

PREDGOVOR

Proteklo je pola stoljeća od objavljivanja ove knjige na engleskom jeziku i četiri desetljeća od njezina prevođenja na hrvatski. Na kraju predgovora prvom izdanju prijevoda profesor Dubravko Tadić zaključuje kako priča koju je Feynman u ovom tekstu započeo nema svršetak i priželjkuje čuti od njega i njezin nastavak vezan za najnovija dostignuća. Upravo te 1976. godine imao sam sreću čuti nastavak priče od Feynmana osobno. Naime, kao mladi asistent koji je diplomirao kod prof. Tadića, bio sam primljen u šestotjednu ljetnu školu u Les Houchesu u Francuskoj u kojoj je Richard Feynman držao seriju predavanja s temom baždarnih teorija, a u sklopu ljetne škole organizirao je i nezaboravan otvoreni razgovor s njezinim polaznicima. Lokalna (baždarna) simetrija izranjala je kao dodatno načelo kojemu se podvrgavaju temeljne sile svijeta elementarnih čestica i koje dopunjuje Einsteinovo relativističko i kvantno načelo na kojemu počiva fizika 20. stoljeća. U skladu s time brusilo se „elektroslabo ujedinjenje” u obliku matematičke baždarne simetrije Glashowa, Salama i Weinberga. Tom temom prof. Tadić desetljeće poslije završava predgovor 2. izdanju prijevoda. Riječ je o nastavku izučavanja elektromagnetizma koje su započeli još Faraday i Maxwell, a zaokružili Feynman, Tomonaga i Schwinger postavljanjem kvantne elektrodinamike. Ključni

korak bilo je otkriće da slabe struje u nuklearnim beta-raspada imađu tzv. vektorsko-aksijalnu strukturu, odnosno da se u prirodi neutriini pojavljuju samo kao „lijevi”, a antineutriini samo kao „desni”. Tu epizodu (u kojoj su uz njega sudjelovali i Gell-Mann, Sudarshan i Marshak) Feynman je osobno rangirao kao svoje najveće otkriće, kao jedini trenutak u svojoj karijeri kad je uistinu spoznao novi zakon prirode! Tom prosvjetljenju prethodila je dugotrajna konfuzija u interpretaciji rezultata beta-raspada atomskih jezgara koja je privremeno mamila na druge oblike slabih struja. Nisam mogao naći mjerodavniju osobu za sud o „strujama druge vrste” na koje su u sedamdesetima ponovno upozoravali neki nuklearni beta-raspadi, a koje sam ja tada trebao izučavati. Feynman mi je savjetovao neka se ne zamaram time, pa sam se posvetio izučavanju slabih međudjelovanja u svijetu elementarnih čestica. U tom sam području u nadolazećim desetljećima svjedočio nizu otkrića okrunjivanih Nobelovom nagradom. Teorijskim otkrićem Higgsova mehanizma, za koje je dodijeljena Nobelova nagrada 2013. (prof. Tadić tu dodjelu, nažalost, nije doživio), zaokruženo je elektroslabo ujedinjenje i postavljen Standardni model čestica i sila.

U posljednjem poglavlju knjige Feynman konstatira da imamo sreću što živimo u vijeku u kojemu su otkrića osnovnih zakona prirode još moguća, a budućnost vidi u bavljenju „međusobnim povezanostima pojava na raznim razinama – npr. biološkim i sl.”. Po Feynmanovu bi mišljenju potraga za novim temeljnim zakonima fizike mogla voditi prema sve zahtjevnijim i sve skupljim akceleratorima čestica. Pola stoljeća nakon ustanovljavanja Standardnog modela možemo se pitati je li to vrijeme već nastupilo. Pritom je uputno prisjetiti se kraja devetnaestog stoljeća koje je ovladalo nebeskom mehanikom,

elektrodinamikom i termodinamikom, pa se smatralo „da se u fizici nema više što otkriti,“ (W. Thompson, 1900.). Da ne bismo ponovno upali u takvu euforiju, dovoljno je vratiti se načas Nobelovoj nagradi koju su podijelili François Englert i Peter Higgs „za teorijsko otkriće mehanizma koji pridonosi našem razumijevanju podrijetla masa subatomske čestice“. Ona je dodijeljena na temelju otkrića Higgsove čestice (kakvu predviđa Standardni model) 2012. godine na CERN-ovu velikom hadronskom sudarivaču LHC (od engl. *Large Hadron Collider*). Riječ je o dotad neviđenoj vrsti čestice koja nudi i niz kozmoloških implikacija, pa se neočekivano svemir pokazuje kao prirodni laboratorij za njezino izučavanje.

S jedne strane čestična polja tipa Higgsova imaju dobra svojstva za objašnjenje ubrzanog širenja svemira, ali s druge strane ostaje problem mjerene kozmološke konstante koja je 55 redova veličine ispod one koju predviđa Higgsova čestica mjerene mase od samo 133 protonske mase. To produbljuje i već postojeći problem hijerarhije za čije je rješenje prije bilo predloženo udvostručenje broja čestica uvođenjem njihovih „supersimetričnih“ partnera. Uz potragu za Higgsovom česticom, potraga (zasad neuspješna) za supersimetričnim česticama bila je drugi glavni razlog izgradnje LHC-a u CERN-u.

Potreba za uvođenjem novih čestica dolazi i iz fizike masivnih neutrina. Naime, Nobelova nagrada za fiziku za 2015. godinu dodijeljena je za otkriće neutrinjskih oscilacija koje pokazuje da neutriini posjeduju masu i traži poopćenje Standardnog modela na oblik koji će uzimati u obzir tu činjenicu. Svi zamislivi modeli malih neutrinjskih masa uvode dodatne nove čestice koje bi, ako su dovoljno lake, mogle biti u doseg LHC-a. Neke od čestica predloženih za objašnjenje neutrinjskih masa ujedno su kandidati za tamnu tvar na koju upozoravaju kozmološka mjerenja.

Otkrivanje težih čestica, koje su izvan dosega LHC-a, zahtijevalo bi izgradnju još moćnijeg stroja. Za donošenje takve odluke ključni bi mogli biti rezultati novoga kruga mjerenja na LHC-u. Ako bi bila donesena odluka o gradnji sudarivača koji bi bio posvećen dodatnom iscrpnom proučavanju same Higgsove čestice i njezinih mogućih partnera, bio bi to leptonski sudarivač komplementaran LHC-u. Riječ je o ILC-u (od engl. *International Linear Collider*) čija bi izgradnja počela u skorij budućnosti. Postoji već prihvaćena studija tog projekta, a Japan je spreman biti domaćin. Supravodljive akceleratorne komore dvaju linearnih ubrzivača dovodile bi elektrone i njihove antičestice pozitrone do sudara energija 500 GeV-a u detektorima smještenim na sredini 31-kilometarskog stroja. I kod ovog projekta kao i kod LHC-a naglašena je međunarodna komponenta, suradnja više od tisuću znanstvenika i inženjera s više od stotinu sveučilišta i laboratorija iz nekoliko desetaka država.

S gledišta proučavanja čestica tamne tvari ti bi visokoenergijski sudarivači trebali omogućiti njihovu eventualnu proizvodnju i detekciju. Proučavanje tamne tvari izvodi se i na komplementarnoj zemaljskoj fronti gdje se nizom eksperimenata pokušava detektirati prolaz čestica kozmičke tamne tvari kroz našu materiju, ali i na čisto kozmološkoj fronti potrage za raspadima ili anihilacijama čestica tamne tvari. Kozmologija je nekad smatrana domenom rezerviranom za gravitaciju (kao sila koja dominira u svemiru), a danas je zahvaljujući dvama najzagonetnijim obilježjima svemira (tamnim masama i tamnim energijama) u žarištu fizike čestica. Prema riječima Stevena Weinberga „spajanje fizike čestica i kozmologije dovoljan je razlog za novi početak”.

Zagreb, 2017.

prof. dr. sc. Ivica Picek