

PRESEK

List za mlade matematike, fizike, astronome in računalnikarje

ISSN 0351-6652

Letnik 24 (1996/1997)

Številka 5

Strani 280-284

Janez Strnad:

STO LET ELEKTRONA

Ključne besede: novice, fizika, zgradba snovi, elektroni, osnovni naboj, Joseph John Thomson.

Elektronska verzija: <http://www.presek.si/24/1306-Strnad.pdf>

© 1997 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.

STO LET ELEKTRONA

Leta 1995 je poteklo sto let od odkritja rentgenske svetlobe, 1996 sto let od odkritja radioaktivnosti in 1997 sto let od odkritja elektrona. Med seboj povezana odkritja so prispevala k nastanku današnje fizike.

Misel, da je snov sestavljena iz delcev, izvira iz kemije. Fizikom se je govorjenje o atomih spočetka zdelo preveč ohlapno. V drugi polovici prejšnjega stoletja pa so za velikost atomov dobili ocene, ki so se čedalje boljje ujemale, in so atome sprejeli v fiziko. Najprej so jih imeli za nespremenljive in nedeljive, a odkritje radioaktivnosti je pokazalo, da se atomi enega elementa lahko spremenijo v atome drugega elementa. Že prej je odkritje elektrona nakazalo, da so atomi sestavljeni iz naelektrenih delcev. To misel so fiziki razvijali do današnjih dni in pri tem odkrili veliko novih delcev. Nekatere od teh so imeli najprej za nesestavljene, pa se je pokazalo, da niso taki. Toda elektron, ki so ga odkrili prvega, še danes velja za nesestavljenega. Je najstarejši *osnovni delec*.

Z odkritjem Voltove baterije so fiziki lahko raziskovali stalni električni tok. Najprej so od tega pridobili kemiki. Tok so speljali skozi raztopine soli in pri *elektrolizi* odkrili nekaj novih elementov. Michael Faraday, eden od najuspešnejših eksperimentatorjev, je leta 1824 spoznal, da iz raztopine soli enak naboj izloči kilomol katerega koli enovalentnega elementa. Ob tem je razmišljal o naboju iona, to je naelektrenega delca, ki potuje po raztopini. Vendar si tedaj o pojmih atoma in molekule še niso bili čisto na jasnem.

Leta 1874 je George Johnstone Stoney prvi ocenil velikost naboja enovalentnega iona in je ta naboj imenoval *elektron*. Z imenom je posegel v prazgodovino elektrike. Tako so imenovali jantar, za katerega je bilo znano, da privlači lahke koščke nekaterih snovi, če ga podrgnejo. Stoney je poskušal pojasniti sevanje svetlobe z gibanjem naelektrenih delcev v atomu. Razmišljal je celo o gibanju po elipsi, a misli ni dalje razvil.

Poleg toka po raztopinah soli so raziskovali tudi tok po razredčenih plinih. Heinrich Geissler je razvil črpalko, s katero je izsesal zrak iz steklenih cevi, da je padel tlak pod tisočino navadne vrednosti. Po ceveh je pognal električni tok in opazoval, kako se je svetil plin in kristali v cevi. Sodeloval je s fizikom Juliusom Plückerjem in Johannom Wilhelmom Hittorfom. Prvi je leta 1858 opazil, da izhaja pri dovolj nizkem tlaku preostalega plina iz katode, to je negativne elektrode v cevi, raven svetleč pramen. Drugi je čez deset let skoval ime *katodni žarki*. Pozneje je opazil, da so se žarki ukrivili, ko je cevi približal magnet.

V Angliji je William Crookes delal poskuse, ne da bi vedel za nemške poskuse. Na nasprotni strani katode, kjer so katodni žarki zadeli cev, se je steklo zelenkasto svetlikalo. Tam je nastala povečana senca križa iz sljude, ki ga je postavil na pot katodnim žarkom. Žarki so stalili košček platine, ki so ga zadeli na svoji poti. Po tem je Crookes sodil, da so katodni žarki negativno naelektrene molekule.

Ali niso morda katodni žarki valovanje? Dilemo – ali delci ali valovanje – so si fiziki postavili že o svetlobi. Tedaj se že vedeli, da je svetloba elektromagnetno valovanje. Dokler se še niso navadili na pojem električnega in magnetnega polja, so pri tem mislili na mehanično valovanje po etru, nekakšni zelo rahli snovi.

Heinrich Hertz se je leta 1883 tako vprašal o katodnih žarkih. Okoli njih bi se moralo pojaviti magnetno polje kot okoli toka po žici, če bi jih sestavljali hitri naelektreni delci. Polja ni zaznal, ker je imel premalo natančen merilnik. Zaradi tega, ker mu ni uspelo dovolj znižati tlaka, tudi ni ugotovil, da bi naelektreno telo odklonilo katodne žarke. Zato je imel katodne žarke za valovanje. Na to ga je napeljala tudi ugotovitev, da predrejo katodni žarki tanko plast snovi. Njegov učencem Philipp Lenard je podrobneje raziskal oslabitev žarkov pri prehodu skozi tanke kovinske lističe. Opazil je, da telo dobi negativni naboj, če prestreže katodne žarke. Kot Hertz se je nagibal k misli, da so katodni žarki valovanje etra, poleg tega je okleval z objavo izidov merjenj.

V Angliji je leta 1890 Arthur Schuster izmeril odklon katodnih žarkov v prečnem magnetnem polju. Po odklonu v znanem magnetnem polju je mogoče sklepati na specifični naboj, to je na kvocient naboja in mase. Schuster je za specifični naboj dobil približno 10^{11} As/kg (tedaj so uporabljali druge enote). Specifični naboj ionov pri elektrolizi je bil tisočkrat manjši. To bi pomenilo, da imajo katodni žarki tisočkrat manjšo maso od ionov, če imajo enako velik naboj. Ta misel se mu je zdela nesprejemljiva. Domneval je, da postanejo katodni žarki ob trkih z molekulami v ostanku plina zelo počasni in se zato precej odklonijo.

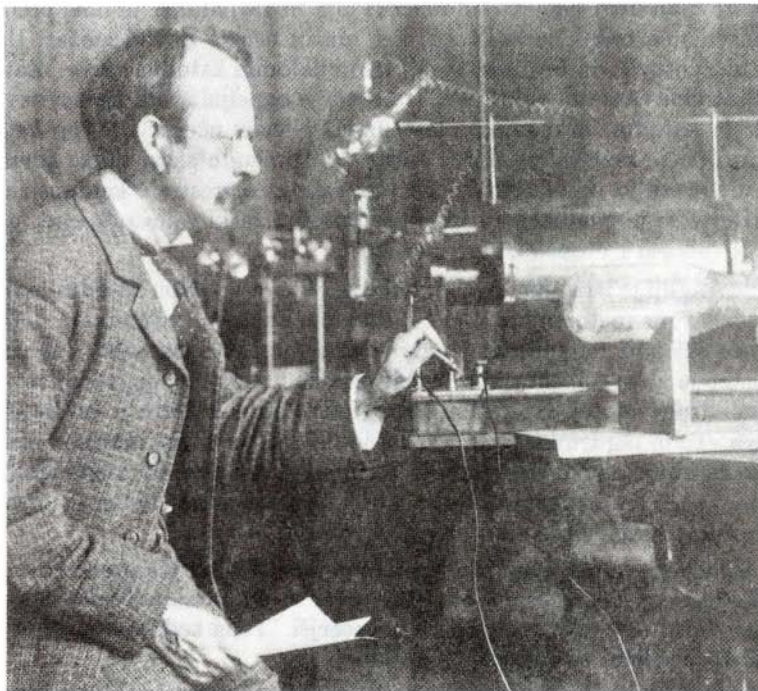
Schusterjeva merjenja je v Nemčiji ponovil Walter Kaufmann in prišel do enakega specifičnega naboja. Prepričal se je, da zaradi trkov z molekulami žarki ne postanejo znatno počasnejši. Toda tudi njemu se je zdel tolikšen specifični naboj nesprejemljiv.

Leta 1896 je na Nizozemskem Pieter Zeeman raziskoval svetlobo, ki so jo sevale natrijeve pare v magnetnem polju. S tem je nadaljeval raziskovanja Michaela Faradaya, ki je iskal in našel vpliv magnetnega polja na svetlobo. Zeeman je s spektroskopom razstavil izsevano svetlobo na sestavine z določeno valovno dolžino in ugotovil, da so se spektralne

črte v magnetnem polju razširile. (Danes vemo, da se črte razcepijo na več bližnjih črt.) Zeemanov učitelj Hendrik Antoon Lorentz je pojasnil to z vplivom magnetnega polja na gibajoče se naelektrene delce. Pravo razširitev je dobil, če je za specifični naboj upošteval podatek za katodne žarke.

Poskuse s katodnimi žarki je delal tudi Francoz Jean Perrin. Leta 1895 je ugotovil, da naelektreno telo zgubi naboj, če prestreže katodne žarke. Negativno naelektreno telo je odbijalo katodne žarke. Izmeril je odklon katodnih žarkov v magnetnem polju, a je odlašal z objavo.

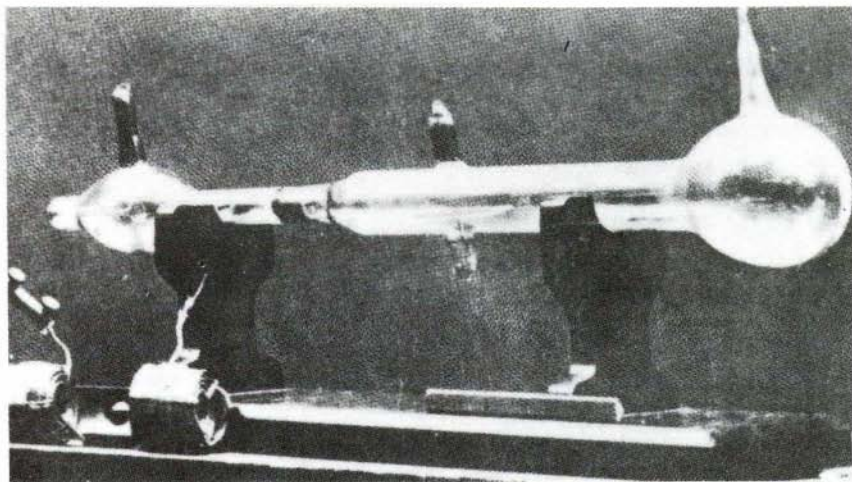
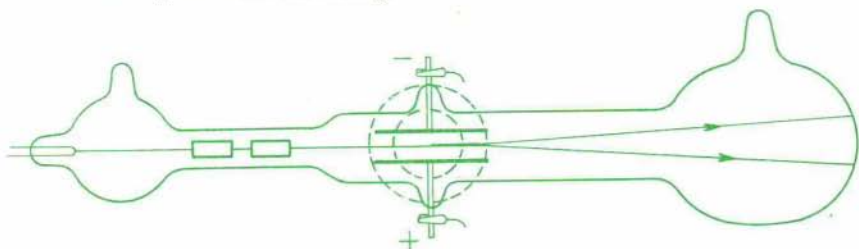
Nemec Johann Emil Wiechert je leta 1897 na javnem predavanju naredil nekaj poskusov s katodnimi žarki. Po odklonu v magnetnem polju je sklepal, da imajo katodni žarki okoli tisočkrat manjšo maso kot vodikovi ioni.



Slika 1. Joseph John Thomson ob cevi za katodne žarke v Cavendishevem laboratoriju. Sodelavci so ga klicali Džej Džej.

Joseph John Thomson (slika 1) je na javnem predavanju 30. aprila 1897 v londonski Kraljevi ustanovi izvajal poskuse s katodnimi žarki.

Elektroda se je negativno naelektrila, ko je z magnetnim poljem usmeril nanjo katodne žarke. Nato je najprej žarke odklonil z magnetnim poljem in nato z dodatnim električnim poljem odklon izravnal (slika 2). Za specifični naboj je dobil nekaj več kot 10^{11} As/kg. Po tem je sklepal, da sestavljajo katodne žarke delci, ki sta jih Zeeman in Lorentz zasledila pri sevanju svetlobe v atomih. Imenoval jih je *korpuskule* po latinski besedi za delce. Pozneje je še natančneje izmeril njihov specifični naboj in izračunal maso s privzetkom, da imajo enako velik naboj kot vodikovi ioni. S časom se je po Lorentzevem predlogu kljub Thomsonovemu nasprotovanju uveljavilo ime elektron, ki ga Stoney prej predlagal za to, kar danes imenujemo *osnovni naboj*.



Slika 2. Cev, s katero je J. J. Thomson pred sto leti naredil odločilni poskus s katodnimi žarki. Zgornja risba kaže kondenzator, katerega električno polje je odklonilo žarke navzdol, in obris tuljave, katere magnetno polje iz ravnine papirja je odklonilo žarke navzgor. Žarki se niso odklonili, ko sta bili vključeni obe polji.

Za odkritelja elektrona velja Joseph John Thomson in za datum odkritja 30. april 1897. Več imen smo omenili, da se je bralec lahko prepričal, kako je v resnici odkritju botrovalo večdesetletno delo številnih fizikov. Schuster je prvi omenil zelo velik specifični naboj. Wiechert je prvi zagotovil, da imajo katodni žarki enako velik naboj kot vodikovi ioni. Drugi, tudi tisti, ki so zaradi negotovosti oklevali z objavo svojih izidov ali so se oprijeli zgrešene misli, da gre za valovanje, so pomagali izpopolniti merilno tehniko. Najbrž je Joseph John Thomson naredil odločilni korak in ni narobe, če navedemo njegovo ime, ko je treba imenovati enega samega odkritelja. Enako res pa je, da s tem naredimo krivico fizikom.

Joseph John Thomson je dosegel več drugih uspehov. Rojen je bil leta 1856. Najprej je želel postati inženir, a se je premislil in končal študij fizike na univerzi v Cambridgeu. Komaj sedemindvajsetleten je tam postal vodja Cavendishevega inštituta in ga je uspešno vodil do leta 1919. Umrl je leta 1940 in je pokopan v westminstrki katedrali ob Newtonu.

Thomson si je zamislil prvi model atoma. Atom naj bi sestavljal pozitivni naboj, v katerem naj bi bila zbrana domala vsa masa atoma. Po njem naj bi bili razporejeni elektroni kot rozine v potici in bi nihali okoli ravnovesnih leg.

Pozneje se je Thomson posvetil raziskovanju kanalskih žarkov, to je pozitivnih ionov, ki v cevi s tokom po razredčenem plinu uhajajo skozi tanek kanal v katodi. Z odklanjanjem v električnem in magnetnem polju je natančno določil njihovo maso in ugotovil, da imajo ioni istega elementa lahko različno maso. Tako je odkril *izotope*, ki so jih že prej spoznali pri radioaktivnih elementih. Njegovi učenci so izpopolnili masno spektrometrijo, kakor imenujemo natančno merjenje ionskih mas.

Leta 1906 je dobil Nobelovo nagrado za "teoretično in eksperimentalno raziskovanje električnega toka v plinih". Enako nagrado je dobilo pozneje tudi sedem njegovih nekdanjih sodelavcev. Leta 1937 je dobil nagrado tudi njegov sin George Paget Thomson. To ni edini primer, da sta dobila nagrado oče in sin. Vendar je edini primer, da je sinovo odkritje "nasprotovalo" očetovemu. Oče je z merjenjem ugotovil, da so elektroni v katodnih žarkih delci, sin pa se je prav tako z merjenji prepričal, da kažejo elektroni lastnost valovanja. Nagrado je dobil za "eksperimentalno odkritje uklona elektronov na kristalih". To ni bilo valovanje, o kakršnem so razmišljali Herz in somišljeniki, ampak del nove – kvantne – mehanike.