

EL QUARK TOP I L'ESTRUCTURA DE LA MATÈRIA

J. BERNABEU

DEPARTAMENT DE FÍSICA TEÒRICA I IFIC

El Dimarts 26 d'abril de 1994 la Col.laboració CDF (Collider Detector at Formilab) del Col.lisionador Tevatró protó-antiprotó, del Laboratori Fermi en Chicago (EE.UU.), anunciava l'article a publicar en la revista *Physical Review D* amb el títol "Evidència de la producció del Quark Top en Col.lisions protó-anti-protó a $\sqrt{s}=1.8 \text{ TeV}$ ". La presentació va ser acompanyada d'una roda de premsa on es van explicar les implicacions dels resultats. La col.laboració, formada per uns 400 físics de 34 centres de 5 països diferents, compta amb els espanyols J. Benlloch de la Universitat de València, adscrit a l'Institut de Tecnologia de Massachusetts (MIT), T. Rodrigo de la Universitat de Cantàbria, adscrita al Laboratori Fermi de Chicago, i J.F. de Trocóniz de l'Autònoma de Madrid, adscrit a la Universitat de Harvard.

Els investigadors del CDF posen èmfasi en la paraula *evidència* front a *descobrimet*. En efecte, els resultats posen de manifest un excés d'esdeveniments observats sobre el fons esperat per damunt de dues desviacions estàndards, excés amb les característiques esperades per a la producció del Quark Top. Els autors presenten una sèrie de comprovacions i estimen que la probabilitat que tots els esdeveniments foren del fons, sense producció del Top, seria només del 0,26%. El Quark Top, a partir dels esdeveniments candidats en nombre de 12, mostra una massa 185 vegades més pesada que la massa del protó, el nucli de l'àtom d'hidrogen.

L'existència del Quark Top fa que el Model Estàndard de la física actual siga consistent amb el seu contingut dels constituents elementals de la matèria, mostrats en la Taula 1.

Els quarks presenten una interacció mútua de caràcter fort, responsable del nucli atòmic, mentre que els leptons, formats per neutrins i electrons, no són sensibles a aquesta força. Hi ha tres famílies de quarks que es repeteixen en les propietats, excepte que són cada vegada més massius. Els nuclis atòmics de la matèria ordinària estan formats per protons i neutrons. El protó de càrrega +1 és format per tres quarks u, u, d confinats al seu interior; el

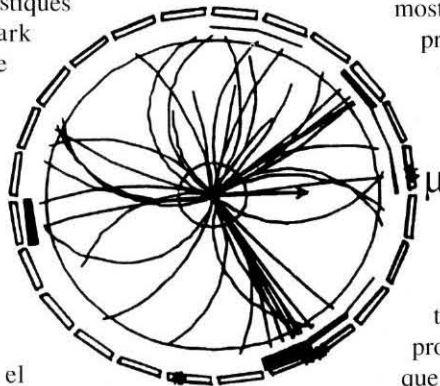
neutró, de càrrega nul·la, és format per tres quarks u, d, d, tots ells de la primera família. Però, en els laboratoris de física de partícules podem re-crear les condicions que la matèria tenia en les èpoques primitives de l'Univers, quan era comprimit i calent. A altes energies (temperatures) la matèria es manifesta com un plasma amb eixa explicació en tres famílies.

Per a quarks pesants, hi ha dues propietats que fan difícil la seua detecció directa:

1) necessitem acceleradors de més alta energia per a la seua producció mitjançant la relació d'Einstein $E_0 = mc^2$, on "c" és la velocitat de la llum en el buit, "m" la massa i E_0 la corresponent contribució a l'energia. A més a més, en Col.lisions protó-

antiprotó els quarks "t" són produïts a parells, per això el Tevatró té energies de l'ordre $1\text{TeV} = 10^{12} \text{ eV}$;

2) els quarks pesants són més i més inestables, amb una vida mitjana tan curta que sols podem detectar els seus productes de desintegració. La Figura 1 ens mostra un dels esdeveniments candidats a la producció i desintegració de quarks "t" en CDF.



Producció i desintegració d'un parell de quarks "t" en el Detector CDF del Col.lisionador Tevatró.

Ateses aquestes raons, el quark "t", encara que esperat, havia escapat a la seua detecció en els últims anys. Esperat? A més de per la seua falta en l'esquema teòric de la Taula 1, amb una simetria Quark-Leptó exigida, hom disposa d'evidències indirectes de l'existència del quark top: 1) les propietats del quark "b" mostren el senyal que té un company en la tercera família; 2) els resultats d'alta precisió de l'accelerador LEP, el Col.lisionador electró-positró del Laboratori Europeu de Física de Partícules (CERN) en Ginevra, encara que d'energia incapaç de produir el quark "t" com a partícula real, mostren l'efecte del quark "t" virtualment, com exigeix la Mecànica Quàntica. El lector comprén així la raó que l'evidència mostrada ara per CDF en favor de l'existència del quark "t" no ha causat sorpresa dins de la comunitat científica. Era una necessitat, però la seua observació directa és una exigència del Mètode Científic per a considerar el Quark Top com a una veritat establerta.

Càrrega Elèctrica	Quarks			Leptons			Càrrega Elèctrica
	u	c	t	ν_e	ν_μ	ν_τ	
+ 2/3	u	c	t	ν_e	ν_μ	ν_τ	0
- 2/3	d	s	b	e	μ	τ	-1

Taula 1.- Constituents elementals de la matèria, amb tres famílies de quarks i tres de leptons