

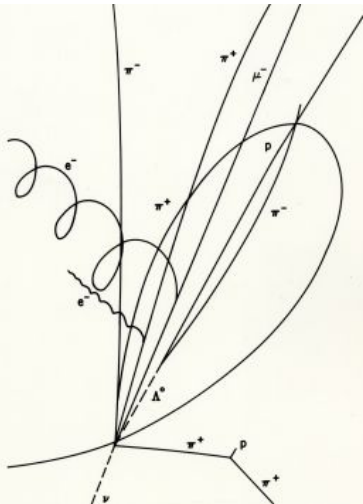
## La revolución de los quarks

Los físicos teóricos propusieron, hace 50 años, la existencia de sorprendentes partículas, constituyentes del núcleo atómico. Los experimentos las confirmaron

ALVARO DE RUJULA | 15 ABR 2014 - 21:01 CET

30

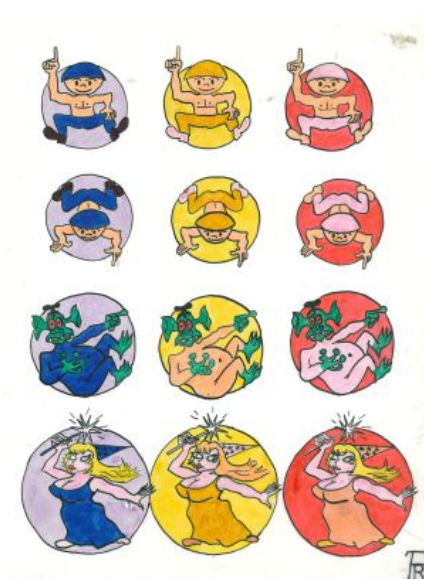
Archivado en: CERN Física nuclear Física Ciencias exactas Investigación científica Organizaciones internacionales Ciencia Relaciones exteriores



Fotografía, en la una cámara de burbujas, de las dos primeras partículas encantadas. / BROOKHAVEN NATIONAL LABORATORY

Los quarks, que este año cumplieron los 50 años, tardaron 20 en pasar de ser una idea increíble de los físicos teóricos de partículas a una realidad sorprendente. La idea tiene tres autores simultáneos: André Petermann la publicó en francés, condenándola a que nadie se enterase. Murray Gell-Mann obtuvo el Nobel (1969) en parte por ella, pero su artículo original fue rechazado por la prestigiosa revista *Physical Review Letters (PLR)*. A George Zweig, el director de teoría del CERN le impidió incluso dar una charla sobre el tema. Tampoco los científicos aceptan fácilmente ideas revolucionarias.

Quark es un requesón alemán, una oscura cita de Gell-Mann a James Joyce.



Los cuatro quarks up, down, extraño y encantado, en sus tres colores, caricaturizados por Álvaro de Rujula, en 1975. / A.D.R.

Ahora enseñan en la escuela que estamos hechos de moléculas, compuestas por átomos. Estos están constituidos por electrones y un núcleo con protones y neutrones. A diferencia de los electrones —que si tienen partes, no lo sabemos—, los protones y neutrones están hechos de quarks *up* (*u*) y *down* (*d*). El protón es la combinación *uud* y el neutrón, *udd*. Cada quark tiene su correspondiente partícula de antimateria: un antiquark. Y también existen partículas hechas de un quark y un antiquark.

En 1964, el problema a resolver era que el número de partículas conocidas era enorme: difícil pensar que todas fuesen elementales, es decir, no constituidas por unas pocas más pequeñas aún. Además, se conocían ya otras partículas, significativamente llamadas *extrañas*, que alargaban la lista. Los quarks eran la solución, con solo tres: *up*, *down* y un tercer llamado *strange* (*s*) se podía construir toda la manada de dichas partículas y explicar muchas de sus propiedades. Bonito y sencillísimo, pero ¿por qué revolucionario?

La razón más obvia es que entonces se pensaba que todas las cosas que tienen partes... se pueden partir. El hidrógeno, por ejemplo, está constituido por un protón y un electrón. Prueba de que así es, es que si lo rompemos se rompe en... un protón y un electrón. Y la más revolucionaria propiedad de los quarks es que no puedan aislarse. Si uno intenta romper un protón, no se rompe en dos quarks *u* y un *d*, sino que se crea un par quark-antiquark, y uno obtiene, por ejemplo, un

neutrón y otra partícula compuesta de un u y un anti-d. ¡Hay cosas que tienen partes, pero cuando las partes, no se parten en sus partes! Esta peculiaridad de los quarks es el *confinamiento*. Un quark está o indisolublemente ligado a su pareja (un antiquark), o forma parte, como en el protón, de un *ménage à trois*.

Sheldon Glashow y otros sugirieron, por motivos discutibles, la existencia del c, un cuarto quark *encantado* (*charmed*). Pero las leyes de la naturaleza son como Alemania: todo lo que no está prohibido es obligatorio. Glashow, Jean Iliopoulos y Luciano Maiani demostraron que, como por arte de *birlibirloque*, con cuatro quarks (u, d, c, s) ciertos procesos no observados estaban prohibidos, mientras que con un número impar (u, d, s) serían inevitables. El mágico encanto del cuarto quark devino irresistible. Ahora sabemos que quarks hay seis (par) y que probablemente la lista es completa. También obligatorio: para construir un protón con tres quarks, cada quark debe tener tres versiones, llamadas *colores*, aunque no tengan nada que ver con los de la luz. Así que, hacia 1970, sospechábamos que existían cuatro quarks (u, d, c, s), cada uno en tricolor.

Cada uno de estos constituyentes de la materia tiene tres versiones, o ‘colores’

En 1973 David Politzer y, casi simultáneamente, David Gross y Frank Wilczek enviaron a *PRL* la prueba de que la teoría que describe cómo interaccionan los quarks (llamada  *Cromodinámica*) es asintóticamente libre: cuanto más de cerca observamos quarks, más libres parecen, sus interacciones se debilitan.

Estas raras teorías empezaron a ser irrefutables en noviembre de 1975. Con un día de intervalo, los equipos de Samuel Ting y Burton Richter anunciaron el descubrimiento de dos nuevas partículas —que eran la misma— con propiedades incomprensibles: la J y la Psi. *PRL* sacó, *ipso facto*, ocho (!) artículos de 19 autores interpretando la J/Psi. Solo dos dieron en el clavo: se trataba del *charmonio*, compuesto de un quark encantado y su antiquark anti-encantado, con un encanto total nulo. En la interpretación de la J/Psi, la libertad asintótica jugaba un rol crucial.

Para convencer a la comunidad científica de algo ya obvio (los quarks existen) se necesitaba más leña. Un experimento liderado por Nick Samios fotografió las dos primeras partículas claramente encantadas, cuyas propiedades eran precisamente las predichas. Ni eso bastó. Zoquetes.

Hay un premio millonario para quien demuestre el confinamiento

Todo físico estudia el átomo de hidrógeno, sus niveles de energía y las transiciones entre ellos. Si el recientemente descubierto J/Psi era un estado de *charmonio*, habría otros y en conjunto se parecerían al hidrógeno como dos gotas de agua. Así resultó ser. Los empecinados cambiaron de chaqueta: todos eran *quarkócratas* “de toda la vida”. Muchas otras partículas encantadas, también con las propiedades precisamente predichas, se descubrieron desde 1976. Caso cerrado.

Ahí seguimos: ¿por qué están los quarks insuperablemente confinados? El complemento de la libertad asintótica es la *esclavitud infrarroja*: el que dos quarks, cuanto más se alejan, más ligados están. Falta algún paso para probar teórica e irrefutablemente su confinamiento y hay un premio del Clay Institute (un millón de dólares) para quien lo consiga. ¿Quizás alguno de nuestros científicos en exilio forzoso, o en paro?

**Álvaro de Rújula** es físico teórico del [Laboratorio Europeo de Física de Partículas \(CERN\)](#) y del [Instituto de Física Teórica \(CSIC-UAM\)](#).