
EFECTOS COLATERALES DE UNA INVESTIGACIÓN

Emilio Quea Almeida

82 **R**evisando el anteproyecto de la investigación titulada: "La práctica de laboratorio en la enseñanza de las ondas electromagnéticas en jóvenes que cursan la especialidad de física-matemática..." fue muy impresionante los avanzados conocimientos con que me encontré al indagar sobre la literatura escrita al respecto. En el presente trabajo expondré el tema que mas me llamó la atención: La teoría del campo unificado; aspecto de la Física por el cual Einstein luchó hasta su desaparición.

a) LAS FUERZAS BÁSICAS DEL UNIVERSO

Hasta donde hoy se sabe hay en la naturaleza cuatro fuerzas fundamentales; cuatro interacciones básicas que son las responsables de todas las propiedades de la materia. En el cuadro 1 están indicados los diferentes tipos de interacciones y las característica de ellas: intensidad y alcance (Han 132). Además rango de la fuerza y partícula mediadora.

Cuadro N°1

| Tipo de fuerza básica | Intensidad relativa | Alcance | Rango de la fuerza | Partícula de campo mediadores |
|-------------------------|---------------------|--------------|--------------------|-------------------------------|
| Fuerza nuclear fuerte | 100 | 10^{-15} m | Corta | Gluón |
| Fuerza electromagnética | 1 | Infinito | Larga | Fotón |
| Fuerza nuclear débil | 10^{-11} | 10^{-18} m | Corta | $W^{\pm\pm}, Z$ |
| Fuerza Gravitacional | 10-38 | Infinito | Larga | Gravitón |

Dos de las fuerzas básicas, la gravitacional y la electromagnética son las que tienen incumbencia en todos los fenómenos relacionados entre la materia de tamaño atómico y la materia de la parte conocida del universo (nivel macro).

Cuando descendemos a la escala del núcleo atómico, es decir a la escala de un fermi (10^{-15} m), encontramos una serie de partículas subnucleares que corresponden a la fuerza nuclear débil y a la fuerza nuclear fuerte.

Históricamente la gravedad es la primera de las cuatro fuerzas que fue tratada científicamente. El auténtico papel de la gravedad como fuerza de la naturaleza no fue reconocido completamente hasta que se publicó teoría de la gravitación de Newton en el siglo XVIII (Davies 73).

La fuerza de la gravedad entre partículas es siempre atractiva, actúa para juntarlas. "Quizás lo más sorprendente de la gravedad sea su extrema debilidad. La fuerza de la gravedad entre los componentes de un átomo de hidrógeno es un 10^{-39} de la fuerza eléctrica" Davies 74.

Donde quiera que miremos vemos la gravedad en acción. Es importante darse cuenta de que la gravedad no sólo atrae un cuerpo hacia otro cuerpo, sino que también atrae a cada cuerpo hacia sí mismo. La gravedad conserva siempre la misma tendencia: atrae una materia hacia otra, cuanto más materia hay, mayor es la atracción. Sin embargo, la gravedad acumulativa, y "cuanta mayor cantidad de materia tengamos mayor será la fuerza de atracción y cuando un cuerpo está sometido a una gravedad tan grande que no puede soportar su propio peso el cuerpo colapsa. Cuando se produce el colapso gravitatorio el resultado final puede ser un agujero negro". Davies 121.

b) LA UNIÓN DEL CAMPO ELÉCTRICO CON EL CAMPO MAGNÉTICO.

Einstein expresaba que "el gran cambio en la base axiomática de la Física en otras palabras de nuestra concepción de la estructura de la realidad- fue debido a los trabajos de Faraday y de Maxwell en el fenómeno electromagnético.

Hasta entonces la realidad consistía, para la ciencia, en materia que se movía impulsada por fuerzas atractivas y repulsivas, en un espacio inmodificable de acuerdo con la duración de un tiempo igual en todas partes. La aparición del campo electromagnético, dio un golpe de muerte a este concepto mecanicista.

Y ¿qué es el campo electromagnético?

Para dar respuesta a este concepto debe recordar que "el campo electromagnético es la región del espacio donde se manifiestan los fenómenos magnéticos del imán" y que similar concepto tiene el fenómeno conocido como "campo eléctrico". Pero si los imanes y las cargas eléctricas tienen líneas de fuerza y campos semejantes por sus efectos, debe ser porque el magnetismo y la electricidad son semejantes. Por lo tanto la teoría del campo se funda en dos hechos comprobados experimentalmente: toda variación del campo eléctrico crea un campo magnético; toda variación del campo magnético crea un campo eléctrico. Por eso, la teoría se conoce con el nombre de "teoría del campo electromagnético".

c) INTERACCIÓN NUCLEAR FUERTE

«El descubrimiento de que el núcleo consta de protones y neutrones plantea de inmediato un problema: ¿Cómo es posible que los núcleos sean tan estables, dadas sus pequeñísimas dimensiones especiales? Recuérdese al efecto que el "radio" del núcleo es del orden de 10^{-12} cm. En consecuencia, la fuerza eléctrica de repulsión entre protones (cargas iguales se repelen) es muy grande, y por lo tanto el núcleo debería tender a "explotar", es decir, no podría haber núcleos estables. Por otra parte, ¿cuál es la fuerza que mantiene a los neutrones del núcleo?, ¿Qué los liga entre sí y a los protones? (la fuerza eléctrica no puede operar en este caso)», estas son las preguntas que Igor Saavedra se hace en su libro sobre "Física de partículas" y que nosotros la hacemos nuestra (Saavedra, 5)

Es evidente que la fuerza repulsiva en el interior del núcleo debe estar compensada por alguna otra fuerza que es la que mantiene la cohesión del núcleo. "El simple hecho de la existencia del núcleo nos lleva a la conclusión de que debe haber un proceso en la naturaleza capaz de contrarrestar la repulsión entre los protones. Este proceso debe producir fuerzas mucho más poderosas que las que actúan en el mundo macroscópico que no es familiar. Los físicos denominan a este proceso la INTERACCIÓN FUERTE y se refieren a la fuerza generada por esta interacción como la FUERZA FUERTE.

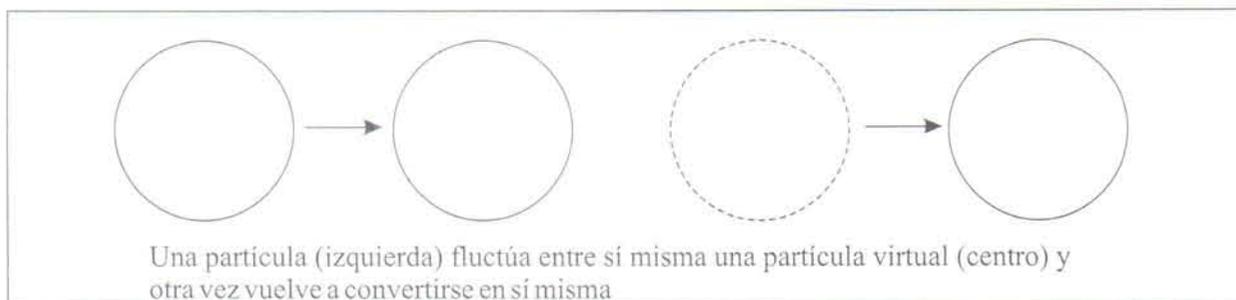
A continuación trataremos de explicar a que se debe la interacción fuerte.

d) PARTÍCULAS VIRTUALES Y LA INTERACCIÓN FUERTE

«La relación de incertidumbre tiempo-energía ($\Delta E \cdot \Delta t > h$) da lugar a un concepto muy interesante en Física, el concepto de "**partícula virtual**"»

En particular, si tenemos una partícula de masa M y medimos su energía en un tiempo Δt , la indeterminación en la masa del sistema es $\Delta M > h/(C^2 \Delta t)$

Si Δt es suficientemente pequeño, es posible incluso que la indeterminación en el valor de la masa sea lo bastante grande para que durante el tiempo Δt no podamos saber si en un punto dado del espacio hay una única partícula de masa M ó un conjunto de partículas de masa $M + ?M$. En otras palabras podríamos tener una sucesión como la ilustrada en la figura adjunta:



Para hacernos una idea del tiempo involucrado en este proceso de fluctuación, podemos preguntarnos cuál debe ser Δt para que un protón aislado fluctúe entre un protón y una partícula adicional de la misma masa del protón. Para este tipo de fluctuación, la incertidumbre en la masa es:

$$(1) \quad \Delta M = M_p = 1,7 \times 10^{-24} \text{ g}$$

Y recordando que la velocidad de la luz es $C = 3 \times 10^{10} \text{ cm/sg}$ tenemos:

$$\Delta M > \frac{h}{C^2 \Delta t} \quad \text{despejando } \Delta t \text{ y reemplazando valores: } \Delta t = \frac{6,6 \times 10^{-27}}{3 \times 10^{10} \text{ cm/s}^2 \cdot 1,7 \times 10^{-24} \text{ g}} = 4,3 \times 10^{-24} \text{ s}$$

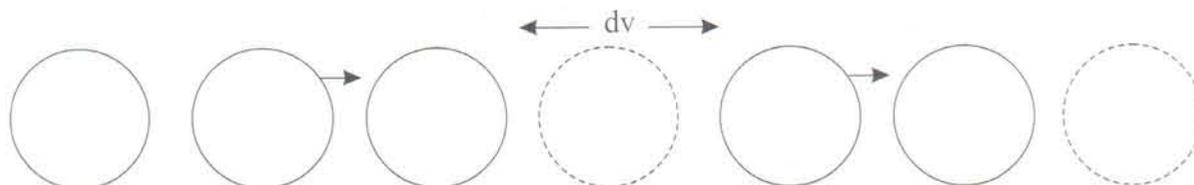
La velocidad del protón virtual está limitada por "c". Si nos preguntamos que distancia puede recorrer a esa velocidad en el tiempo Δt tenemos:

$$d = c \Delta t = 3 \times 10^{10} \times 4,3 \times 10^{-24} = 1,3 \times 10^{-13} \text{ cm este valor es cercano al tamaño de protón} \gg (\text{Trepl 44})$$

Interpretación: Una manera de visualizar la aparición de una partícula virtual es pensando que «aparece furtivamente» cuando nadie está mirando. El Principio de Incertidumbre garantiza que la partícula virtual pasará desapercibida siempre y cuando regrese "a casa" antes de que el tiempo Δt se haya consumido.

La distancia que la partícula virtual puede recorrer en el tiempo asignado es también una magnitud

interesante. Supongamos que tenemos dos partículas ordinarias situadas a una distancia "dv". Puede entonces presentarse una situación en la que una de las partículas fluctúa entre sí misma y una partícula virtual de modo que, si la masa de esta última es tal que la le permite desplazarse una distancia dv, antes de desaparecer, puede acabar siendo absorbido por la segunda de las partículas originales. A esto se llama el intercambio de una partícula virtual y el Principio de Incertidumbre nos dice que estos procesos se pueden producir sin que seamos capaces de detectar ninguna violación del "principio de conservación de la energía".



Dos partículas pueden intercambiar una partícula virtual sin violar la conservación de la energía (Trefil 45)

86

Hemos visto que la distancia que puede recorrer una partícula virtual, cuya masa sea igual a la del Protón, es de aproximadamente 10^{-14} cm, aún en el caso que se mueva a la velocidad de la luz. Por consiguiente una masa de este orden puede ser intercambiada entre protones que se encuentran a varios FERMIS de distancia.

En el año 1934, el físico japonés YUKAWA demostró matemáticamente que si dos protones intercambian partículas virtuales, el resultado del intercambio es una fuerza atractiva entre los protones. El intercambio neto sería una fuerza lo bastante grande para superar la repulsión electromagnética entre los protones y mantenerlos unidos. Es a esta fuerza que se le conoce con el nombre de "INTERACCIÓN FUERTE".

La partícula virtual es de menor tamaño que el protón pero mucho más grande que el electrón y se le conoce con el nombre de MESÓN (el intermedio).

Ahora se considera al núcleo como un sistema dinámico en el cual los MESONES saltan zumbando de partícula en partícula. Se crean continuamente en un punto y se absorben en el siguiente, y este proceso es el que mantiene unido al núcleo.

Actualmente los experimentos de la física nuclear moderna suministran una gran (aunque indirecta) evidencia de las partículas virtuales.

La escala típica de tiempo para las interacciones fuertes es de: 10^{-24} segundos.

INTERACCIÓN NUCLEAR DÉBIL

La cuarta fuerza de la naturaleza el orden es debido a la época de su descubrimiento- recibe el nombre de interacción débil. Su carácter es distinto a las otras interacciones. No ejerce ninguna repulsión o atracción sobre otras partículas, excepto en acontecimientos como la explosión de una supernova. Su acción se limita a dirigir los cambios de identidad de las partículas siempre que se encuentran ellas en su ámbito de alcance que es bastante reducido. En contraste con el "largo alcance" de la interacción gravitatoria y el electromagnetismo, la fuerza débil es inoperante más allá de unos 10^{-16} cm de su fuente.

La fuerza débil "es la responsable de la mayoría de los procesos de decaimiento radiactivo, como el decaimiento Beta; y su intensidad es de sólo unos 10^{-13} veces que la fuerza nuclear fuerte" (SERWAY 1435).

Esta fuerza tiende a producir inestabilidad en ciertos núcleos.

87

RESUMEN

1. "En la Física moderna es común describir las interacciones entre las partículas en términos de INTERCAMBIO DE PARTÍCULAS CAMPO O CUANTOS.

En el lenguaje de la física moderna, se puede decir que la fuerza electromagnética esta MEDIADA por los FOTONES, los cuales son los cuantos del campo electromagnético. De igual forma, la fuerza fuerte está MEDIADA por las partículas de campo llamadas GLUONES; la fuerza débil está MEDIADA por partículas llamadas BOSONES W y Z; y la fuerza gravitacional está mediada por cuantos del campo gravitacional llamado GRAVITONES" (SERWAY pg. 1435).

2. Algunas de las ecuaciones, correspondientes a los temas estudiados, tienen valores que hacen que los resultados nos lleven hacia una cantidad infinita.

"Una teoría en la que se pueden eliminar los infinitos se llama RENORMALIZABLE. En realidad sino fuera porque nuestra teoría de las FUERZAS ELECTROMAGNÉTICAS es RENORMALIZABLE, gran parte de la física del siglo XX no hubiera sido posible" (Davis 46). Pero en el caso de las otras fuerzas de la naturaleza la gravedad y las fuerzas nucleares- aparentemente no son RENORMALIZABLES.

LA BÚSQUEDA DE LA UNIDAD

(Todos los objetos del universo tienen un campo. De acuerdo a sus diversos tipos tienen diferentes campos, cada cual más interesante y maravillosos. En realidad las cuatro fuerzas fundamentales, son los campos correspondientes a los diferentes tipos de objetos que existen en la naturaleza).

La simetría, como veremos más adelante, es fundamental para lograr la unificación de las fuerzas y de las partículas, es decir, para hacer de la física una teoría unificada. Pero su importancia consiste, además de su poder unificador, en que una teoría física *sólo puede ser objetiva si se expresa por medio de fórmulas simétricas*.

Algunos campos abarcan todo el universo. Conforme se van alejando del objeto que los produce van perdiendo intensidad pero, aunque esta intensidad puede llegar a ser pequeñísima, nunca desaparece por completo. Los campos gravitatorios y electromagnéticos tienen esta propiedad.

Otros campos, en cambio, como los de la fuerza débil y la fuerte, tienen un radio de acción pequeñísimo. Para que los efectos de estos campos (que consisten en atracciones) se puedan manifestar, los cuerpos que los generan tienen que estar a distancias menores que una millonésima de milímetro.

Einstein elaboró dos teorías que cumplen el ideal de simetría: la teoría de la relatividad restringida y la teoría de la relatividad generalizada. Pero todos sus esfuerzos por hallar el campo unificado fracasaron.

Weinberg y Salam lograron elaborar primero una teoría que unificaba la fuerza electromagnética con la fuerza débil, hazaña intelectual que les valió el Premio Nobel. Esta teoría se llamó de la *fuerza electrodébil*.

La Teoría de la Gran Unificación (GUT) permitió unir en una fórmula matemática la fuerza *electrodébil* con la *fuerte*. Se había logrado un avance espectacular hacia la unidad, la meta suprema del conocimiento racional.

Desgraciadamente las esperanzas se frustraron. Por más esfuerzos que se hicieron no pudo incorporarse la teoría de la gravedad en la teoría de la gran unificación. Todos los intentos conducían a resultados numéricos infinitos que no tienen sentido físico porque en la realidad material no existe el infinito.
