**10. Tesla i moderna fizika – idejni začetnik mnogih važnih otkrića i izuma**

1. **Tesla i otkriće elektrona**

**Tesla je već 1891. izložio eksperimentalne argumente o postojanju nepoznate električno nabijene čestice – kasnije nazvane elektron, a ipak sve zasluge za otkriće elektrona dobio je šest godina kasnije britanski znanstvenik Joseph John Thompson.**

Nikola Tesla je 1891. godine u časopisu *The Electrical Engineer* objavio rezultate svojih pokusa s električnim izbojem u vakuumskoj cijevi, što je tumačio kao posljedicu djelovanja električno nabijenih čestica. Na temelju eksperimentalnog rada, u članku zaključuje da se katodne zrake sastoje od električnih čestica. Na Teslin je članak tada oštro reagirao Joseph John Thompson, osporivši mu eksperimentalne argumente i izložene pretpostavke. Polemika koju su Tesla i Thompson vodili u znanstvenim časopisima neko vrijeme, rezultirala je novim istraživanjima.

Šest godina kasnije, Thompson je 1987. načinio pokus, kojim je nastojao pobiti Tesline tvrdnje. Na temelju tog pokusa, Thomson je iste godine objavio svoje eksperimentalno otkriće elektrona. Suprotno Thompsonovom očekivanju, pokus s vakuumskom cijevi u magnetnom polju dokazao je da se katodne zrake doista sastoje od nepoznatih električno nabijenih čestica – elektrona. Usprkos Teslinom prvenstvu i jasnim doprinosima otkriću elektrona, oni su u znanstvenoj zajednici potpuno zanemareni, a zasluge za otkriće elektrona pripisuju se isključivo Thompsonu. Thompson ipak nije primio Nobelovu nagradu za otkriće elektrona, već za svoj rad na vodljivosti električne energije u plinovima 1906. godine, dok su Nobelovu nagradu za otkriće zakona koji upravljaju utjecajem elektrona na atom 1925. podijelili James Franck i Gustav Ludwig Hertz.

2. **Tesla i otkriće radara**

**Tesla je imao ideju elektroničkog uređaja za detekciju zrakoplova već oko 1900. godine. Svoju konstrukciju radara ponudio je Vladi SAD 1917. godine, tijekom Prvog svjetskog rata kada je komisija na čelu s Edisonom njegov prijelog odbila kao neostvariv. Tek dvadeset godina kasnije 1939. godine, primijenjeni su prvi radari za detekciju zrakoplova, te su imali iznimnu važnost tijekom Drugog svjetskog rata.**

Radar  je [elektronički uređaj](https://hr.wikipedia.org/wiki/Elektroni%C4%8Dki_ure%C4%91aj) za određivanje [udaljenosti](https://hr.wikipedia.org/wiki/Udaljenost), [azimuta](https://hr.wikipedia.org/wiki/Azimut), [elevacije](https://hr.wikipedia.org/wiki/Elevacija) ([kutna visina](https://hr.wikipedia.org/wiki/Kutna_visina)) i [brzine](https://hr.wikipedia.org/wiki/Brzina) nekog predmeta na temelju odbijanja ([refleksije](https://hr.wikipedia.org/wiki/Refleksija)) iz uređaja emitiranih [elektromagnetskih valova](https://hr.wikipedia.org/wiki/Elektromagnetsko_zra%C4%8Denje) od taj predmet. Radar omogućuje otkrivanje predmeta u uvjetima loše i smanjene vidljivosti, na primjer u mraku, kroz [dim](https://hr.wikipedia.org/wiki/Dim), [maglu](https://hr.wikipedia.org/wiki/Magla), [kišu](https://hr.wikipedia.org/wiki/Ki%C5%A1a) ili [snijeg](https://hr.wikipedia.org/wiki/Snijeg). Naziv dolazi od engleske kratica  ***Ra****dio****D****etection****a****nd****R****anging* (otkrivanje i određivanje udaljenosti [radio valovima](https://hr.wikipedia.org/wiki/Radio_valovi)).

U bogatom i raznolikom Teslinom izumiteljskom radu pozornost privlači i njegova ideja radara. Još je na prijelazu iz 19. u 20. stoljeće imao jasnu **ideju elektroničkog uređaja – radara, koji bi služio za detekciju zrakoplova**. Također i njemački izumitelj Christian Hülsmeyer je u to vrijeme, oko 1900. neovisno o Teslinim idejama načinio konstrukciju **radara namijenjenog pomorstvu**, s nakanom da se koristi u sprječavanju sudara brodova. Tesla je vizionarski, uviđao prednosti korištenja radara, pa je tijekom Prvoga svjetskog rata **1917**. godine, svoj prijedlog konstrukcije radara iznio Vladi SAD . Vladina komisija na čelu s Edisonom nakon razmatranja odbacila je Teslin prijedlog radara, smatrajući ga kao nerealan. Stoga su prvi radari u ratnom zrakoplovstvu zaživjela tek dvadesetak godina kasnije, tijekom Drugog svjetskog rata. Razvoj ratnoga [zrakoplovstva](https://hr.wikipedia.org/wiki/Zrakoplovstvo), posebice teških [bombardera](https://hr.wikipedia.org/wiki/Bombarder), potaknuo je razvoj radara jer je trebalo razviti uređaj za rano upozoravanje na dolazeću opasnost. Prvi uređaj u osnovi istovjetan današnjim radarima izradio je [Robert Watson-Watt](https://hr.wikipedia.org/wiki/Robert_Watson-Watt) (**1935**.). Prve upotrebljive radare imali su [Britanci](https://hr.wikipedia.org/wiki/Velika_Britanija) na početku [Drugog svjetskog rata](https://hr.wikipedia.org/wiki/Drugi_svjetski_rat). Pomoću radara lakše su pratili nalete [njemačkih](https://hr.wikipedia.org/wiki/Njema%C4%8Dka) [aviona](https://hr.wikipedia.org/wiki/Zrakoplov), te lakše organizirali obranu. Moderni radari se koriste u [zrakoplovstvu](https://hr.wikipedia.org/wiki/Zrakoplovstvo) i [pomorstvu](https://hr.wikipedia.org/wiki/Pomorstvo) za traženje ciljeva, ali i u [astronomiji](https://hr.wikipedia.org/wiki/Astronomija) kod proučavanja površine dalekih [planeta](https://hr.wikipedia.org/wiki/Planet). U današnje doba radare koristi i [policija](https://hr.wikipedia.org/wiki/Policija) za određivanje [brzine](https://hr.wikipedia.org/wiki/Brzina) vozila.

Radari imaju važnu ulogu u pomorskoj i zrakoplovnoj [navigaciji](https://hr.wikipedia.org/wiki/Navigacija). Razvili su se i radarski sistemi koji na [zaslonu](https://hr.wikipedia.org/wiki/Zaslon) [katodne cijevi](https://hr.wikipedia.org/wiki/Katodna_cijev) daju obrise (konture) predmeta koji se nalazi ispred brda odnosno zrakoplova. Pomažu izbjeći sudari na moru s ledenim santama i drugim brodovima kada prijeti opasnost uslijed magle

Kako se elektromagnetski valovi šire pravocrtno, raspon (domet) je radara ograničen zakrivljenošću [Zemljine površine](https://hr.wikipedia.org/wiki/Zemljin_pla%C5%A1t), pa na primjer u kontroli [zračnoga prometa](https://hr.wikipedia.org/wiki/Zra%C4%8Dni_promet) iznosi oko 400 [kilometara](https://hr.wikipedia.org/wiki/Kilometar). Veći raspon (više tisuća kilometara) ima jedino radar koji koristi odbijanje (refleksiju) valova na ioniziranim slojevima atmosfere ([ionosfera](https://hr.wikipedia.org/wiki/Ionosfera)). U ratu je radar stekao izvanrednu važnost, a u mirnodopskoj se primjeni ističe njegova uloga u sigurnosti pomorskoga, zračnog i cestovnoga [prometa](https://hr.wikipedia.org/wiki/Promet).

3. **Tesla i otkriće elektronskog mikroskopa**

**Tesla je razmatrao o konstrukciji elektronskog mikroskopa još 1891. godine, a svoj koncept elektronskog mikroskopa predstavio 1903. godine, trideset godina prije Ruskinovog otkrića i njegove konstrukcije elektronskog mikroskopa, ključnog uređaja koji je znatno unaprijedio poznavanje strukture**[**čvrstih tvari**](https://hr.wikipedia.org/wiki/Krutine)**, o kojoj ovise njihova svojstva. Elektronski mikroskop pomogao je riješiti mnoge probleme kemije, fizike, biologije, medicine, geologije, metalurgije i drugih područja.**

Elektronski mikroskop je [uređaj](https://hr.wikipedia.org/wiki/Ure%C4%91aj) kojim se, s pomoću uskog snopa [elektrona](https://hr.wikipedia.org/wiki/Elektron), dobiva uvid u [mikrostrukturu](https://hr.wikipedia.org/wiki/Mikrostruktura) promatranog uzorka, uz golemo [povećanje](https://hr.wikipedia.org/wiki/Razlu%C4%8Divost). Primjena elektronskoga mikroskopa vrlo je široka. Nizom elektronskomikroskopskih snimaka moguće je pratiti pojedine [faze](https://hr.wikipedia.org/wiki/Faza) različitih procesa, kao na primjer proces razvijanja u [fotografiji](https://hr.wikipedia.org/wiki/Fotografija) i proces [katalize](https://hr.wikipedia.org/wiki/Kataliza_(kemija)). Istraživanjem strukture vlakana razjašnjavaju se makroskopska svojstva [tkiva](https://hr.wikipedia.org/wiki/Tkivo), a mogućnost promatranja svijeta [bakterija](https://hr.wikipedia.org/wiki/Bakterija) i [virusa](https://hr.wikipedia.org/wiki/Virus), makromolekula, [stanica](https://hr.wikipedia.org/wiki/Stanica) i mnogih pojedinosti strukture organizma proširuje područje istraživanja biologije i [medicine](https://hr.wikipedia.org/wiki/Medicina). Postoje različite vrste elektronskih mikroskopa, a najviše su u upotrebi transmisijski i skenirajući elektronski mikroskopi.

Prvi elektronski mikroskop konstruirao je u [Njemačkoj](https://hr.wikipedia.org/wiki/Njema%C4%8Dka) [1933](https://hr.wikipedia.org/wiki/1933). fizičar [Ernst Ruska](https://hr.wikipedia.org/wiki/Ernst_Ruska), a širu je [biološku](https://hr.wikipedia.org/wiki/Biologija) namjenu stekao tijekom ranih 1950-tih. Umjesto vidljive [svjetlosti](https://hr.wikipedia.org/wiki/Svjetlost) i [optičkih leća](https://hr.wikipedia.org/wiki/Le%C4%87a_(optika)), elektronski mikroskop koristi zraku [elektrona](https://hr.wikipedia.org/wiki/Elektron), koju usmjerava [fokusirajući](https://hr.wikipedia.org/wiki/%C5%BDari%C5%A1te) [elektromagnetsko polje](https://hr.wikipedia.org/wiki/Elektromagnetsko_polje). Iz razloga što je [valna duljina](https://hr.wikipedia.org/wiki/Valna_duljina) elektrona znatno kraća od one [fotona](https://hr.wikipedia.org/wiki/Foton) vidljive [svjetlosti](https://hr.wikipedia.org/wiki/Svjetlost), granica [razlučivosti](https://hr.wikipedia.org/wiki/Razlu%C4%8Divost) elektronskog mikroskopa je puno manja od one [svjetlosnog mikroskopa](https://hr.wikipedia.org/wiki/Svjetlosni_mikroskop): oko 0,1 – 0,2 [nm](https://hr.wikipedia.org/wiki/Nanometar) elektronskog mikroskopa u usporedbi s oko 200 – 350 nm kod svjetlosnog [mikroskopa](https://hr.wikipedia.org/wiki/Mikroskop).

Međutim, za biološke uzorke stvarna granica razlučivosti obično nije niža od 2 nm ili je viša, zbog problema s pripremom preparata i [kontrastom](https://hr.wikipedia.org/wiki/Kontrast). Elektronski mikroskop ima oko 100 puta veću moć razlučivanja od svjetlosnog mikroskopa. Za posljedicu je i iskoristivo povećanje također veće: do 100 000 puta elektronskog mikroskopa, u usporedbi s 1000 do 1500 puta kod svjetlosnog mikroskopa. Na taj je način, promatrajući mikrograđu elektronskim umjesto svjetlosnim mikroskopom, moguće zapaziti mnogo više detalja u građi [stanice](https://hr.wikipedia.org/wiki/Stanica).

4. **Tesla i otkriće akcelerator čestica**

**Tesla je dao koncept nuklearnog akceleratora (akceleratora čestičnih snopova) već 1891. godine, odnosno četrdesetak godina prije nego su priznanja za konstrukciju ciklotrona i linearnog akceleratora dobili Lawrence 1931., te Cockroft i Walton 1932. godine.**

Tesla je u svojim pokusima upotrebljavao izvanredno visoke napone. Navodi se da je u svojim vakuumskim cijevima ubrzavao elektrone do energije od čak 2.4 MeV, što znači da je ustvari napravio linearni čestični akcelerator.Akcelerator čestica je [uređaj](https://hr.wikipedia.org/wiki/Stroj) u kojem se [električki nabijene](https://hr.wikipedia.org/wiki/Elektri%C4%8Dni_naboj) čestice ([elektroni](https://hr.wikipedia.org/wiki/Elektron), [protoni](https://hr.wikipedia.org/wiki/Proton), [ioni](https://hr.wikipedia.org/wiki/Ion) i druge) stalnim ili izmjeničnim [električnim poljima](https://hr.wikipedia.org/wiki/Elektri%C4%8Dno_polje) [ubrzavaju](https://hr.wikipedia.org/wiki/Ubrzanje) do visokih [kinetičkih energija](https://hr.wikipedia.org/wiki/Kineti%C4%8Dka_energija). Konačna [energija](https://hr.wikipedia.org/wiki/Energija) čestica ovisi o vrsti akceleratora. Akcelerator čestica upotrebljava se u [fizici elementarnih čestica](https://hr.wikipedia.org/wiki/Fizika_elementarnih_%C4%8Destica) za istraživanje strukture tvari (stvaranje novih [elementarnih čestica](https://hr.wikipedia.org/wiki/Elementarna_%C4%8Destica) i istraživanje nepoznatih svojstava osnovnih međudjelovanja), u [nuklearnoj medicini](https://hr.wikipedia.org/wiki/Nuklearna_medicina) za liječenje [zračenjem](https://hr.wikipedia.org/wiki/Ioniziraju%C4%87e_zra%C4%8Denje), u industriji za neke tehnološke procese ([sterilizacija](https://hr.wikipedia.org/wiki/Sterilizacija), [polimerizacija](https://hr.wikipedia.org/wiki/Polimerizacija)), [ispitivanje materijala](https://hr.wikipedia.org/wiki/Kontrola_bez_razaranja), proizvodnju [radionuklida](https://hr.wikipedia.org/wiki/Radionuklid) i drugo.

Akcelerator čestica sastoji se od dijelova:

* od izvora električki nabijenih čestica,
* od [vakuumske](https://hr.wikipedia.org/wiki/Vakuum) komore u kojoj se čestice ubrzavaju i od
* uređaja koji stvaraju električna polja potrebna za ubrzavanje

Prvi akceleratori bili su oni sa stalnim [naponom](https://hr.wikipedia.org/wiki/Napon) između krajeva vakuumske komore. Oni su stoga linearni, a čestice se ubrzavaju jednim prolazom kroz [električno polje](https://hr.wikipedia.org/wiki/Elektri%C4%8Dno_polje). Prema načinu stvaranja visokog napona na [elektrodama](https://hr.wikipedia.org/wiki/Anoda), akcelerator čestica tog tipa jest kaskadni, Cockcroft-Waltonov ([John Cockcroft](https://hr.wikipedia.org/wiki/John_Cockcroft) i [Ernest Walton](https://hr.wikipedia.org/wiki/Ernest_Walton), 1932.), i elektrostatički, [Van de Graaffov](https://hr.wikipedia.org/wiki/Van_de_Graaffov_generator) ([Robert J. Van de Graaff](https://hr.wikipedia.org/wiki/Robert_J._Van_de_Graaff), 1931). Cockcroft-Waltonov akcelerator čestica prikladan je i kao izvor [neutrona](https://hr.wikipedia.org/wiki/Neutron) putem [nuklearnih reakcija](https://hr.wikipedia.org/wiki/Nuklearna_reakcija) [deuterona](https://hr.wikipedia.org/wiki/Deuteron) s [deuterijem](https://hr.wikipedia.org/wiki/Deuterij) ili [tricijem](https://hr.wikipedia.org/wiki/Tricij). Takav je neutronski generator izgrađen 1956. u [Institutu "Ruđer Bošković"](https://hr.wikipedia.org/wiki/Institut_Ru%C4%91er_Bo%C5%A1kovi%C4%87) u [Zagrebu](https://hr.wikipedia.org/wiki/Zagreb). Bio je to prvi [hrvatski](https://hr.wikipedia.org/wiki/Hrvatska) nuklearni akcelerator i jedan od rijetkih u svijetu u to doba, a izgradila ga je skupina [fizičara](https://hr.wikipedia.org/wiki/Fizi%C4%8Dar) i [elektroničara](https://hr.wikipedia.org/wiki/Elektronika) pod vodstvom fizičara Mladena Paića, i to vlastitim snagama, u skladu s tadašnjim [tehnološkim mogućnostima](https://hr.wikipedia.org/wiki/Povijest_tehnologije), a u suradnji s [tvornicama "Rade Končar"](https://hr.wikipedia.org/wiki/Kon%C4%8Dar_Elektroindustrija) i "Radio industrijom Zagreb" ([RIZ](https://hr.wikipedia.org/wiki/RIZ)). Iz njegovih se tehničkih podataka vidi da je energija deuterona bila 200 k[eV](https://hr.wikipedia.org/wiki/EV), struja deuterona do 20[mA](https://hr.wikipedia.org/wiki/Amper), intenzitet neutrona 108/s za 2,5 MeV neutrone, a 1010/s za 14 MeV neutrone.

Tehničke granice u dosezanju visokih napona ograničuju i energije čestica ubrzanih u prvim akceleratorima. Rješenje je nađeno u višekratnom ubrzavanju kroz polje nižeg napona. To je 1932. prvi načinio [Ernest Orlando Lawrence](https://hr.wikipedia.org/wiki/Ernest_Orlando_Lawrence) s [ciklotronom](https://hr.wikipedia.org/wiki/Ciklotron), a zatim je to načelo primijenjeno u svim kasnije konstruiranim tipovima akceleratora. Oni se prema gibanju čestica dijele na linearne rezonantne i na kružne akceleratore. U kružne se ubrajaju ciklotron, sinkrociklotron, betatron i sinkrotron.

5.**Teslino zračenje,**  **kozmičke zrake i inducirana radioaktivnost**

**Tesla je istraživao i dokazivao postojanja kozmičkih zraka još 1897. godine i to ga je vrlo rano dovelo do nekoliko ispravnih zaključaka o bitnim svojstvima kozmičkog zračenja. Nazivao ga je *Teslino zračenje*. Petnaest godina kasnije, godine 1912. američki fizičar austrijskog podrijetla Victor Hess došao je do eksperimentalnog otkrića kozmičkih zraka. Proučavajući kozmičke zrake Tesla je prvi došao i na ideju *inducirane radioaktivnosti* još 1899. godine. Nju su eksperimentalno otkrili i potvrdili četvrt stoljeća kasnije 1934. godine par francuskih fizičara i kemičara Irene i Federic Joliot-Cuire.**

Kozmičko zračenje (kozmičke zrake) je [zračenje](https://hr.wikipedia.org/wiki/Zra%C4%8Denje) visoke [energije](https://hr.wikipedia.org/wiki/Energija) koje dopire na [Zemlju](https://hr.wikipedia.org/wiki/Zemlja) iz [svemira](https://hr.wikipedia.org/wiki/Svemir). Jedna od nerazriješenih enigmi Teslinih fizikalnih istraživanja odnosi se na kozmičko zračenje kojim se bavio desetljećima. I danas je teško rekonstruirati važnost i doseg njegovih istraživanja na područjima fundamentalnih istraživanja koja su bila izvan okvira njegovih prijavljenih patenata. Bio je uvjeren da je 1897. u svojim pokusima dokazao prisutnost zračenja iz svemirskog prostora. Nekoliko godina kasnije prijavio je patent u kojem je predložio metodu za upotrebu *Teslinog zračenja*. O specijalnoj vakuumskoj cijevi s Teslinim zračenjem održao je predavanje u Elektrotehničkom institutu u Londonu. Tvrdio je da je svemir izvor tog zračenja, ali da ga je također moguće dobiti u vakuumskoj cijevi. Teslina razmišljanja o prirodi Teslina zračenja mogu se sažeti u sljedeće:

1. Teslino se zračenje sastoji od čestica infinitezimalne veličine
2. Tesline čestice nose mali pozitivan naboj koji je fragment elementarnog naboja
3. Tesline čestice prodiru kroz tvar gotovo bez međudjelovanja
4. Tesline čestice mogu se gibati brzinom većom od brzine svjetlosti
5. Tesline čestice mogu inducirati radioaktivnost jer destabiliziraju atomsku jezgru na koju naljeću
6. Tesline čestice nalijeću na Zemlju iz svemira iz svih smjerova
7. Sve zvijezde, pa tako i Sunce, emitiraju Tesline čestice
8. Tesline čestice je moguće dokazati pokusima u vakuumskoj cijevi

Iz točke 2. vidljivo je da ***Teslinom zračenju*** odgovara ***kozmičko zračenje***, te da je Tesla o čestičnom zračenju koje Zemlju stalno bombardira iz svemira govorio gotovo dva desetljeća prije nego što je 1912. direktno dokazano eksperimentima. U njima je američki fizičar austrijskog podrijetla Victor Hess pomoću balona dizao uređaje s elektrometrima na visinu od gotovo desetak kilometara. Tesla je smatrao da bi se ogromna energija kozmičkog zračenja koje stalno zapljuskuje zemlju mogla upotrebljavati kao ekološki čist izvor energije za čovječanstvo. Zapisao je: *Ispitivanje kozmičkih zraka vrlo mi je bliska tema. Prvi sam ih otkrio i prema njima, naravno gajim jednake osjećaje kao što bih gajio prema vlastitu tijelu..*.

Tesla je u mnogočemu ispravno zaključivao u vezi sa svojstvima kozmičkih zraka. Ispravno je zaključio da su **kozmičle zrake pozitivno nabijene**. Danas znamo da su to u svemirskom prostoru pretežno protoni. Također, Tesla je ispravno predvidio da **kozmičke zrake mogu** **izazvati umjetnu radioaktivnost inače stabilnih atomskih jezgri**, što je pokusom otkriveno **1934**. godine.

Zanimljivo je da je Tesla tvrdio kako u *Tesla zračenju* postoje čestice s dijelom elementarnog naboja. Takve su čestice u modernoj teorijskoj fizici *kvarkovi*, ali još uvijek se radi na pokušaju da ih se direktno pojedinačno dokaže. Po svojstvu da prodiru kroz tvar gotovo bez interakcije, Teslino bi zračenje podsjećalo na *neutrine*, no nije vjerojatno da su se nalazili u *Teslinom zračenju* koje je opažao u svojim uređajima.

Istraživanje kozmičkih zraka seže od početka 20. stoljeća, kada je opaženo da se nabijeni [elektroskopi](https://hr.wikipedia.org/wiki/Elektroskop) nakon nekog vremena sami od sebe izbijaju čak i onda kada su smješteni u hermetički zatvorenu posudu. Isprva se vjerovalo da je izbijanje posljedica [ionizacije](https://hr.wikipedia.org/wiki/Ioniziranje) [zraka](https://hr.wikipedia.org/wiki/Zrak), koja potječe od zračenja [radioaktivnih tvari](https://hr.wikipedia.org/wiki/Radioaktivnost) u Zemlji. No, ubrzo se pokazalo da ta ionizacija ne opada s porastom visine, nego, naprotiv, neznatno raste. Na osnovi pokusa američkog fizičara austrijskoga podrijetla [Victora Hessa](https://hr.wikipedia.org/wiki/Victor_Franz_Hess), s [ionizacijskim komorama](https://hr.wikipedia.org/wiki/Ionizacijska_komora) koje su [balonima](https://hr.wikipedia.org/wiki/Balon) bile podizane u vis, postavljena je [teorija](https://hr.wikipedia.org/wiki/Teorija) da zračenje koje uzrokuje ionizaciju potječe iz svemira, jer je utvrđeno da ne može dolaziti sa [Sunca](https://hr.wikipedia.org/wiki/Sunce), jer se ionizacija nije promijenila za vrijeme potpune [Sunčeve pomrčine](https://hr.wikipedia.org/wiki/Pomr%C4%8Dina_Sunca) 1912. Istraživanja u narednim godinama su pokazala da je kozmičko zračenje izvanredno prodorno i da se djelomično sastoji od [električki nabijenih](https://hr.wikipedia.org/wiki/Elektri%C4%8Dni_naboj) [čestica](https://hr.wikipedia.org/wiki/%C4%8Cestica). S obzirom da na kozmičke zrake djeluje [Zemljino magnetsko polje](https://hr.wikipedia.org/wiki/Zemljino_magnetsko_polje), one se gibaju zavojito i nije moguće odrediti odakle dolaze (ishodište nastajanja).

Izrazito brzi razvoj tehnike i instrumenata nakon [Drugog svjetskog rata](https://hr.wikipedia.org/wiki/Drugi_svjetski_rat) (usavršeni [detektori](https://hr.wikipedia.org/wiki/Detektor), [radio teleskopi](https://hr.wikipedia.org/wiki/Radio_teleskop), [baloni](https://hr.wikipedia.org/wiki/Balon) i [sateliti](https://hr.wikipedia.org/wiki/Umjetni_satelit), [elektronski uređaji](https://hr.wikipedia.org/wiki/Elektronika)) omogućio je daljnje [istraživanje](https://hr.wikipedia.org/wiki/Istra%C5%BEivanje) kozmičkoga zračenja. Pritom su se prvenstveno proučavali uvjeti stvaranja primarnoga zračenja tako visoke energije i visokoenergetski [subatomski procesi](https://hr.wikipedia.org/wiki/Subatomska_%C4%8Destica), od kojih su mnogi prvi put opaženi upravo kod kozmičkoga zračenja. Međutim, podrijetlo kozmičkoga zračenja nije do danas potpuno razjašnjeno.

Kozmičko zračenje dijeli se na primarno i sekundarno. Primarno zračenje, koje dolazi iz svemira do [Zemljine atmosfere](https://hr.wikipedia.org/wiki/Zemljina_atmosfera), sastoji se od [atomskih jezgara](https://hr.wikipedia.org/wiki/Atomska_jezgra). Većinu (oko 90%) čine [protoni](https://hr.wikipedia.org/wiki/Proton), zatim (oko 10%) [helijeve](https://hr.wikipedia.org/wiki/Helij) jezgre, a tek neznatan dio ostale lake atomske jezgre elemenata do, uključivo, [željeza](https://hr.wikipedia.org/wiki/%C5%BDeljezo). Energija primarnoga zračenja doseže i do 1018 [eV](https://hr.wikipedia.org/wiki/EV). Sekundarno kozmičko zračenje nastaje sudarom primarnoga zračenja s jezgrama koje se nalaze u atmosferi. Takvim sudarima stvaraju se [mezoni](https://hr.wikipedia.org/wiki/Mezon), hiperoni i različiti nuklearni djelići (fragmenti), pa i [radioizotopi](https://hr.wikipedia.org/wiki/Radioizotop) elemenata, na primjer ugljikov radioizotop [14C](https://hr.wikipedia.org/wiki/Ugljik-14), nastao od dušika 14N ([radioizotopno datiranje](https://hr.wikipedia.org/wiki/Radioizotopno_datiranje)). Nabijeni π-[mezoni](https://hr.wikipedia.org/wiki/Mezon) pretvaraju se u stabilnije μ-mezone, koji čine glavninu sekundarnoga zračenja opaženoga na Zemljinoj površini. Neutralni π-mezoni pretvaraju se u [γ-zrake](https://hr.wikipedia.org/wiki/Gama-%C4%8Destica), koje mogu dalje proizvesti parove [elektron](https://hr.wikipedia.org/wiki/Elektron)-[pozitron](https://hr.wikipedia.org/wiki/Pozitron), a ovi opet stvaraju nove visokoenergetske [fotone](https://hr.wikipedia.org/wiki/Foton), koji su izvor daljnjih parova elektron-pozitron. Tako nastaju kaskadne reakcije, koje su izvor takozvanih pljuskova kozmičkih zraka, koje je prvi opisao talijanski fizičar [Bruno Rossi](https://hr.wikipedia.org/wiki/Bruno_Rossi).

Proučavajući kozmičke zrake **Tesla je prvi istraživao ideju inducirane radioaktivnosti još 1899**. godine, koju su eksperimentalno otkrili i potvrdili četvrt stoljeća kasnije 1934. godine par francuskih fizičara i kemičara Irene i Federic Joliot-Cuire, za što su primili Nobelovu nagradu 1935. godine. Inducirana radioaktivnost je radioaktivnost nekog materijala koja nastaje kao posljedica izlaganja stabilnog materijala specifičnom zračenju, najčešće uzrokovana uhvatom neutrona u atomskoj jezgri.

Istraživanja kozmičkih zraka navela su Teslu na ispravan zaključak da u njima sadržane čestice (nazivao ih je *Tesline čestice*) mogu inducirati radioaktivnost jer destabiliziraju atomsku jezgru na koju nalijeću, ali nije bio u pravu vjerujući da je svaka radioaktivnost tog tipa.

6. **Tesla i laser**

**Tesla je prvi konstruirao uređaj koji bi mogao predstavljati laser još 1893. godine, šezdesetak godina prije otkrića lasera i masera Townesa, Prohorova i Basova (1952) i Maimana (1960).**

Godine 1893. Tesla je konstruirao rubinski uređaj koji je električki pobuđivao i davao svjetlosnu zraku tanku poput olovke“ (o tome piše u Tesla, *My Inventions*). Taj je uređaj bio konstrukcijom sličan današnjem rubinskom laseru. Prema nekim izvorima Tesla je dvadesetak godina kasnije, 1918. godine njime svjetlosni snop poslao na Mjesec. Problem s praktičnom primjenom ovog Teslinog uređaja bio je u tome što se uređaj brzo oštećivao, pa je laserski učinak vjerojatno bio vrlo kratkog vijeka.

Teškoća s procjenom Teslina lasera leži u tome što je Tesla svoja otkrića koja nisu patentirana prikazivao samo na stručnim i popularizacijskim skupovima i u popularnim napisima, a ne u znanstvenim časopisima, stoga nije na raspolaganju detaljnjiji uvid u njegove rezultate. Tesla je očito imao komponente za konstrukciju lasera, ali nema jasnog dokaza da je dobio laserski snop. No treba istaknuti da Tesla nije znao za teorijski koncept obrata naseljenosti stanja, ključan za razumijevanje fizikalnog principa lasera i masera, a koji je tek kasnije dala kvantna fizika.

Možda su „zrake smrti“ koje je Tesla najavljivao novinarima, zapravo bile laserske zrake.

7. **Tesla i rendgenske zrake**

**Teslaje prvi otkrio i istraživao svojstva X - zraka 1894. godine. Neovisno o Tesli, nešto kasnije Röntgen došao do istog otkrića 1895., za koje postaje 1901. godine prvim dobitnikom Nobelove nagrade iz područja fizike.**

U svom laboratoriju Tesla je često provodio više istraživanja paralelno. Tako je **1892**. godine kroz pokuse s molekularnim bombardiranjem (svjetiljke s karbonskim čepom) detektirao uz vidljivu i crnu svjetlost i posebno elektromagnetsko zračenje zračenje (kasnije nazvano X – zrake) . Godine **1894**. vršio je eksperimente sa snagom zračenja fosforescentnih tijela i na fotografskim pločama koje su stajale pored katodne cijevi zabilježio tragove oštećenja (uzrokovano X-zrakama). Planirao je nastaviti istraživanje i objasniti uzroke pojave u čemu ga je prekinulo uništenje laboratorija u požaru. . Pretpostavio je da u cijevi dolazi do zračenja. U planiranom nastavku istraživanja omeo ga je u ožujku **1895**. godine požar u kojem je izgorio Teslin njujorški laboratorij. Nestali su svi strojevi i znanstvena dokumentacija Teslinih višegodišnjih istraživanja.

Novine *New York Sun* o tome su pisale: *… Dogodila se katastrofa koja je bila više od osobne propasti. Ni u kojem se slučaju ne preuveličava ako se kaže da se na prste jedne ruke mogu nabrojiti trenutno živi ljudi koji su važniji za ljudsku rasu od ovoga mladog gospodina; možda na palac jedne ruke.*

Nešto više od pola godine nakon požara, krajem te iste **1895.** godine Röntgen je samostalno istražujući došao do istog otkrića i o tome objavio članak. Tesla mu je poslao nekoliko fotografija s X-zrakama koje su mu preostale nakon požara u laboratoriju. Röntgen mu je pismeno zahvalio uz zamolbu da objasni kako je došao do njih jer fotografije je smatrao vrlo zanimljivima. Premda nije sumnjao u izvornost Röntgenova rada, Tesla je smatrao da je bio prvi koji je eksperimentirao s X-zrakama. No, Teslin je doprinos zanemaren i U svom laboratoriju Tesla je često provodio više istraživanja paralelno. Tako je **1892**. godine kroz pokuse s molekularnim bombardiranjem (svjetiljke s karbonskim čepom) detektirao uz vidljivu i crnu svjetlost i posebno elektromagnetsko zračenje zračenje (kasnije nazvano X – zrake) . Godine **1894**. vršio je eksperimente sa snagom zračenja fosforescentnih tijela i na fotografskim pločama koje su stajale pored katodne cijevi zabilježio tragove oštećenja (uzrokovano X-zrakama). Planirao je nastaviti istraživanje i objasniti uzroke pojave u čemu ga je prekinulo uništenje laboratorija u požaru. . Pretpostavio je da u cijevi dolazi do zračenja. U planiranom nastavku istraživanja omeo ga je u ožujku **1895**. godine požar u kojem je izgorio Teslin njujorški laboratorij. Nestali su svi strojevi i znanstvena dokumentacija Teslinih višegodišnjih istraživanja.

Novine *New York Sun* o tome su pisale: *… Dogodila se katastrofa koja je bila više od osobne propasti. Ni u kojem se slučaju ne preuveličava ako se kaže da se na prste jedne ruke mogu nabrojiti trenutno živi ljudi koji su važniji za ljudsku rasu od ovoga mladog gospodina; možda na palac jedne ruke.*

Nešto više od pola godine nakon požara, krajem te iste **1895.** godine Röntgen je samostalno istražujući došao do istog otkrića i o tome objavio članak. Tesla mu je poslao nekoliko fotografija s X-zrakama koje su mu preostale nakon požara u laboratoriju. Röntgen mu je pismeno zahvalio uz zamolbu da objasni kako je došao do njih jer fotografije je smatrao vrlo zanimljivima. Premda nije sumnjao u izvornost Röntgenova rada, Tesla je smatrao da je bio prvi koji je eksperimentirao s X-zrakama. No, Teslin je doprinos zanemaren i Röntgen za to otkriće postaje 1901. prvim dobitnikom Nobelove nagrade iz područja fizike.

1. **Tesla i otkriće radioveze**

**Ideju bežičnog prijenosa i primanja komunikacijskih signala elektromacnetskim valovima** **Tesla je prezentirao još 1893., a konstrukciju svog cjelovitog radio sustava prijavio Uredu za patente 1897. i dobio odobrenje za taj patent 1900., dok su priznanja i Nobelovu nagradu za izum podijelili su Marconi i Ferdinand Braun 1909. godine.**

Požar u Teslinom laboratoriju **1895**. godine, mnoga je Teslina istraživanja vratio na početak. Neki su rezultati bili nepovratno izgubljeni, pa su pojedina njegova otkrića pripisivana drugim znanstvenicima. Posebno je zakinut za priznanje otkrića radija. Tesla je već u proljeće **1893.** prikazao ideju funkcioniranja bežičnog prijenosa energije u Franklinovom institut u Philadelphiji, a iste je godine predstavio svoj cjeloviti sustav za komuniciranje radio vezom u udruženju National Electric Light u St. Luisu. Prikazani sustav sastojao se od antene, uzemljenja, te strujnog kruga koji sadrži induktivitet i kapacitet za podešavanje, te sustave za slanje i primanje, podešene na međusobne rezonancije. Godine **1897.** Tesla podnosi zahtjev Uredu za patente za svoj osnovni radio sustav, a on mu je odobren 1900. Neposredno prije nego su Tesli odobrena patentna prava, **1899**. talijanski fizičar Guglielmo Marconi šalje signal preko La Manchea, pri čemu vjerojatno koristi Teslin oscilator. Nakon što su Teslini patenti za radio bili već odobreni, Marconi **1900**. osporava poznavanje Teslina oscilatora koji je u to vrijeme uređaj već priznat u znanstvenim krugovima, te u SAD podnosi zahtjev za patent, što mu je u Uredu za patente odbijeno zbog Teslinih prava na prvenstvo. Zatim **1901.** Marconi organizira javni pokus i demonstraciju radija za širu publiku i medije, te šalje signal preko Atlanskog oceana. Iz nepoznatih razloga**, 1904.** Ured za patente iznenada nakon nekoliko godina odbijanja Markonijevih ponovljenih verzija zahtjeva, mijenja odluku i dodjeljuje pravo prvenstva Marconiju. Nakon dugogodišnjeg eksperimentiranja s bežičnim prijenosom i primanjem komunikacijskih signala elektromagnetskim valovima, Tesla je to doživio kao iznimnu nepravdu. Svojim najvećim uspjehom, smatrao je upravo otkriće radioveze i zato je najveće razočarenje u karijeri doživio kada je Marconi **1909.** dobio Nobelovu nagradu za doprinose bežičnoj telegrafiji i uspostavljanje radiotelegrafske veze između Europe i Amerike. Smatrao je Marconijevu demonstraciju samo uspješnim medijskim spektaklom. Premda su se mnogi tada bavili idejom kako to iskoristiti u komunikacijske svrhe, Tesla je prije svih izumio sveobuhvatan i temeljni sustav, načinjen od prijemnika i niza antena povezanih u rezonantne krugove, s podešavanjem frekvencija i izbjegavanjem radiointerferencije. Njegov sistem mogao je u šumi frekvencija koje se emitiraju u eteru detektirati jednu frekvenciju i primiti jasnu poruku. Omogućavao je i signale na različitim nosećim frekvencijama, tako da se moglo emitirati više signala istovremeno. Tesla je neosporno imao prvenstvo otkrića radio veze, kojeg je pravovremeno i prije Marconija patentirao te je **1915.** pokrenuo tužbu za kršenje patentnih prava. Zadovoljštinu za života nije dobio. Dvadesetak je godina trebalo Žalbenom sudu Sjedinjenih Američkih Država da donese presudu kojom se obezvrjeđuje temeljni Marconijev patent, budući su mu prethodili Teslini izumi i njegov patent br. 645.576. Premda je time Tesli pravno priznato prvenstvo, Marconi je i dalje ostao dobitnikom Nobelove nagrade. Konačnu potvrdu te presude donio je Vrhovni sud tek nekoliko mjeseci nakon Tesline smrti **1943**. godine.