



Gorka ZOZAIA - @zotz_
Kimikaria

Masan dago sekretua (III)

Pizza on bat egiteko nola, hala gabiltza masaren oreari bueltak ematen. $E=mc^2$ harremana osagai gakoa dela ikusi berri dugu, protoi zein neutroien masaren zati handiena berau osatzen duten partikulen energiaren ondorio baita, eta ez haien masen baturarena.

Hurrengo urratsa masa hori nondik datorren argitzea izango da, eta horretarako, 1964. urtera egingo dugu, eredu estandarraren eraikuntzaren une gakora. Hiru elementuren gainean finkatzen da eredu hau: materiaren osagaiak (fermioiak), indar-eramaileak (bosoiak) eta simetria. Fermioiak quark eta leptoiak izan daitezke, eta masa neurri desberdineko hirufamiliatan banatzen dira (ez dakigu zergatik), eta hala aurkitu dira kronologikoki ere. Bestetik, elkarrekintzak ditugu, eskolatik ezagunak ditugunak, baina “telepatikoki” ez, ‘indar-eramaile’ deritzaten partikulak elkartrukatuz gertatzen direnak: hain zuzen ere, grabitatea eta grabitoia (oraino topatzeke dena), elektromagnetismoa eta fotoia, indar nuklear sendoa eta gluoia (atomoaren nukleoa estutzen duena), eta indar nuklear ahula eta Z, W⁺ eta W⁻ bosoiak (erradioaktibitatearen erantzuleak).

Fermioi eta bosoez gain, eredu estandarraren bihotza simetria da. Agerikoa da simetria fermioietan, elkarrekintzen forman eta ekuazioetan, eta are, bere bidez elektromagnetismoa eta nuklear ahula elkarrekintza beraren parte direla ikasi dugu; indar elektroahula. Baina simetria beraren arabera, bere lau bosoi indar-eramaileek masarik gabekoak izan beharko lukete, eta Zk zein Wek masa dute, eta handia! Ageriko simetriaren haustura hori Englert eta Brout belgikarrek azaldu zuten lehenik, eta Higgsek gero, 1964 hartan, ‘Higgs-en mekanismoa’ deritzana proposatu zuenean: eremu berri bat proposatzen da (Higgsen eremua), energetikoki mexikar kapela baten antza duena. Energia handiko une batean (Big Bangean), kapelaren tonto-

rrean gaude eta egoera simetrikoa da (ez da oraino masarik agertu eta indar elektroahula ez da “bitan banatu”), baina tenperatura jaistean tontorrean imajina genezakeen partikula kapelaren beheko aldera erortzen da, eta orduan simetria apurtzen da. Kapelaren beheko aldean bi gauza egin ditzake partikulak: maldan gora egiten saiatu, energia irabaziz (horixe da Higgsen bosoiak) edo beheko aldean mantendu, kapelari bueltak ematen, bide lau batean. Matematikaren arabera hirubide lau daudenez, hirubosoi berri agertzen dira: Goldston bosoiak.

Hiru bosoi horiek dira indar elektroahuleko bosoei masa emateko gai, nola eta luzetarako polarizazioa emanez. Uhinak luzetara eta transbertsalki bibratu dezakete, eta nolabait esateko, luzetara bibratzen ez baduzu, ez duzu masarik. Adibide ezaguna da argia bi filtro polarizatzaileekin estaltzen ahal dela, fotoiak ez baitu luzetara bibratzen; ez du masarik. Bestela esateko, indar elektroahuleko lau bosoei hirubosoiak “jaten” dituzte, bosoietako bat (fotoia) jatekorik gabe (masarik gabe) gelditzen dela, Z eta bi W “gizentzen” diren bitartean. Gainerako fermioiak nola gizentzen diren hurrengoan (eta azken) pizzarekin kontatuko dizuet... On egin! •

Oinarrizko partikulen eredu estandarra

materiaren hiru belaunaldiak (fermioiak)						elkarrekintzak / indar-eramaileak (bosoiak)	
I			II			III	
masa karga spina	$\approx 2.16 \text{ MeV}/c^2$ $\frac{2}{3}$ $\frac{1}{2}$	$\approx 1.2730 \text{ GeV}/c^2$ $\frac{2}{3}$ $\frac{1}{2}$	$\approx 172.57 \text{ GeV}/c^2$ $\frac{2}{3}$ $\frac{1}{2}$	0 0 1	0 0 1	$\approx 125.20 \text{ GeV}/c^2$ 0 0 0	
QUARKAK	u up	c charm	t top	g gluoia		H Higgs bosoiak	
	$\approx 4.70 \text{ MeV}/c^2$ $-\frac{1}{3}$ $\frac{1}{2}$	$\approx 93.5 \text{ MeV}/c^2$ $-\frac{1}{3}$ $\frac{1}{2}$	$\approx 4.183 \text{ GeV}/c^2$ $-\frac{1}{3}$ $\frac{1}{2}$	0 0 1		0 0 1	
	d down	s strange	b bottom	0 0 1		0 0 1	
LEPTOIAK	$\approx 0.5110 \text{ MeV}/c^2$ -1 $\frac{1}{2}$	$\approx 105.66 \text{ MeV}/c^2$ -1 $\frac{1}{2}$	$\approx 1776.93 \text{ MeV}/c^2$ -1 $\frac{1}{2}$	0 0 1		0 0 1	
	e elektroia	μ muoia	τ tau	0 0 1		0 0 1	
	$<0.8 \text{ eV}/c^2$ 0 $\frac{1}{2}$	$<0.17 \text{ MeV}/c^2$ 0 $\frac{1}{2}$	$<18.2 \text{ MeV}/c^2$ 0 $\frac{1}{2}$	0 0 1		0 0 1	
BOSOI ESKALARRAK	V_e elektroi neutrinoa	V_μ muoi neutrinoa	V_τ tau neutrinoa	0 0 1		$\approx 80.3692 \text{ GeV}/c^2$ ± 1 1	
			W bosoiak				