



FIZIKA

Tesla i fizika

Vladimir Paar¹, Zagreb

Uvod

Nikola Tesla je bio počasn član Hrvatske akademije znanosti i umjetnosti (tada pod nazivom Jugoslavenske akademije znanosti i umjetnosti) u Zagrebu gotovo pola stoljeća, od 1896. do 1943. godine. U Akademijinom Ljetopisu Tesla se navodi kao "izumitelj i fizičar". U to doba elektrotehnika još nije bila posebna znanstvena i stručna disciplina, nego je pretežno još smatrana dijelom fizike. Krajem 19. stoljeća tek su vođene rasprave o statusu elektrotehnike u okviru fizike. Rezultat tih rasprava bilo je izdvajanje elektrotehnike kao posebne znanstvene discipline. No treba reći i to da Tesla nije bio samo začetnik ideja i genijalni konstruktor elektrotehničkih uređaja, nego se isticao i znanjem teorijske fizike na polju klasične elektrodinamike, što mu je omogućilo da predvidi, izvede i izračuna djelovanje mnogih svojih izuma.

Svoju ljubav prema fizici pokazivao je još tijekom školovanja u Lici i Karlovcu. Pritom je posebno naglašavao važnost koju je za njegovu kasniju karijeru imala vrlo kvalitetna nastava fizike u školi. Upravo na nastavi fizike duboko se zainteresirao za elektricitet i magnetizam, a profesori su poticali njegovu istraživačku maštu. U svjetskoj znanstvenoj povijesti zauzeo je visoko mjesto svojim izumima iz elektrotehnike, ponajprije velikim brojem izuma i patenata u vezi izmjenične struje. No što je s njegovim otkrićima iz fizike? Tesla se odlikovao impresivnom kreativnošću i znanjem eksperimentalne fizike, koje je bilo i ispred teorijskih znanja tog vremena.

Fizikalna jedinica Tesla (T)

Jedinica	Znanstvenik po kojemu nosi ime
Newton (N)	Isaac Newton (1643.-1727.)
Pascal (Pa)	Blaise Pascal (1623.-1662.)
Joule (J)	James Joule (1818.-1889.)
Watt (W)	James Watt (1736.-1819.)
Hertz (Hz)	Heinrich Hertz (1857.-1894.)
Coulomb (C)	Charles Coulomb (1736.-1806.)
Volt (V)	Alessandro Volta (1745.-1827.)
Ohm (Ω)	Georg Ohm (1789.-1854.)
Siemens (S)	Werner Siemens (1816.-1892.)
Henry (H)	Joseph Henry (1797.-1878.)
Farad (F)	Michael Faraday (1791.-1867.)
Weber (Wb)	Wilhelm Weber (1804.-1891.)
Tesla (T)	Nikola Tesla (1856.-1943.)

Tablica 1. Međunarodni sustav jedinica i znanstvenici po kojima su nazvane.

¹ Autor je akademik Hrvatske akademije znanosti i umjetnosti, redoviti profesor teorijske fizike na fizičkom odsjeku, Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Zagrebu, <http://www.hazu.hr/paar/>.

Međunarodni sustav fizikalnih jedinica uključuje trinaest izvedenih jedinica, koje su nazvane po istaknutim svjetskim znanstvenicima (tablica 1).

Po Tesli, jedinom suvremeniku 20. stoljeća, nazvana je jedinica za magnetsko polje. Ta jedinica može se godišnje naći na milijune puta u znanstvenim i stručnim publikacijama, a daljim razvojem znanosti i tehnologije jedinica, sve više i više će se upotrebljavati.

Tesla – prethodnik mnogih važnih otkrića i izuma

Dok je na području izmjenične struje dobio nedvojbeno svjetsko priznanje i priznati prioritet, na nizu drugih otkrića bio je prethodnik, a što dosad nije adekvatno valorizirano u svjetskoj znanstvenoj povijesti. Tesla je idejni začetnik izuma, kao što su na primjer: vakuumska cijev, fluorescentna svjetiljka, sateliti u geostacionarnoj orbiti, daljinsko upravljanje radiovezom, ionozirana plazma, robot, logički sklop “AND”, radar, oružje na zrake, televizija, krstareći projektili, kriogene tekućine i elektricitet, zrakoplov s vertikalnim uzlijetanjem, svjetski sustav za povezivanje komunikacija u jedan globalni sustav (internet) itd. Navedimo samo dva primjera njegove pionirske uloge. Prvi je iznio ideju televizora. Zanimljivo je, kako sam tumači, porijeklo te ideje. U djetinjstvu su mu se prividale slike, često praćene jakim bljeskovima svjetlosti koje su mu mutile pogled na stvarne predmete i utjecale na misli i djela. Kad bi čuo neku riječ, pojavila bi se živa slika predmeta koja se opisivala u njegovoj viziji. Ponekad nije mogao razlučiti da li je ono što vidi opipljivo ili nije. Potaknut time, smatrao je da te slike izaziva refleksno djelovanje mozga na mrežnicu. Razmišljao je ovako: ako je to objašnjenje točno, na ekranu bi se mogla projicirati slika bilo kojeg predmeta i učiniti je vidljivom. Bio je uvjeren da je “takvo čudo”, koje je nazvao televizijom, moguće, i da će se ostvariti u budućnosti. No treba reći da su već i ranije slike bile prenošene električnim kabelima. Drugi zanimljiv detalj iz njegovog bogatog stvaralaštva je ideja radara. Još na prijelazu iz 19. u 20. stoljeće Tesla je imao jasnu ideju radara za detekciju zrakoplova. Tek tijekom I. svjetskog rata, prijedlog za konstrukciju radara iznio je vladi SAD-a. Taj je prijedlog trebala valorizirati posebna Vladina komisija, kojoj je na čelu bio slavni američki izumitelj i najljući Teslin suparnik, Edison. Nastojeći napakostiti Tesli, odbacio je njegov prijedlog kao nerealan, i tako odgodio otkriće radara za više od dva desetljeća. Najintrigantnija pitanja u vezi ključnih Teslinih fizikalnih otkrića su da li je prvi : 1) otkrio elektron; 2) otkrio rendgenske zrake; 3) napravio i upotrijebio laser i 4) otkrio kozmičke zrake? Osvrnimo se na ova pitanja.

Tesla i otkriće elektrona

Godine 1891. objavio je rezultate svojih pokusa s električnim izbojem u vakuumskoj cijevi i to tumačio kao posljedicu djelovanja električki nabijenih čestica. Na taj članak oštro je reagirao engleski fizičar J. J. Thomson i objavio članak u kojem je osporio Teslin rezultat. Šest godina kasnije upravo je Thomson pokusom u magnetnom polju nedvojbeno dokazao postojanje takvih čestica i nazvao ih elektronima. Za to otkriće dobio je Nobelovu nagradu za fiziku, a da pritom nigdje nije spominjao da je tu ideju ranije iznio i Tesla! Kao što je Thomson prešutio Teslinu ulogu u otkriću elektrona, tako je to kasnije učinila i svjetska znanstvena povijest.

Tesla i otkriće rendgenskih zraka

Prema nekim izvorima, prvi je otkrio *nove zrake*, koje su kasnije dobile ime rendgenske zrake. Godine 1894. u svojim pokusima otkrio je da na fotografskim pločama pokraj katodne cijevi dolazi do oštećenja. Odmah je posumnjao da u katodnoj

cijevi nastaje neko posebno zračenje. No početkom 1895. godine izgorio je Teslin laboratorij i uništio sav materijal i opremu, što ga je onemogućilo u radu na neko vrijeme. U isto vrijeme (8. studenog 1895.) Röntgen je objavio svoje otkriće novih zraka. Može se postaviti pitanje nije li znao za Tesline rezultate, jer je više ljudi znalo za njegovo neobjavljeno otkriće. U svakom slučaju, čini se da je Tesla prvi otkrio rendgenske zrake. U prilog tome govori činjenica da je samo tri mjeseca nakon Röntgena objavio prvi od niza članaka o *novim zrakama* i iznio detalje tehnike njihovog dobivanja. Za dobivanje takvih rezultata trebalo je dulje vrijeme i moglo ih se postići samo opsežnim ranijim istraživanjima. Tesla je 8. 6. 1896. opisao izvor rendgenskih zraka kao mjesto na kojemu katodne zrake prvi put padaju na prepreku. Ta prepreka može biti staklena stijenka vakuumske cijevi ili metalna ploča postavljena u cijev. To je bilo karakteristično i zakočno zračenje, ali u vrijeme Teslinih pokusa, i još godinama kasnije, ta pojava nije bila poznata u fizici. Što se tiče čestičnog karaktera rendgenskih zraka, one zaista pokazuju i čestična svojstva, ali to nisu čestice tvari, kao što je mislio Tesla, nego fotoni, kvanti energije elektromagnetnog zračenja visokih frekvencija. Njegova tvrdnja da su rendgenske zrake brže od katodnih je točna, jer se rendgenske zrake gibaju brzinom svjetlosti.

Nove informacije o Teslinom radu na rendgenskim zrakama pojavile su se 2000. godine objavljivanjem djelomično tipkanih rukopisa s njegovih predavanja iz 1897. godine održanih u *New York Academy of Sciences*, kao i iz dva njegova izvorna članka iz iste godine. U tom, do sada nepoznatom, rukopisu opisuje kako je godinu prije Röntgena otkrio rendgenske zrake i neke zagonetke time postaju jasnije. Teslino nezavisno otkriće rendgenskih zraka, za razliku od Röntgenovog, primarno se zasnivalo na izvorima koji su stvarali rendgenske zrake pretežno procesom zakočnog zračenja, dok je Röntgen upotrijebio izbojnu cijev s plinom koristeći lavinu elektrona. Tesline hladne vakuumske cijevi najbolje su radile s visokim vakuumom. Njegov pristup prethodio je današnjem načinu u visokoenergetskim čestičnim akceleratorima. Godinama je bio ispred svog vremena, jer kvantno mehanička teorija, nužna za razumijevanje Teslinih izvora, pojavila se tek nakon više od četvrt stoljeća. Na temelju tih saznanja slijedi da je Tesla otkrio rendgenske zrake prije Röntgena. Također je kasnijim radom prvi otkrio niz njihovih svojstava. Da u kritičnom trenutku nije došlo do požara u Teslinom laboratoriju, te bi se zrake danas zasigurno zvale Tesline zrake i vjerojatno bi Tesla bio prvi nobelovac za fiziku.

Teslino zračenje i kozmičke zrake

Jedna od nerazriješenih enigmi Teslinih fizikalnih istraživanja odnosi se na Teslino zračenje. On je upotrebljavao termin “radiations” tijekom više od 40 godina i to je bila jedna od njegovih glavnih preokupacija tijekom 20. stoljeća. Nakon 1899. godine gotovo potpuno je prestao objavljivati u znanstvenim časopisima i komunicirati sa znanstvenom javnošću, a okrenuo se popularnim i stručnim predavanjima, intervjuima i nastupima u medijima. Dijelom je to bila posljedica toga što su njegovo eksperimentalno znanje i vještine bile izuzetno visoke razine za tadašnje vrijeme, da je bilo teško uspostaviti kreativni odnos s teorijskom znanosti, a koju niti sam nije dovoljno pratio. S druge strane, ponašajući se sve više kao čudak, gubio je vjerodostojnost u znanstvenim krugovima. Zato je teško rekonstruirati značaj i doseg njegovih istraživanja na područjima fundamentalnih istraživanja koja su bila izvan okvira prijavljenih patenata.

Otkriće Teslinog zračenja i sam je smjestio u 1897. godinu. Tada je bio uvjeren da je u svojim pokusima dokazao prisustvo tog zračenja. Nekoliko godina kasnije prijavio je patent u kojemu je predložio metodu za korištenje tog zračenja. Prema Tesli, izvor tog zračenja je svemirski prostor, ali ga je također moguće dobiti u vakuumskoj cijevi. To zračenje: a) se sastoji od čestica “infinitesimalne” veličine (tzv. Tesline čestice), koje nose mali pozitivni naboj – fragment elementarnog naboja; b) prodire kroz tvar skoro bez interakcije; c) može se gibati brzinom većom od brzine svjetlosti; d) može inducirati radioaktivnost jer destabilizira atomsku jezgru na koju nalijeće; e) dolazi na Zemlju iz svemira iz svih smjerova; f) emitiraju sve zvijezde, pa tako i Sunce. Teslino zračenje moguće je dokazati pokusima s vakuumskom cijevi. Tesla je u pokusima koristio izvanredno visoke napone. U svojim vakuumskim cijevima ubrzavao je elektrone do energije od 2.4 MeV, što znači da je ustvari stvorio linearni čestični akcelerator. Iz prethodnog je jasno da Teslinom zračenju odgovara kozmičko zračenje. O zračenju koje Zemlju stalno bombardira iz svemira govorio je gotovo dva desetljeća prije nego što je 1912. godine direktno dokazano eksperimentima u kojima se pomoću balona dizao uređaj s elektrometrima na visinu od blizu desetak kilometara. Smatrao je da bi se ogromna energija kozmičkih zraka koje stalno zapljuskuju Zemlju mogla koristiti i kao ekološki čist izvor energije za čovječanstvo. Također je ispravno predvidio da su kozmičke zrake pozitivno nabijene (danas znamo da su to u svemirskom prostoru pretežno protoni), te da mogu izazvati umjetnu radioaktivnost, inače stabilnih atomskih jezgara, što je pokusom otkriveno 1934. godine, ali nije bio u pravu vjerujući da je svaka radioaktivnost tog tipa. Zanimljivo je da je tvrdio da u Teslinom zračenju postoje čestice s frakcijom elementarnog naboja. Jedine takve čestice u modernoj teorijskoj fizici su kvarkovi. No svi pokušaji da ih se direktno pojedinačno dokaže ostali su bezuspješni. Po svojstvu da prodiru kroz tvar gotovo bez interakcije, Teslino zračenje bi podsjećalo na neutrine, no nije vjerojatno da su se nalazili u Teslinom zračenju koje je opažao u svojim uređajima.

Tesla i otkriće lasera

Godine 1893. konstruirao je rubinski uređaj koji je električki pobuđivao i dobivao “svjetlosnu zraku tanku poput olovke”. Taj je uređaj bio po konstrukciji sličan rubinskom laseru i vjerojatno je Tesla dobio laserski snop svjetlosti. Prema nekim izvorima, 1918. je taj svjetlosni snop poslao na Mjesec. Problem s praktičnom primjenom tog uređaja bio je u tome što se brzo oštećivao. Teškoće s evaluacijom Teslinog lasera su u tome što je ona svoja otkrića koja nisu patentirana, prikazivao na stručnim i popularizacijskim skupovima i u popularnim napisima, a ne u znanstvenim časopisima, pa ne postoji pobliži uvid u njegove stvarne rezultate. Očito je imao komponente za konstrukciju lasera, ali nema jasnog dokaza da je zaista dobio laserski snop. No treba reći da nije mogao imati zamisao inverzije naseljenosti stanja, koja je ključna za razumijevanje fizikalnog principa lasera i masera, a koju je tek kasnije iznjedrila kvantna fizika. Moguće je da su “zrake smrti” kojima se Tesla često hvalio pred javnošću u stvari bile laserske zrake.