



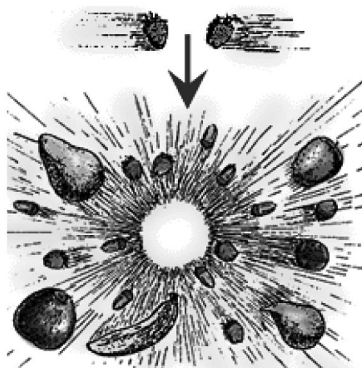
## Otkriven Higsov bozon?

Senka Đurić<sup>1</sup>

### Uvod

Fizika ponekad ostavlja dojam polja prirodnih znanosti bez otvorenih pitanja. Taj je dojam na sreću svih fizičara potpuno pogrešan! Konkretno, fizika elementarnih čestica ovih godina proživljava jedno od najzbuđljivijih razdoblja posljednjih desetljeća. Glavni uzrok uzbuđenja je Veliki hadronski sudarač, smješten u blizini Ženeve u sklopu poznatog međunarodnog instituta CERN (franc. *Conseil Européen pour la Recherche Nucleaire*), koji od 2010. godine ubrzava snopove protona do rekordno visokih energija i sudara ih. Snopovi protona ubrzavali su se do energija od 7 TeV (1 TeV je energija koju dobije jedan elektron kad prođe kroz razliku napona od 1 tera Volt) tijekom 2011. godine, a 2012. godine do 8 TeV. Znanstveni genije Albert Einstein nas uči da su energija i masa

ekvivalentni. Tu jednakost najlakše možemo zapisati famoznom formulom  $E = mc^2$ . Prema tome, energija protona pri sudaru koristi se za produkciju nekih novih čestica odgovarajuće mase. Što je energija sudara veća možemo stvoriti više čestica te čestice veće mase.



Slika 1. Sudarom čestica visoke energije stvaraju se nove čestice.

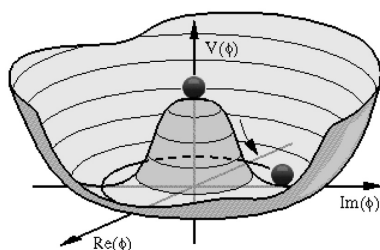
### Što je higgs?

Što je fizika elementarnih čestica? To je područje fizike koje pokušava razumjeti ponašanje najsitnijih dijelova materije. Osnovni pojmovi su elementarne čestice i elementarne interakcije. Standardni model (SM) je teorija koja obuhvaća sva naša trenutna saznanja o međudjelovanju i ponašanju elementarnih čestica. Proteklih desetljeća SM je intenzivno provjeravan s mnogo raznolikih mjerenja i sva pokazuju njegovu valjanost. Elementarne čestice se ponašaju u skladu sa SM. Međutim, on nam ne daje odgovor na sva naša pitanja. Jedno od najpopularnijih pitanja zadnjih desetljeća je “Zašto čestice imaju masu”? Jednadžbe SM, kojima se fizičari čestica

<sup>1</sup> Znanstvena novakinja u Laboratoriju za fiziku visokih energija, Zavoda za eksperimentalnu fiziku Instituta “Ruder Bošković”; e-pošta: spintar@irb.hr

koriste pri rješavanju problema međudjelovanja, izgledaju odlično, ali uz malu, i očito krivu pretpostavku, da pojedine čestice imaju masu jednaku nuli. Štoviše, rješenja koja te jednadžbe daju su u vrlo dobrom slaganju s opažanjima. Kako sada zadržati tako lijepu teoriju, a istovremeno vratiti masu česticama? Ako želimo imati čestice s masom moramo uvesti dodatni mehanizam. Najpopularniji mehanizam je tzv. Higgsov mehanizam koji je dobio naziv po Peteru Higgsu, jednom od nekoliko fizičara (Robert Brout, Francois Englert, Gerald Guralnik, C. R. Hagen i Tom Kibble) koji su došli do slične ideje otprilike u isto vrijeme šezdesetih godina prošlog stoljeća. Ideja je sljedeća: u cijelom se prostoru prostire tzv. Higgsovo polje. Potencijal Higgsovog polja ima specifičan oblik, oblik meksičkog šešira, koji omogućava česticama da imaju masu, a jednadžbama da ostanu jednostavne i lijepe. Čestice međudjeluju jače ili slabije s ovim poljem. Vrlo zgodna analogija je staza pokrivena snijegom. Ako imate skije vrlo ćete brzo proći stazu jer vrlo slabo međudjelujete sa snijegom. To odgovara vrlo laganoj čestici. Ako nosite krplje možete hodati po snijegu i bit ćete sporiji. Taj slučaj bi bila čestica koja ima veću masu. Ako ste potpuno nespremni za snijeg i hodate u cipelama upadat ćete duboko i kretati se jako sporo, što bi odgovaralo čestici s posebno velikom masom. Kao što već znamo, čestice u prirodi imaju vrlo različite mase.

Međutim, ako ovaj mehanizam zaista postoji, onda mora postojati i nova čestica koju nazivamo Higgsov bozon. U našoj analogiji ono što nazivamo Higgsov bozon (ili higgs) odgovara osnovnom gradivnom elementu sniježne staze, pahuljici snijega.



Slika 2. Potencijal Higgsovog polja ima oblik meksičkog šešira. Upravo taj specifičan oblik kojem je minimum izvan ishodišta rezultira česticama koje imaju masu veću od nule.

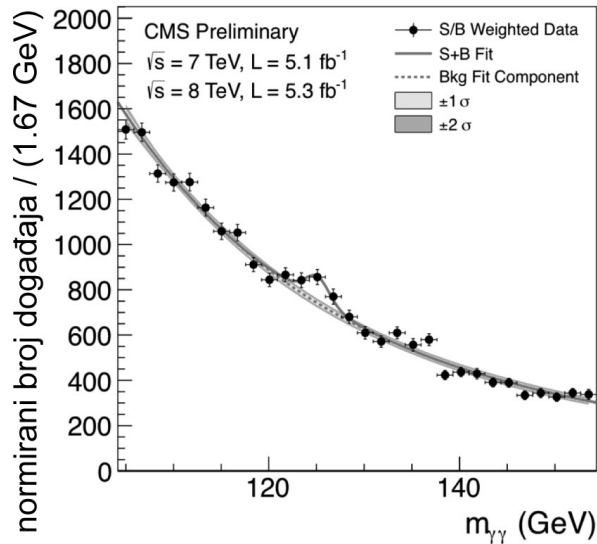
Otkrićem Higgsovog bozona potvrdili bismo i Higgsov mehanizam. Potraga za Higgsovim bozonom traje već tridesetak godina. Jedan od razloga zbog kojih je potraga ovako dugotrajna je činjenica da nam SM ne kaže kolika je masa Higgsovog bozona, što znatno otežava potragu i provedbu odgovarajućeg eksperimenta.

## Što se otkrilo?

Higgsov bozon je nestabilna čestica. To znači da se on nakon nekog vremena raspada na druge stabilnije čestice. Tako u eksperimentu nikad “ne vidimo” potpis koji je ostavio higgs već potpis koji su ostavile izlazne čestice na koje se higgs raspao. Preciznim mjerenjem tih čestica indirektno mjerimo svojstva higgsa koji je nastao u sudarima. Higgs se može raspasti na različite načine i proizvesti različite parove stabilnijih čestica, primjerice čestice svjetla – fotone, elektrone i druge.

Osim nepoznavanja mase Higgsovog bozona glavni problem mjerenja su drugi dobro poznati procesi koji imaju identičan potpis u našim detektorima. Ti procesi su mnogo češći od stvaranja Higgsovog bozona tako da ih nazivamo – pozadinom. Ako grafički

prikažemo ovisnost broja sudara ( $y$ -os) u kojima je nastalo nešto što ima potpis Higgsovog bozona o masi ( $x$ -os) koju bi imao Higgsov bozon pri raspadu u dva fotona, onda na padajućem grafu vidimo malu grbu.



Slika 3. Raspodjela mase čestice koja se raspala na dva fotona. Grba iznad isprekidane crvene linije (poznati procesi) odgovara signalu Higgsovog bozona.

Upravo ta grba odgovara sudarima u kojima je nastao Higgsov bozon dok padajuća krivulja označava poznate procese tj. pozadinu. Crne točke prikazuju izmjerenja, isprekidana linija predstavlja ono što očekujemo ako higgs ne postoji, a puna linija ono što očekujemo ako postoji higgs s masom oko 125 GeV (u fizici čestica često se koristi sustav jedinica u kojem su jedinice za masu i energiju jednake). Prema tome, vidimo da se mjerenja vrlo dobro slažu s predviđanjima.

Početkom srpnja s CERN-a su odjeknule spektakularne vijesti. Pronađena je nova čestica koja bi mogla biti Higgsov bozon. Dva neovisna eksperimenta potvrdila su opažanje nove čestice u više različitih kanala raspada.

Osim mase sva ostala temeljna svojstva Higgsovog bozona (naboj, spin,...) su određena SM-om. Međutim, trenutno nisu sva izmjerena. Tako još uvijek nismo sigurni da je novootkrivena čestica uistinu Higgsov bozon. Zasad izgleda kao higgs.

Što sad? Daljna istraživanja pokazat će da li se zaista radi o otkriću famoznog Higgsovog bozona. Naime, za mjerenje nekih svojstava nove čestice potrebno je prikupiti više podataka nego što ih je dosad prikupljeno na CERN-u. Ako se pokaže da se doista radi o higgsu odgovorili smo samo na jedno otvoreno pitanje u fizici elementarnih čestica – *Kako čestice dobivaju masu?* To pitanje ćemo moći maknuti s liste koja i dalje ostaje poduža. Evo samo nekoliko odabranih: *Zašto je gravitacijska sila toliko slabija od ostalih elementarnih sila?*; *Što je tamna tvar koja čini više od 80% materije u svemiru?*; *Što je tamna energija i zašto se svemir ubrzano širi?*; *Postoji li još elementarnih čestica koje nismo otkrili?*

Svako od ovih pitanja čeka da bude odgovoreno...