

# RICHTER Y TING, PREMIOS NOBEL DE FÍSICA



Publicado en la revista ARBOR, núm. 371.—Noviembre 1976

# Richter y Ting, Premios Nobel de Física

por F. J. Ynduráin

## SIGNIFICADO EN LA FÍSICA DE LAS NUEVAS PARTÍCULAS

El premio Nobel de Física ha sido otorgado este año a los profesores Richter y Ting, por el descubrimiento de las partículas conocidas como partículas  $\psi$  (o partícula J). ¿Cuál es la relevancia de estas partículas? ¿Por qué su hallazgo es más importante que el de otras de las que se descubren continuamente por docenas? Para intentar explicar esto es necesario comenzar desde mucho antes: en cierto sentido, desde el siglo pasado.

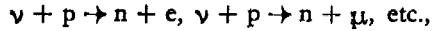
La desintegración radiactiva de algunos núcleos atómicos es un fenómeno conocido desde hace largo tiempo (Becquerel, 1896). La primera interpretación teórica de estos procesos fue dada por Fermi en 1932. La hipótesis de Fermi consistía en suponer que la desintegración tenía lugar al decaer uno de los neutrones ( $n$ ) del núcleo en un protón ( $p$ ), un electrón ( $e$ ) y un neutrino ( $\nu$ ), de acuerdo con el esquema

$$n \rightarrow p + e + \nu$$

En esta teoría se suponía que la interacción responsable actuaba puntualmente; es decir, las tres partículas finales  $p$ ,  $e$  y  $\nu$  salían del mismo punto que ocupaba el neutrón original. A esto se le llama una *interacción de contacto*. Posteriormente (Anderson, 1934), se descubrió una nueva partícula, el muón ( $\mu$ ), cuya desintegración en un electrón y dos neutrinos,

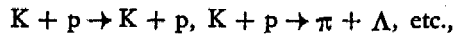
$$\mu \rightarrow e + \nu + \nu$$

se explicaba también con el mismo esquema. La constante que caracteriza a estas fuerzas, a la que hoy se conoce como constante de Fermi y se denota por  $G_F$ , es extremadamente pequeña:  $G_F \sim 0,0000102$ , en unidades de la masa del protón. Debido a esto, se llamó *interacción débil* a la responsable de dichos procesos. Más tarde se encontraron (primero por Reines y Cowan, a baja energía, después en los aceleradores de gran energía) los procesos inversos,

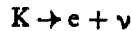


siempre bien descritos por el esquema de Fermi (y su posterior refinamiento, que tenía en cuenta la violación de la paridad debido a Feynman y Gell-Mann).

En los años cincuenta se descubrieron en los rayos cósmicos, y después se produjeron artificialmente en el laboratorio, unas nuevas partículas que, por sus curiosas propiedades, se denominaron *partículas extrañas*. Estas partículas, como por ejemplo el Kaon (K) podían interactuar con la materia ordinaria en reacciones tales como



y lo hacían con una fuerza caracterizada por una constante del orden de  $10^{-4}$ . Sin embargo, cuando se desintegraban en partículas ordinarias, en procesos tales como

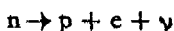


la interacción era del orden de la constante de Fermi. La solución a este rompecabezas fue la siguiente: es sabido que la paridad se conserva por todas las interacciones, *excepto* por las débiles. Por tanto, podía suponerse que esta propiedad de las interacciones débiles, de no respetar leyes de conservación obedecidas por otras simetrías, también se extendería a otros atributos de las partículas. Según esto, se postuló que las partículas extrañas llevan un nuevo número cuántico (propiedad intrínseca), llamado *extrañeza*: de manera que los procesos en que ésta no cambie vienen mediados por las fuerzas ordinarias (fuerzas nucleares, electromagnéticas...); y los cambios de extrañeza sólo sean producidos por las interacciones débiles. En un proceso tal como la desintegración de una partícula extraña en partículas ordinarias ( $K \rightarrow e + \nu$ ), por fuerza se viola la extrañeza, ya que, por definición, las partículas ordinarias no la tienen: deberá, pues, ser debido a la interacción débil, quedando, por tanto, explicado el problema (1). De hecho, hay aún más.

---

\* Compárase con la constante de Fermi  $G_F$ .

La fuerza responsable de las desintegraciones (débiles) de las partículas extrañas es aún unas cinco veces menor que la responsable de la desintegración de las partículas ordinarias. Cabibbo explicó esto suponiendo que había una fuerza única responsable de todos los procesos «débiles», pero que esta fuerza se repartía entre ambos tipos de desintegración. De esta hipótesis se sigue que las fuerzas efectivas para, por ejemplo, desintegraciones tales como



tenían que estar en la relación de seno a coseno del ángulo que determina qué proporción de la fuerza original afecta a cada uno de los dos procesos. Matemáticamente, si  $G_F$  ( $\Delta S = 0$ ) es \* la fuerza que caracteriza a  $n \rightarrow p + e + \nu$ , y llamamos  $G$  ( $\Delta S \neq 0$ ) a la que lo hace con  $K \rightarrow e + \nu$ , entonces  $G$  ( $\Delta S \neq 0$ ) =  $G_F \text{ sen } \theta$ ,  $G$  ( $\Delta S = 0$ ) =  $G_F \text{ cos } \theta$ , donde  $\theta$  es lo que podríamos llamar «ángulo de reparto», experimentalmente de unos 0,2 radianes.

Estas hipótesis han sido verificadas experimentalmente con las docenas de partículas extrañas conocidas en la actualidad.

A pesar de este éxito, quedaban dos problemas fundamentales: en primer lugar, la teoría de Fermi, por ser de tipo de contacto, es matemáticamente inconsistente en cuanto se quisiera pasar en los cálculos de la primera aproximación. En segundo lugar, no había explicación en el esquema para el hecho de no existir desintegración tal como



Con respecto al primer problema, Glashow y, sobre todo, Weinberg y Salam (2), propusieron una alternativa. En esta alternativa se sustituía la interacción original de contacto de Fermi por una interacción de intercambio, similar a la electromagnética o la de Yuhawa. Para construir esta nueva teoría era necesario suponer que las interacciones débiles y las electromagnéticas son aspectos distintos de una sola interacción más fundamental. Tal esquema cautivó inmediatamente la mente de los físicos: la unificación de distintas interacciones es un viejo sueño, propuesto ya desde principios de siglo por Einstein, entre otros. Desgraciadamente, la teoría predecía forzosamente la existencia de procesos tales como la colisión elás-

\* S es la inicial de extrañeza en inglés (*strangeness*).

tica neutrino-electrón ( $\nu + e \rightarrow \nu + e$ ), que na habían sido observados y, sobre todo, desintegraciones tales como la ya citada  $K \rightarrow e + e$ , que se sabe son inexistentes. Con respecto al primer tipo de reacciones, la dificultad desapareció pronto, pues fueron observados en el CERN, tras intensa búsqueda: lo que supuso un gran triunfo de la nueva teoría y una agudización del problema de la desintegración del kaón en dos electrones (uno positivo y otro negativo),  $K \rightarrow e + e$ .

Una posible solución a esta dificultad fue propuesta en 1964 por Björkon y Glashow y, posteriormente, dentro del marco de la nueva teoría unificada, por el mismo Glashow, Iliopoulos y Maiani (3). La idea era que la desintegración  $K \rightarrow e + e$ , permitida por las interacciones débiles conocidas hasta entonces, no tenía lugar, porque existe otra fuerza de igual magnitud y sentido contrario, que la cancela exactamente. La manera de introducir dicha fuerza fue suponer que existe otro tipo de partículas que están en relación a las extrañas, como éstas a las usuales. Dichas partículas estarían caracterizadas por una nueva propiedad intrínseca (número cuántico), a la que se llamó *charm* (encanto, en inglés, por lo atractivo teóricamente de su existencia). La fuerza débil se repartiría entre ellas y las extrañas como en el esquema de Cabibbo, ya mencionado, salvo que el ángulo de mezcla sería exactamente opuesto. Por tanto, el proceso  $K \rightarrow e + e$  estaría solicitado por dos fuerzas: la  $G_F$  sen  $\theta$ , ya mencionado, y la nueva  $G_F$  sen  $(-\theta) = -G_F$  sen  $\theta$ , que la anula exactamente. A pesar de su indudable *encanto*, este esquema fue recibido con escepticismo, debido o que postulaba partículas (las partículas con *charm*) que no habían sido nunca observadas experimentalmente. La razón que se dio para ello es que estas partículas debían pesar mucho más que las partículas sin *charm*, pero esto parecía algo artificial.

Tal situación cambió de forma radical. Las nuevas partículas, cuyo descubrimiento por Richter y Ting fue recompensado con el último premio Nobel, fueron las responsables. Dichas partículas (a las que Richter llamó  $\psi$ , y Ting  $J^*$ , tienen la curiosa propiedad de pesar unas tres veces más y tener duración unas cien veces superior a la de las partículas ordinarias con propiedades similares. No pasó mucho tiempo sin que Appelquist y Politzer e, independientemente, De Rújula y Glashow (4) mostraran que estas propiedades podían explicarse si se suponía que la  $\psi$  contenía *charm* de forma oculta; es decir, que era un estado ligado de partículas «charmadas».

\* Ting las llamó  $J$  porque esta letra se parece al símbolo que en chino representa el nombre «Ting». Sin embargo, es  $\psi$  la designación que se ha impuesto.

Esta interpretación implicaba la existencia de partículas con *charm* aparente y con una masa aproximadamente la mitad de la de la partícula  $\psi$ : es decir, de unas dos veces la masa del protón (la masa de la  $\psi$  es de 3,4 veces la del protón). Recientemente, estas partículas han sido encontradas: y, tal y como predice la extensión del modelo de Cabibbo descrito, se desintegran predominantemente en partículas extrañas, con una fuerza que, dentro de los aún grandes errores experimentales, es aproximadamente  $G_F \cos \theta$ , en perfecto acuerdo con el esquema de Bjorkón, Glashow, Iliopoulos y Maiani. El significado de las partículas  $\psi$  aparece así como la primera confirmación experimental de unas ideas teóricas extraordinariamente atractivas, puesto que son capaces de dar un significado riguroso a la vieja hipótesis de Fermi y, por tanto, una explicación completa del mecanismo de desintegración nuclear radiactiva, a la vez que unifican el electromagnetismo y las fuerzas responsables de dichas desintegraciones.

Para terminar, queremos hacer tres comentarios. En primer lugar, que la unificación que dio lugar a la predicción de la existencia de las partículas con *charm*, se ha extendido recientemente por Georgi y Glashow y otros científicos a todas las interacciones fundamentales (excepto la gravitatoria \*, aunque aún no esté claro cuál sea el esquema definitivo.

En segundo lugar, que las teorías unificadas con *charm* tienen muchas otras predicciones, tales como violación inducida de paridad en física atómica, también verificadas experimentalmente.

Y, para terminar, que, aunque esté totalmente justificada la adjudicación del premio Nobel a Richter y Ting, es una lástima que no se haya extendido este premio a Shelley Glashow, físico que ha participado en prácticamente todos los desarrollos teóricos que han dado sentido al hallazgo experimental.

---

\* Es curioso hacer notar que fue la interacción gravitatoria la que Einstein intentó unificar originalmente con la electromagnética.

## REFERENCIAS

1. Para una exposición de la situación en física de partículas elementales hasta la década de los sesenta, recomendamos el texto de C. N. Yang (*Elementary Particles: A Short History of some Discoveries in Atomic Physics*), escrito para «una audiencia de universitarios con interés general sobre la ciencia».
2. S. Weinberg, *Physical Review Letters*, 19, 1264, 1972. A Salam, *Elementary Particle Physics*, editado por N. Svartholm, 1973.
3. S. L. Glashow, J. Iliopoulos y L. Maiani, *Physical Review*, D2, 1285, 1970.
4. T. Appelquist y H. D. Politzer, *Physical Review Letters*, 34, 431, 1975. De Rújula y S. L. Glashow, *Physical Review Letters*, 34, 46, 1975.