizikov preteklosti in do zmogljivosti sodobnih merilnih naprav vredno opisati.

O "barometrični svetlobi" je prvi poročal leta 1676 Jean Picard francoski akademiji znanosti v Parizu. Na mestu, na katerem se je živo srebro umaknilo s steklene stene v cevi, je bilo mogoče zaznati šibko svetlikanje. Picard je poklicno pot menda začel kot vrtnar in postal znan astronom. Izboljšal je zemljevid Francije in izmeril dolžino stopinje na Zemlji. Izračunal je razdaljo med notredamsko cerkvijo v Parizu ter katedralo v Amiensu in ugotovil, da obseg Zemlje meri – v današnjih enotah – blizu 40 tisoč kilometrov. Po njegovi zaslugi je prišel v Pariz danski astronom Ole Rømer, ki je ugotovil, da potuje svetloba s končno hitrostjo.

V letih 1700 in 1701 je povzel razpravo o zanimivem pojavu znani matematik in mehanik Jacob Bernoulli. Potem pojavu dolgo časa niso posvečali posebne pozornosti. To je mogoče pojasniti s tem, da ga nekateri raziskovalci niso mogli ponoviti. Danes vemo, da mora biti živo srebro dobro očiščeno. Če ga pustimo nekaj časa stati na zraku, postane svetlikanje najprej celo izrazitejše, a po daljšem času svetlikanja sploh ni več opaziti.

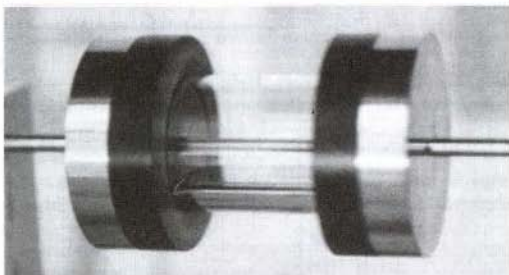
Za podobne pojave so se raziskovalci zanimali, ko so izboljšali vakuum in so začeli raziskovati električni tok po razredčenih plinih. Tako je Heinrich Geissler leta 1868 objavil članek o *Novih izkušnjah na področju svetlobnih pojavov*. Stene vijačne evakuirane cevke so se svetlikale, ko jih je podgrnil s kožuhom ali ebonitom. Barva svetlobe je bila odvisna od ostanka plina v cevi in je bila podobna kot pri električnem toku po plinu. Svetloba je bila pri nižji temperaturi močnejša kot pri višji. Tako so barometrično svetlikanje povezali z elektriko.

Preskočimo čas do leta 1998, ko je raziskovalna skupina s kalifornijske univerze v Los Angelesu, ki so jo sestavljali R. Budakian, K. Weninger, R. A. Hiller in S. J. Putterman, v reviji *Nature* objavila kratek članek *Pikosekundne razelektritve in trenje z zatikanjem ob gibajoči se gladini živega srebra na steklu*. Poskusov se je lotila, ker se je v zadnjih desetih letih povečalo zanimanje za *sonoluminiscenco*. Močan zvok v kapljevini lahko povzroči nastanek drobnih mehurčkov, ki se periodično večajo in manjšajo. Lord Rayleigh je že leta 1917 opazil, da mehurček odda šibek

blisk, ko doseže najmanjši polmer. Novi merilni načini so omogočili, da so pojav podrobneje raziskali. Raziskovalci so bili presenečeni, da so bliski zelo kratkotrajni. Omenjeno skupino je zanimalo, ali so podobno kratkotrajni tudi bliski pri barometriškem svetlikanju.

Valjasto stekleno posodico so počasi vrteli okoli vodoravne geometrijske osi (slika 1). V posodici je bilo malo živega srebra in nad njim neon ali kak drug plin pri znižanem tlaku. Živo srebro so skrbno prečistili in ga pred poskusom še posebej pustili kapljati skozi aceton. Svetlobo ob gladini na steni cevi so opazovali s televizijsko kamero. Poleg tega so s hitrim katodnim osciloskopom zasledovali časovni potek napetosti na drobnem kondenzatorju, ki je bil nameščen z zunanje strani posodice ob gladini. Kot kondenzator so uporabili kar kratek odsek koaksialnega kabla, ki so mu odstranili polovico zunanjega vodnika. Svetlobo so merili še s fotopomnoževalko, ki je lahko sledila hitrim spremembam.

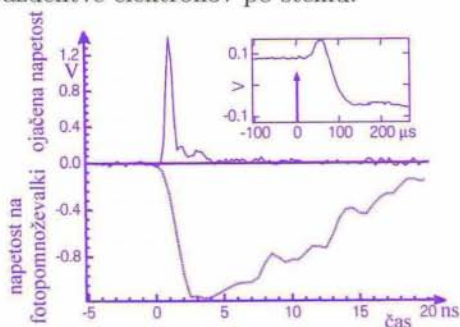
Slika 1. V 5 cm dolgi stekleni cevki z zunanjim premerom 2 cm je bilo malo živega srebra in neon pri tlaku 450 milibarov. Vrtljaj je trajal 12 s. S prostim očesom je mogoče videti (rdečkasto, za neon značilno) svetlobo, ki jo seva stena cevke in tesnilo iz plastične mase.



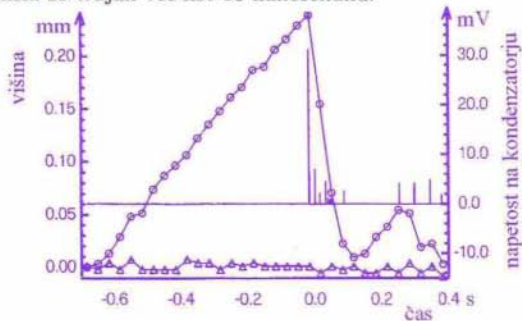
Ugotovili so, da oddaja centimetrski odsek gladine svetlobo z močjo $2 \cdot 10^{-8}$ W, kar je zlahka mogoče opazovati s prostim očesom. Svetlobo sestavljajo kratkotrajni bliski. Trajajo nekaj več kot 10 nanosekund (1 nanosekunda je milijardina sekunde, 10^{-9} s, pikosekunda je tisočina nanosekunde, 10^{-12} sekunde). Sunki električne napetosti trajajo precej krajši čas, manj od 1 nanosekunde. Gladina pa se vrne v začetno lego po precej daljšem času (slika 2).

Pojav so pojasnili s prehodom elektronov iz živega srebra na steklo. S kvadratnega milimetra površine živega srebra ob dotiku s steklom preide kak milijon elektronov. Steklo se naelektri negativno, živo srebro pa pozitivno. Zaradi električne sile gladina živega srebra lepi na steklu in mu sledi, ko se dviga steklena stena posodice. Nenadoma pa elektroni preidejo nazaj s stekla k živemu srebru (slika 3). Zelo kratkotrajni sunek električne napetosti spremlja kratkotrajen blisk in gladina živega srebra se po precej daljšem času zniža, ker je električna sila prenehala delovati. Če so gladino živega srebra obsevali z močno ultravijolično svetlobo, ki

je pri fotoefektu izbijala elektrone iz živega srebra, ni bilo svetlikanja. Zaradi obilice elektronov se je sproti izravnal naboj, ni bilo električne sile med živim srebrom ter steklom in živo srebro ni lepilo na steklu. Posamezni bliski so si sledili po naključju. Za zdaj ni mogoče pojasniti, kako so elektroni z živega srebra prešli na steklo, prav tako še ne moremo pojasniti porazdelitve elektronov po steklu.



Slika 2. Zgornji diagram kaže časovni potek napetosti na kondenzatorju, ki so ga zasledovali s hitrim osciloskopom. Napetostni sunki so trajali del nanosekunde. Manjši diagram kaže časovni potek višine gladine, ki se je po blisku (puščica) v približno 100 mikrosekundah (1 mikrosekunda je 1000 nanosekund) vrnila v začetno lego. Spodnji diagram kaže časovni potek gostote svetlobnega toka v blisku, ki ga je dala fotopomoževalka. Bliski so trajali več kot 10 nanosekund.



Slika 3. S televizijsko kamero so zasledovali višino gladine na ozkem delu cevi z dušikom pri tlaku 150 milibarov. En vrtljaj je trajal 12 s. Krožci kažejo, da se je najprej gladina dvigala, kot se je dvigala steklena stena, nato pa je zdrknila nazaj. Trikotniki kažejo, da se pri obsevanju z močno ultravijolično svetlobo gladina živega srebra ni dvignila. Desna stran diagrama kaže sunke napetosti na kondenzatorju ob zunanji steni posodice.

Zatikanje, pri katerem telesi lepita drugo na drugem, nato pa zdrsneta, je značilno za *trenje z zatikanjem*. Preiskani pojav utegne pomagati pri razlagi takega trenja.