

K posebni teoriji relativnosti

Ob izidu knjige *Teorija relativnosti* pri Založbi ZRC SAZU

Janez Strnad

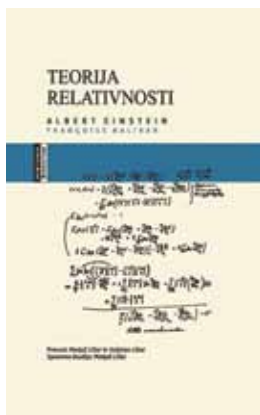
Prej

V srednjem veku so precej razpravljali o sestavljenem gibanju. Kako, denimo, opazovalec na bregu opiše gibanje kamna, če ga z vrha jambora spusti opazovalec na ladji, ki jo enakomerno nosi tok reke?

V 17. stoletju je Galileo Galilei zagotovil, da v notranjosti ladje z opazovanjem gibanja teles ni mogoče ugotoviti, ali ladja miruje ali se giblje, če se ne giblje pospešeno. V tej zvezi je Isaac Newton uporabil besedo »relativno«. Galileijevo spoznanje je izpeljal iz svojega drugega zakona in mu ni posvetil posebne pozornosti. Vse to je zadevalo pojave v mehaniki.

Razprava je oživila proti koncu 19. stoletja ob Maxwellovih enačbah, to je zakonih za električno in magnetno polje. Tedaj so stavili na *eter*, zelo rahlo sredstvo z nemerljivo majhno gostoto, ki prenaša svetlobo, kot zrak prenaša zvok. O tem je v zadnjem desetletju 19. stoletja veliko razmišljal Henri Poincaré. Galileijevo spoznanje je imenoval *načelo relativnosti*. Ena od oblik načela zagotavlja, da za vse *inercialne*, to je nepospešene opazovalce veljajo enaki fizikalni zakoni.

Poincaré je načelo razširil na elektromagnetne pojave. Mislil je, da je »nemogoče meriti absolutno gibanje otipljive snovi glede na eter; lahko opazujemo edino gibanje otipljive snovi glede na otipljivo snov«. Sodil je, »da so elektromagnetni in optični pojavi zelo verjetno odvisni samo od relativnega gibanja materialnih teles«. Podvomil je v obstoj etra in slutil, da to vodi do »popolnoma nove vrste dinamike, za katero bo značilno predvsem pravilo, da nobena hitrost ne more preseči hitrosti svetlobe«. Poincaré, Hen-



drik Antoon Lorentz in Joseph Larmor so v okviru Maxwellovih enačb izpeljali *transformacije*, ki so jih na Poincaréjev predlog imenovali po Lorentzu. Transformacija je nekakšen matematični slovar, ki podatek inercialnega opazovalca za kako količino prevede v podatek za to količino inercialnega opazovalca, ki se giblje glede na prvega.

Einstein

O teh zadevah je razmišljal tudi Albert Einstein. Kot srednješolec je sestavil zapis *O raziskovanju stanja etra v magnetnem polju*. Vprašal se je, kaj bi bilo, če bi svetlobi sledil s svetlobno hitrostjo. Kot študent je načrtoval poskus, s katerim bi izmeril hitrost Zemlje v etru. Opozoril je na pomanjkljivosti obstoječe elektrodinamike gibajočih se teles. Potem je znova razmišljal o poskusu, s katerim bi ugotovil gibanje telesa glede na eter. Študiral je Lorentzevo delo *Poskus teorije električnih in optičnih pojavov v gibajočih se telesih* iz leta 1895. Razpravljal je z enim od svojih profesorjev, ki ga je spodbudil, da je pomislil na objavo.

V »čudovitem letu 1905« je napisal šest člankov, ki so pomembno vplivali na razvoj fizike. Tedaj je bil star šestindvajset let in je delal na patentnem uradu v Bernu. Sredi maja se je s prijateljem Michelangelom Bessom, ki je tudi delal na patentnem uradu, pogovarjal o teh zadevah. Besso ga je že prej opozoril na Machovo kritiko Newtonovega absolutnega časa. Einstein je bil med pogovorom zelo zamišljen. Naslednjega dne je Bessu rekel, da vse razume. Konec junija je uredništvo *Fizikalnih analov* dobilo članek *K elektrodinamiki gibajočih se teles*.

V članku se je Einstein oprl na načelo relativnosti in na *načelo o konstantnosti hitrosti svetlobe*, da svetloba v praznem prostoru »potuje z določeno hitrostjo neodvisno od tega, ali jo izseva mirujoče ali gibajoče se telo«. (Pozneje je uvidel, da drugo načelo ni potrebno, ker ga vsebuje načelo relativnosti.) Eter je odveč. V *Kinematičnem delu* je s svetlobnimi bliski umeril uri na različnih krajih. Po svoje, ne v okviru Maxwellovih enačb, je izpeljal Lorentzeve transformacije za kraj in čas. Odkril je *skrčenje dolžin* in *podaljšanje časa*. Gibajoče se telo se v smeri gibanja skrči. Gibajoča se ura teče hitreje kot mirujoča. Sprememba pa je pri hitrosti telesa v :

$$\frac{1}{1-v^2/c^2} - 1 = \frac{v^2}{2c^2} + \dots$$

Hitrost svetlobe c je zelo velika, 300.000 km/s, in sprememba je pri hitrostih, ki jih dosežemo v svetu velikih teles, pri običajni natančnosti zanemarljiva. Pri natančnih merjenjih časa, ki so jih izvedli v ta namen, in pri sistemu za določanje lege na Zemlji GPS pa je treba spremembe upoštevati. V teh primerih je treba upoštevati tudi gravitacijo.

V *Elektrodinamičnem delu* članka je izpeljal Lorentzeve transformacije za količine električnega in magnetnega polja, ki so jih že poznali. Na novo je obdelal Dopplerjev pojav in zvezdno aberacijo. Nazadnje je izpeljal novi zakon gibanja in izrek o kinetični energiji. To je bila »dinamika popolnoma nove vrste«, ki jo je slutil Poincaré. Konec septembra je Einstein dodal kratek članek *Ali je vztrajnost telesa odvisna od njegove energije?* z zvezo med maso in energijo. Einstein je omenjal le načelo relativnosti. Njegov prijatelj Paul Ehrenfest je leta 1907 za Einsteinov prijem predložil ime *teorija relativnosti*. Posebna je teorija postala po letu 1915, da so jo razločili od splošne.

Potem

Ob nastanku je Einsteinova teorija tekmovala z drugimi teorijami. Redki fiziki so takoj uvideli njene prednosti. Veliko fizikov

in drugih je teorijo odklonilo, ker se niso mogli sprijazniti z nenavadnim pogledom na prostor in posebno na čas. Zanimivo je, da se je tedaj zdelo, da vrsta merjenj s hitrimi elektroni podpira neko drugo teorijo.

Danes je posebna teorija relativnosti sprejeta fizikalna teorija na območju veljavnosti. Ne zajame nekaterih pojavov v svetu atomov in gravitacije. Enačbo posebne teorije relativnosti za Dopplerjev pojav, na primer, podpirajo merjenja na osem mest natančno. Že nekaj časa merjenj ne izvajajo več, da bi podprli teorijo, ampak da preizkusijo nove merilne načine. Tako so leta 2010 izmerili podaljšanje časa pri hitrosti 10 metrov na sekundo. Posebna teorija relativnosti je univerzalno orodje fizike. Na njej so zgrajene druge uspešne teorije: relativistična kvantna mehanika, kvantna elektrodinamika in druge kvantne teorije polja. Sicer še vedno nalletimo na nasprotovanje teoriji in Einsteinu, a to je zunaj fizike.

Einsteinu so očitali, da v članku ni citiral nobenega dela drugih fizikov. Verjetno ni poznal Lorentzevega dela iz leta 1904 in Poincaréjevega iz leta 1905.

Einstein je nerad razpravljal o zaslugah. Trdil je, da bi najbrž kmalu drugi ugotovili to, kar je ugotovil on: »Kar zadeva relativnostno teorijo, sploh ni vprašanje o revolucionarnem dejanju, ampak gre za naravni razvoj na črti, ki jo lahko zasledujemo stoletja.« Lorentz je priznal: »Glavni vzrok mojega neuspeha je bilo vztrajanje pri misli, da moramo imeti spremenljivko t za pravi čas in da ne smemo videti v mojem lokalnem [transformiranem] času t' nič drugega kot pomožno matematično količino.« Einstein pa je ugotovil, da je to čas, ki ga *izmeri* gibajoči se opazovalec.

Einsteinove zasluge za posebno teorijo relativnosti so neizpodbitne. Vendar ne gre pozabiti, da je fizika skupinska dejavnost. Dosežek kakega fizika je povezan z delom njegovih predhodnikov in sodobnikov.