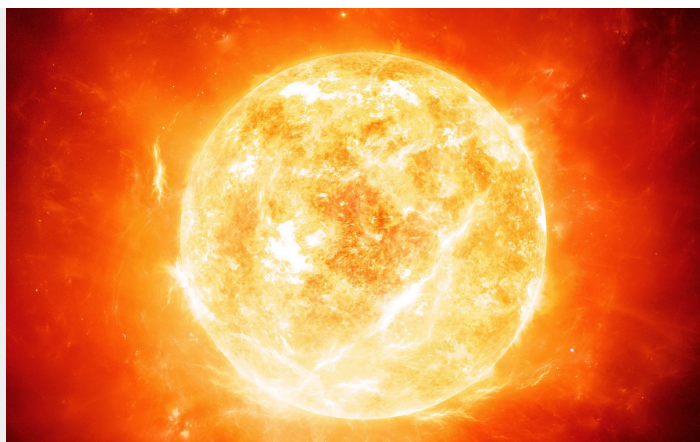


# LA INTERACCIÓN DÉBIL

Posted on 31 octubre, 2017 by Luis A. Orozco



¿Por qué el Sol no se consume? ¿Cómo acabará su existencia? ¿De dónde sale su energía? Las dos primeras preguntas han interesado a los humanos desde tiempos inmemorables...

Category: [Ciencia](#)

Tag: [Ciencias Exactas](#)



## **¿Por qué el Sol no se consume? ¿Cómo acabará su existencia? ¿De dónde sale su energía?**

Las dos primeras preguntas han interesado a los seres humanos desde tiempos inmemorables, mientras la tercera probablemente apareció hace unos cuatrocientos años, cuando la física comenzó a afianzar sus ideas sobre fuerza, trabajo, energía e interacciones. Su respuesta, a lo largo del siglo veinte, ha sido una de las aventuras más interesantes de la física e involucra multitud de sorpresas.

Ernest Rutherford, físico de Nueva Zelanda, descubrió los rayos beta a fines del siglo XIX; un tipo de radiación emitida por materiales radioactivos, como el uranio, que penetraba la materia más que otro tipo de radiación. Determinó que los rayos beta eran partículas negativas (electrones), mientras los alfa eran partículas positivas y mucho más pesadas (núcleos de helio). Rutherford descubrió en 1908 el núcleo de los átomos donde se concentraba toda su carga positiva. No entendía cómo era posible mantenerlo unido, pues la fuerza de repulsión entre las partículas de la misma carga (hoy llamados protones) sería enorme. Postuló la existencia en el núcleo de otras partículas neutras para estabilizar el núcleo (hoy llamados neutrones). Los rayos beta que salen del núcleo (decaimiento beta), dan como resultado una transmutación de éste. Un elemento químico como el helio se convierte en otro elemento químico como el litio, que se diferencia del anterior en tener un protón más en su núcleo. James Chadwick, uno de los alumnos de Rutherford, fue quien descubrió al neutrón en 1932, pero la pregunta de por qué un electrón salía del núcleo si sólo había protones y neutrones seguía sin respuesta.

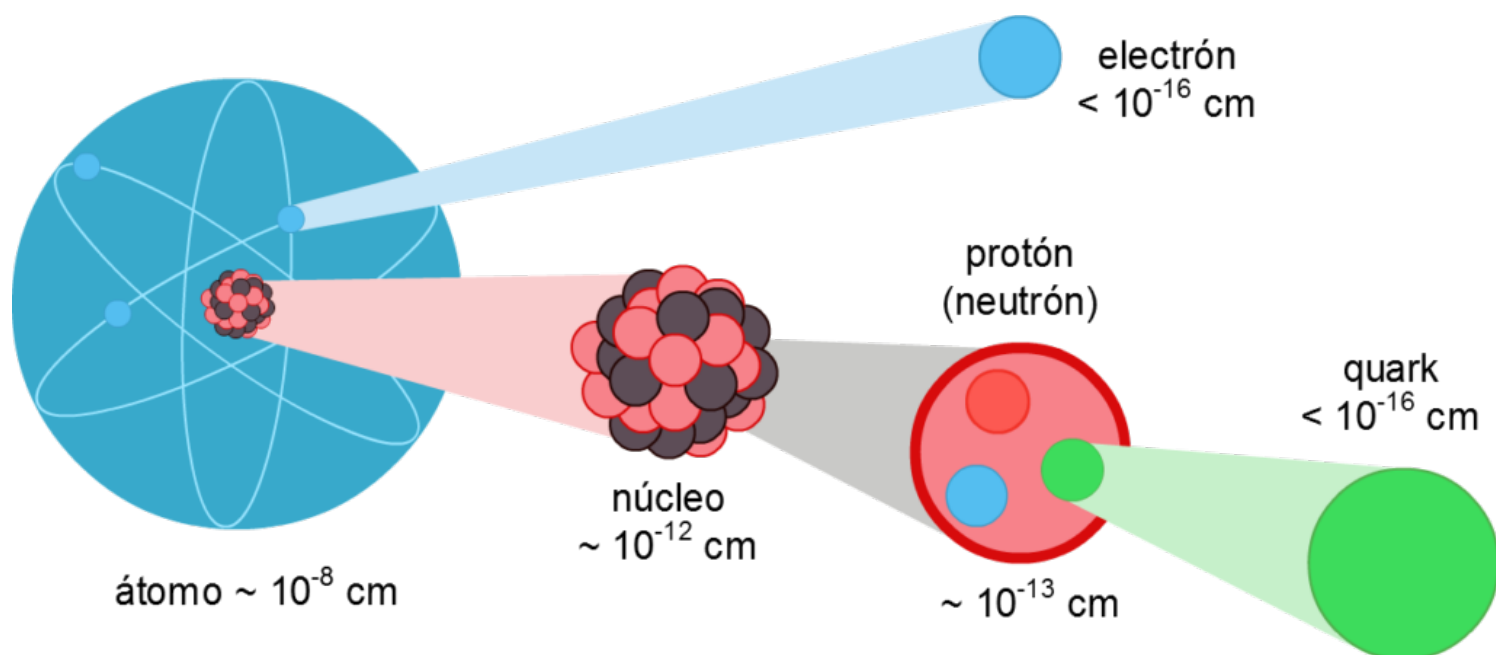


Ernest Rutherford

*¿Por qué un electrón salía del núcleo si sólo había protones y neutrones?*

La respuesta está en la interacción débil, una de las cuatro interacciones identificadas hasta hoy en día; las otras son la gravitacional, la electromagnética y la nuclear fuerte. Estamos acostumbrados a pensar en las interacciones como fuerzas de atracción y repulsión, pero también pueden ser capaces de cambiar propiedades de partículas. Una manera de entender las interacciones es mediante el intercambio constante de otras partículas como en un juego de tenis, con los jugadores simplemente boleando. Un observador a distancia, quien no alcanza a distinguir la bola puede decir: hay una fuerza de atracción entre los dos jugadores pues mantienen su distancia de separación. Si la bola es mas pesada que una normal, la separación será menor; si es mas liviana la separación será mayor. La interacción débil tiene una propiedad extra y es lo que la distingue de las interacciones clásicas que sólo producen un cambio en la cantidad de movimiento (momentum), de las partículas: es capaz de cambiar el tipo de partícula, así el neutrón se convierte en un protón en el proceso de decaimiento beta. Esto último sólo sucede gracias a la existencia en el mundo

microscópico de la propiedad del "sabor" de una partícula. El tipo de partícula está caracterizado por una serie de números cuánticos y sólo la fuerza débil puede cambiar el sabor. Las partículas fundamentales con masa y spin un medio (llamadas fermiones) son los quarks y los leptones. Todas sienten la interacción débil y están asociadas en tres familias donde a cada una corresponden dos leptones y dos quarks.



Los neutrones tienen dos quarks d y un quark u, los protones tienen dos quarks u y un quark d. Cuando hay un decaimiento beta, un quark d dentro de un neutrón se convierte en un quark u lo cual convierte al neutrón en un protón pero debe emitir un electrón (conservación de carga) y un antineutrino (conservación de numero de leptones). El proceso es mas complicado que la simple conversión de neutrón en protón y como las partículas de la interacción débil son muy pesadas (como unas 100 veces un protón, casi tan pesadas como un átomo de plata) la distancia entre las dos partículas debe ser muy corta (millones de veces menor al tamaño de un átomo). En el Sol las partículas se acercan, muy de vez en cuando, lo suficiente para sentir la interacción débil y eso inicia el ciclo solar cuando un protón se convierte en un neutrón, un electrón positivo (conservación de carga eléctrica) y un neutrino (conservación de numero de leptones). Un neutrón y un protón se juntan gracias a la fuerza fuerte y forman un núcleo de deuterio y dos núcleos de deuterio pueden entonces formar un núcleo de helio, iniciando el proceso de fusión que genera energía (origen de la energía del Sol) el cual nos llega en forma de radiación electromagnética: luz y calor. El proceso es muy raro y por eso el Sol no parece consumirse (o tarda tanto tiempo en hacerlo). Por esto, la interacción débil juega un papel protagónico en el fin del astro rey, pues puede terminar como estrella de neutrones, como supernova u otras posibilidades en el vasto catalogo de las estrellas.

Enrico Fermi, en los años treinta, fue quien primero entendió la forma de la interacción. En un golpe genial asumió que se parecía a la electromagnética: la cual está caracterizada por una interacción

entre dos corrientes eléctricas (después de todo los jugadores de tenis se están moviendo). Ahora decimos una corriente es leptónica y la otra de quarks. Con ello logró explicar y predecir detalles del decaimiento beta.

*Pese a no conservarse el sabor de las partículas en la interacción débil, la carga eléctrica, parecía conservarse.*

Todo parecía bien y pese a no conservarse el sabor de las partículas en la interacción débil, lo demás como la carga eléctrica, parecía conservarse. De repente una revisión cuidadosa de los experimentos hecha por Tsung-Dao Lee y Chen-Ning Yang en 1956 no aportó evidencia de la conservación de la paridad. Esto es, de manera muy simplificada, la simetría de derecha e izquierda en la naturaleza. Sugirieron tres experimentos y a finales de ese año quedó establecido el rompimiento de la simetría de paridad, y ese rompimiento es total. La naturaleza, en la interacción débil, diferencia entre partículas derechas y partículas zurdas. Otra combinación de simetrías, carga y paridad, tampoco es conservada por la interacción débil pero en este caso el rompimiento es parcial y sólo una de cada diez mil veces sucede como lo midieron James Cronings y Val Fitch en 1964.

*En los años sesentas quedó establecido el modelo estándar de interacciones.*

En los años sesentas gracias al trabajo de Steve Weimberg, Abdus Salam y Sheldon Glashow quedó establecido el modelo estándar de interacciones, lo cual unificó a la fuerza débil con el electromagnetismo. Uno de los resultados fue la predicción de la existencia de tres partículas para la interacción débil (las bolas del juego de tenis son de tres tipos): una positiva, una negativa y una neutra. La evidencia de procesos debidos a la partícula neutra a finales de los setenta fue clave para la aceptación del modelo estándar. En los años ochenta, liderado por Carlo Rubbia en CERN, el grupo UA1 detectó las tres partículas responsables de la fuerza débil:  $W^+$ ,  $W^-$  y  $Z^0$ .

Raymond Davis utilizó un detector, con toneladas de cloro dentro de una mina a más de un kilómetro de profundidad, para detectar un tipo de neutrinos procedentes del Sol y observó un déficit. Ahora sabemos que los neutrinos cambian de familia conforme viajan en el espacio y eso es la causa del déficit. La interacción débil muestra así su sutileza.

*¿Tendrá la interacción débil otras sorpresas guardadas para experimentos más precisos y teorías más audaces?*

Probablemente sí. Después de todo su capacidad de cambiar el sabor de las partículas la vuelve muy especial.  $C^2$