

EDGAR IVÁN PRECIADO GOVEA

Con el descubrimiento de la Radiactividad en 1896 por Henri Bequerel, el creciente estudio de los procesos radiactivos en el átomo reveló la existencia de tres tipos de radiación atómica, a decir, la radiación alfa, beta y gamma, caracterizadas cada una por el tipo de partícula que es emitida por el átomo luego de una transición entre diferentes estados de energía. Hasta los 1930's la desintegración radiactiva beta se entendía por la emisión de un electrón debida a la transición entre estados del núcleo atómico.

Es decir, cuando determinados elementos radioactivos se transformaban en otros elementos y producían en el proceso un flujo de electrones de alta energía, a esta transformación se le denominaba desintegración beta.



Imagen extraída de
<https://www.nobelprize.org/prizes/physics/1945/pauli/facts/>

Un Pauli exasperado confesó a un amigo:

“en este momento la física se encuentra en un estado de terrible confusión. De cualquier modo, me resulta demasiado difícil y me gustaría haber sido actor de cine o algo por el estilo, y no haber oído hablar nunca de la física”.

-(Chalmers, 2023)

Con el descubrimiento del neutrón en 1932 se entendió que el núcleo atómico estaba compuesto de protones y neutrones, y que durante una desintegración beta un electrón era creado cuando un neutrón decaía en un protón y que en el proceso la carga total eléctrica se conservaba. Otro proceso radiactivo bien conocido entonces era la emisión de un fotón debido a la transición entre estados del átomo. En 1913, Bohr estableció que la energía del fotón emitido en cualquier transición atómica es única y está

determinada por la diferencia entre el estado final y el estado inicial del núcleo, es decir $E_n - E_m$. En 1914 Chadwick descubrió que esta analogía no era correcta. En realidad, la energía del electrón emitido variaba de forma continua hasta un valor máximo, sin tomar un valor único como lo hacía en los decaimientos alfa y gamma (ver Ilustración 1).

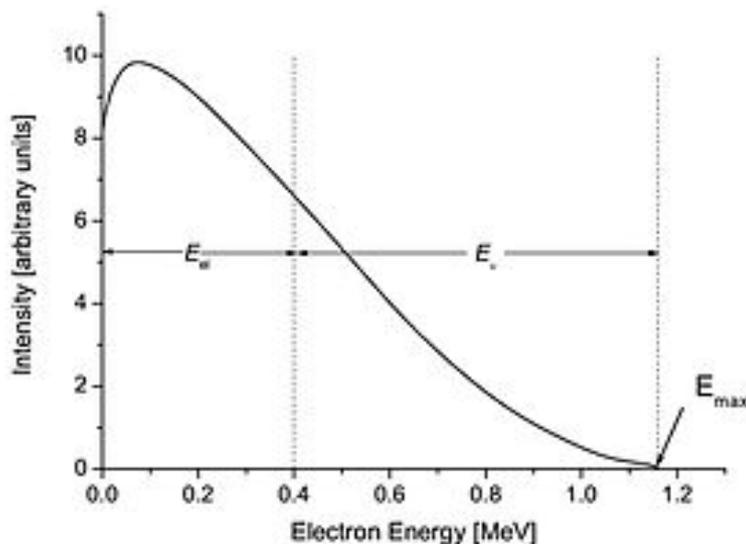


Ilustración 1. Espectro beta continuo. Desintegración beta. (2024, February 29).
In Wikipedia. https://es.wikipedia.org/wiki/Desintegraci%C3%B3n_beta.

El espectro de la radiación beta era continuo y este hecho parecía violar aparentemente el principio de conservación de la energía. Que este espectro fuera continuo implicaba que la energía del electrón emitido podía adquirir cualquier valor entre cero y el valor máximo de la energía E_{max} . Este valor máximo E_{max} es la diferencia entre los estados de energía del núcleo $E_n - E_m$ que ha experimentado la desintegración beta.

Con otras palabras, si la carga se conserva y el principio de conservación de energía se sostiene, el valor de la energía del electrón emitido debería ser igual a E_{max} , sin embargo, el valor de la energía de la partícula beta no solo no era E_{max} , sino que podía adquirir cualquier valor por debajo de éste. Esto entraba en franca controversia con los espectros discretos de la desintegración alfa y gamma. Si el átomo emitía energía a través de valores discretos, el espectro beta necesariamente debería ser discreto. Parecía que todos los electrones cuya energía fuera distinta a E_{max} habrían perdido energía o habrían violado el principio de conservación de la energía.

En 1929 Bohr consideró la posibilidad de que la ley de conservación de la energía podría violarse en procesos de desintegración radioactiva. En una carta a Bohr en 1929, Pauli contestó que prefería mantener la rigurosa conservación de la energía a cualquier costo. Se había entrado a un panorama de crisis. Como aborda Hacyan en Física y metafísica del espacio y el tiempo, el escenario planteado hasta el momento era análogo a pesar el humo de un leño que ha sido consumido por el fuego.

La respuesta es sencilla, al peso de la madera antes de la combustión restamos el peso de las cenizas después de la combustión, el residuo será igual al peso del humo. Hacyan afirma que este razonamiento solo es posible si recurrimos al principio de permanencia de Kant, según el cual, en todo cambio de apariencias, la sustancia permanece, o bien, nada surge de la nada.

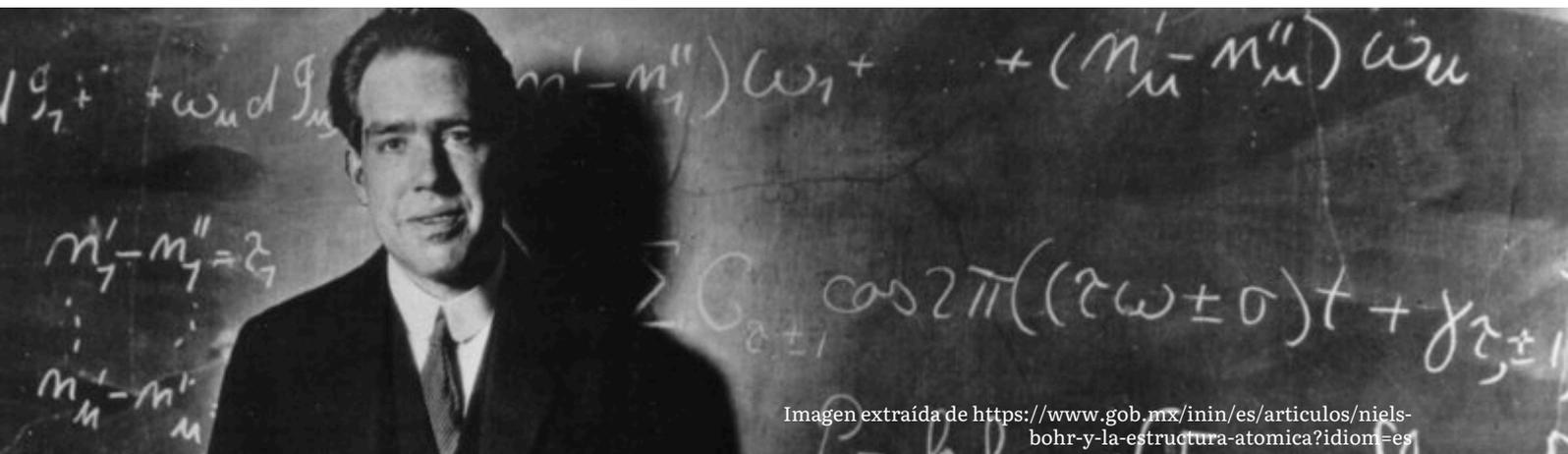


Imagen extraída de <https://www.gob.mx/inin/es/articulos/niels-bohr-y-la-estructura-atmica?idiom=es>

En realidad, tiempo antes este mismo principio ya había sido establecido en el libro De la Naturaleza del poeta romano Lucrecio. Lucrecio escribió: “cuando hayamos visto que no hay cosa que pueda originarse a partir de nada, arrancando entonces de ahí contemplaremos ya con más acierto lo que estamos persiguiendo: de donde cabe que se origine cada cosa y de qué modo cada una se produce sin la actuación de los dioses. Y en otro pasaje concluye: no se convierte en nada ningún ser, sino que todos mediante separación se convierten en corpúsculos de materia” (Lucrecio, 2010). Lucrecio era heredero de la doctrina atomista de Demócrito, quien también había postulado un enunciado similar.

Podemos resumir entonces el principio de permanencia de la siguiente manera: nada surge de la nada y a la nada nada regresa. Para Lucrecio lo que se debía conservar nada surge de la nada y a la nada nada regresa. Para Lucrecio lo que se debía conservar en cualquier proceso eran los corpúsculos de materia, para Kant la cantidad de materia-masa, para ambos esa sustancia permanente del mundo es la que debe permanecer en todo momento.

Como menciona Hacyan, la proposición de Kant debe precisarse en términos modernos sin embargo, se sostiene.

Esta sustancia puede ser entendida ahora en términos modernos como el campo, a través del cual podemos hablar de cantidades conservadas, como la conservación de la energía momento o la conservación de la carga.

Aún si no es en última instancia el campo o la energía conservada del campo la sustancia permanente del mundo, es el principio de permanencia o el nada surge de la nada lo que nos obligaría a buscar una teoría más general, cuya sustancia permanezca como sustrato del mundo real, tal como ahora lo hace el papel del campo en la física moderna.



Imagen extraída de
<https://www.larazon.es/ciencia/20200610/44pijmvvwjgzhjrtygnhjdjxe.html>

¿De qué otra forma sería posible hacer predicciones o establecer, por ejemplo, cómo medir el humo después de la combustión de un leño?

Los experimentos en 1927 por C. D. Ellis y W. A. Wooster permitieron desechar la hipótesis de que los electrones pudieran haber perdido energía en el proceso de decaimiento. Por tanto, la disyuntiva estaba en renunciar o adherirse al principio de conservación de energía (PCE) a todas las escalas.

Ya en 1923 el descubrimiento del efecto Compton había demostrado la aplicabilidad de la ley de la conservación de energía en la dispersión de la luz por los electrones. En 1930 Pauli propuso que en la desintegración eléctricamente neutra que habría escapado hasta ese momento toda detección y que era diferente del fotón. Con esta partícula hipotética Pauli se adhería al principio de conservación de la energía. Como menciona Hacyan, Pauli siguió el razonamiento de Kant, y en ello “el principio de permanencia le dio coherencia al mundo atómico” (Hacyan, 2011).

No fue hasta 1933 que Fermi concibe la explicación del decaimiento beta introduciendo la hipótesis de Pauli en la teoría de la interacción débil. La partícula hipotética llamada neutrino no sería descubierta sino hasta más de dos décadas después de su postulación por Clyde Cowan y Frederik Reiners, en 1953.

La hipótesis de Pauli resolvía todas las anomalías del decaimiento beta. En el libro ¿Qué es esa cosa llamada ciencia? Alan F. Chalmers hace una breve exposición sobre la concepción de las estructuras científicas de Khun. Cuando sucede una crisis dentro de la ciencia normal, explica Chalmers, esta crisis da pauta al surgimiento de una revolución científica, naciendo de ella una ciencia nueva. Esta ciencia nueva ocurre cuando la comunidad científica se ha adherido a un nuevo paradigma: es decir a un nuevo conjunto de leyes, técnicas y supuestos teóricos generales que tienen el consenso de la mayoría. Si el paradigma original no logra resolver los problemas que surgen de la crisis, el nuevo paradigma ocupa su lugar dando pie a una revolución científica.

En la crisis surgida en los 1930's debido al inexplicable espectro continuo la radiación beta, dos paradigmas se enfrentaban abiertamente: la postura de Bohr por abandonar el PCE y la hipótesis del neutrino de Pauli que se adhería al PCE. Qué papel epistemológico jugaba cada hipótesis dentro de la ciencia normal de ese entonces es difícil juzgarlo.

Según Chalmers, en la naturaleza de un paradigma está el escapar de una definición precisa. Sin embargo, si la postura de Bohr hubiera superado las pruebas y en efecto la conservación de energía se violaba a escalas atómicas estaríamos hablando ahora desde el marco de una ciencia diferente.

Imagen extraída de
<https://cup.gr/people/chalmers-a-f/>

Finalmente rescato estas líneas de Chalmers acerca de las crisis en ciencia: se caracterizan por el total desacuerdo y el constante debate de lo fundamental, de manera que es imposible abordar el trabajo detallado, esotérico. Habrá casi tantas teorías como trabajadores haya en el campo y cada teórico se verá obligado a comenzar de nuevo y justificar su propio enfoque.