

# MoleQla

Revista de Química de la  
Universidad Pablo de Olavide

Número 0

Diciembre 2010

ISSN 2173-0903



**Fondo de portada**

Juan Manuel García Arcos

**Dibujo de portada**

Luis Eduardo Domínguez Rodríguez

**Logotipo**

Juan Manuel García Arcos

Rafael Hoyos Manchado

**Título de la revista**

Rocío Escudero Ávila

Inés Maldonado Lasunción

Javier Revello Sánchez

**Maquetación**

María Alcázar Fabra

Juan Manuel García Arcos

Patricia Serrano Alvarado

**Editores**

Sofía Calero Díaz

Ana Paula Zaderenko Partida

Juan Antonio Anta Montalvo

ISSN 2173-0903

Editado el 20 de Diciembre de 2010

Universidad Pablo de Olavide

Sevilla, España

## EDITORIAL

En Octubre de este año un grupo de personas vinculadas a la Universidad Pablo de Olavide de Sevilla nos reunimos con el propósito de  *sintetizar*  una Revista de Química para nuestra Universidad. Para ello necesitábamos un  *laboratorio*  en el que trabajar,  *materiales e ingredientes*  para llevar a cabo la  *reacción*  y un buen  *método*  que nos permitiera obtener el  *producto de reacción*  con un  *rendimiento*  óptimo.

Aunque hemos tenido un par de reuniones en un aula, nuestro laboratorio base ha sido virtual. A través de WebCT nos hemos coordinado para decidir el diseño, organizar el trabajo y en general para tomar casi todas las grandes decisiones relacionadas con la elaboración de esta revista. Disponíamos también de los materiales necesarios; ordenadores, libros, revistas, internet, un editor tan básico como el Word y para hacer el fondo de la portada unos cuantos lápices de colores en manos de un futuro artista.

Los ingredientes fueron cuidadosamente seleccionados. Estos consistieron en grandes dosis de ilusión, varias gotas de imaginación, un poco de nuestro cada vez

más valioso tiempo libre, un agitador (en este caso agitadora) para evitar que el proceso se paralizara y la energía que sólo pueden aportar cincuenta y una personas. Esta energía ha sido fundamental para llevar a cabo con éxito la reacción. Hoy os presentamos el producto resultante de esa reacción. Es un producto  *en bruto* , y aún lleno de  *impurezas*  que con el tiempo trataremos de mejorar, pero del que nos sentimos orgullosos.

Los creadores de esta revista queremos compartir nuestro  *producto*  con vosotros. Esperamos que disfrutéis leyéndolo y os pedimos comprensión con las erratas que encontréis. Desde aquí os invitamos a aportar vuestras correcciones, mejoras, sugerencias, comentarios y también, por qué no, a participar de forma activa en el próximo número que ya estamos preparando y que publicaremos en primavera de 2011.

¡Feliz Navidad a todos!



**Listado ( p. o. alfabético) de las personas que han participado en la  
creación de esta revista**

*María Alcázar Fabra*

*Juan Antonio Anta Montalvo*

*José Juan Aparicio Sánchez*

*Juan Luis Araujo Garrido*

*Ángela Bella Carreño*

*Sofía Calero Díaz*

*Carmen Campos Silva*

*María Caño Chaichio*

*Rubén De Dios Barranco*

*Carlos Díaz-Salazar Albelda*

*Rocío Escudero Ávila*

*Macarena Fernández Chacón*

*María Gallardo Gómez*

*Enrique Gamero Estévez*

*Juan Manuel García Arcos*

*Estrella Gómez Bentolila*

*José Juan Gutiérrez Sevillano*

*Rafael Hoyos Manchado*

*Beatriz Lara Amaro*

*Nieves Lara Ureña*

*Gloria María López Gámez*

*Álvaro Lorenzo Felipe*

*Javier Macho Rendón*

*Inés Maldonado Lasunción*

*Ana Malvis Romero*

*Raquel Martel Guedes*

*Patrick J. Merkling*

*Ana Mora Boza*

*Iván Morales Esquina*

*Pablo Pérez Franco*

*Julia Poyato Bonilla*

*Juan Quintero Blanco*

*Javier Revello Sánchez*

*Iván Reyes Torres*

*Vicente Roca Agujetas*

*Pablo Rodríguez Gómez*

*Sonia Rodríguez Rodríguez*

*Francisco Javier Rueda Córdoba*

*Aurora Ruiz Alcalá*

*Amalia Ruiz Serrano*

*Miguel Ángel Sánchez Romero*

*Carlos Javier Sánchez Vázquez*

*Andrés Sanz Morejón*

*Patricia Serrano Alvarado*

*Juan Guillermo Silva Espinosa*

*José Terrón Bautista*

*Juan Titos Aranda*

*Jesús Victorino Santos*

*Paula Sofía Yunes Leites*

*Clara María Yuste Barba*

*Ana Paula Zaderenko Partida*

## ÍNDICE DE ARTÍCULOS

1. Albert Einstein
  2. Átomos abundantes, átomos diminutos, átomos duraderos y átomos humanos
  3. Tocando la guitarra
  4. Fauna subatómica
  5. Evolución del concepto de átomo
  6. La historia del efecto fotoeléctrico
  7. Teleportación cuántica: primero u fotón...
  8. Las tripas del LHC
  9. En busca de “la partícula de Dios”, bosón de Higgs
  10. Descubriendo el secreto de la vida
  11. La química en las relaciones personales
  12. Positrones
  13. La radiación electromagnética y los colores de la materia
  14. El darwinismo cuántico: la evolución de la realidad
  15. Sobre la dualidad onda-corpúsculo y su desarrollo
  16. Premio Nobel de Química 2010
  17. El fenómeno físico-armónico
  18. Que lo detengan...
  19. Experimento de la doble rendija de Young
  20. La física cuántica y la ciencia ficción
  21. El espín, un “giro” a la teoría cuántica
  22. El los límites del sistema periódico
  23. Descubrimiento el chip fotónico
  24. El efecto pantalla
  25. El gato Schrödinger
  26. El universo y sus estrellas
  27. Los gases ¿nobles?
  28. Resonancia magnética nuclear y lesiones orgánicas
  29. Grafeno: la panacea tecnológica
  30. Un cielo a color
  31. ¿Será que todo es química?
  32. Aplicaciones del efecto fotoeléctrico: la célula fotoeléctrica
  33. Los metales pesados
  34. Antimateria: cuando el electrón es positivo
  35. Teoría M y los universos de membrana
  36. Mirando los átomos con lupa
  37. Sorprendente relación
  38. La catástrofe del ultravioleta
  39. La teoría de la Relatividad – Dilatación del tiempo
  40. De la alquimia a la química moderna
  41. Marie Curie y la radioactividad
  42. Aceleradores de partículas: ¿logro o amenaza?
  43. Watson y Crick
  44. Las tierras raras
  45. Las verdaderas fuerzas
  46. Elementos... ¿Extraterrestres?
- Cierre del número: Iniciación a la química general



## ALBERT EINSTEIN

Artículo realizado por Inés Maldonado

**Todos sabemos quién fue Albert Einstein y cuáles fueron sus principales hallazgos, pero ¿realmente sabemos algo de su biografía o de sus hazañas?**

Figura mítica de la historia, genio científico, músico y político, Albert Einstein es famoso por sus méritos con la física pero también es conocido como icono del característico “científico loco”. La fotografía en la que se muestra al físico sacando la lengua ha dado la vuelta al mundo al igual que aquellas de las estrellas de la gran pantalla.

Al adentrarnos en su biografía descubrimos que nació en la ciudad de Ulm, Alemania, en 1879. Sus padres, Hermann Einstein y Pauline Koch eran judíos. Albert era un niño quieto y ensimismado, cuyo desarrollo intelectual fue bastante lento, lo que determinó, según él, la genialidad en su madurez, porque los fenómenos que no se había cuestionado de pequeño le vinieron a la mente cuando ya era mayor y le fueron más fáciles de explicar.

En 1894, su familia se trasladó a Milán por dificultades económicas pero él permaneció en Munich para terminar sus estudios secundarios. Se reunió con sus padres y su hermana al año siguiente. Realizó sus estudios superiores en la Eidgenössische Technische Hochschule de Zurich, donde fue alumno del matemático Hermann Minkowski.

Trabajando entre 1902 y 1909 en la Oficina Confederal de la Propiedad Intelectual de Berna, contrajo matrimonio con Mileva Maric, antigua compañera de estudios en Zurich. En 1904 y 1910 tuvieron dos hijos, en 1919 se divorciaron y Einstein se volvió a casar, esta vez con su prima Elsa.



Imagen: Einstein con su esposa y prima Elsa.

Durante 1905 publicó cinco trabajos en los *Annalen der Physik*: con el primero alcanzó el grado de doctor en la Universidad de Zurich; el segundo y el tercero fueron sobre la explicación teórica del movimiento browniano, y sobre el efecto fotoeléctrico y la cuantización de la energía en fotones, los cuales le llevaron a la obtención del Premio Nóbel de Física en 1921; el cuarto y el quinto se versaron sobre la teoría de la relatividad.

Entre 1909 y 1914 se encaminó en su carrera de profesor universitario en Zurich y Praga. En 1914 pasó a formar parte de la Academia de Ciencias Prusiana y hasta 1916 se centró en el perfeccionamiento de la teoría de la relatividad, que fue confirmada el 29 de mayo de 1919 al fotografiarse el eclipse solar. El diario *The Times* lo publicó dándole una fama que le obligo a dar conferencias por todo el mundo convirtiéndose en “el viajero de tercera clase de ferrocarril con un violín bajo el brazo”.

Sus últimas investigaciones físicas se volcaron sobre la unidad del universo, sin embargo no obtuvo fruto de ellas, lo que le causó una gran frustración y lo llevó a unirse a los alemanes que investigaban la bomba atómica. Al conocer, con los ejemplos de Hiroshima y Nagasaki, los

efectos de las bombas decidió cambiar de idea y meterse en política apoyando a los científicos a divulgar, a través de la ONU, una política que unía religión, ciencia y socialismo. Estas ideas no tuvieron cabida en la mente de los políticos de la época.

A partir de 1933, con Hitler al poder, renunció a la ciudadanía alemana y se trasladó a Princeton, Estados Unidos, donde pasó sus últimos veinticinco años, hasta su muerte en 1955.

Dejando a un lado su biografía se puede decir que era admirable la simplicidad y gracia con la que salía de los compromisos con científicos y políticos que estuvieran en su contra. De ello se recogen en diversas fuentes las anecdóticas frases del científico, al igual que sus gestos, como el anteriormente mencionado de la lengua.

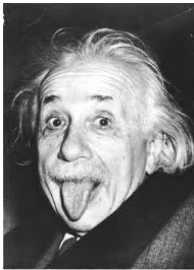


Imagen: Famoso gesto de burla de Albert Einstein

Sus frases más destacables serían las siguientes: *“Todos somos muy ignorantes. Lo que ocurre es que no todos ignoramos las mismas cosas”*. *“Al principio todos los pensamientos pertenecen al amor. Después, todo el amor pertenece a los pensamientos”*. *“En los momentos de crisis, sólo la imaginación es más importante que el conocimiento”*. *“Cuando me preguntaron sobre algún arma capaz de contrarrestar el poder de la bomba atómica yo sugerí la mejor de todas: La paz”*

Por último, al final de su vida, habiendo tenido tres nacionalidades (alemana, suiza y estadounidense), un periodista le preguntó las posibles repercusiones que esto había

conllevado a su fama. Einstein respondió con tranquilidad: *“Si mis teorías hubieran resultado falsas, los estadounidenses dirían que yo era un físico suizo; los suizos, que era un científico alemán; y los alemanes que era un astrónomo judío”*.

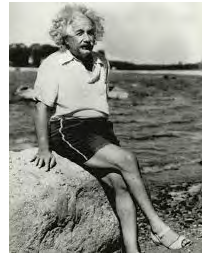


Imagen: Einstein en la playa en 1945.

Para finalizar este artículo dejo un acertijo que formuló Einstein para que todos intentáramos resolverlo, dejando claro que solo un 2% de la población sería capaz de adivinarlo: *“Existen 5 casas de diferentes colores. En cada una de las casas vive una persona con diferente nacionalidad. Los 5 dueños beben una determinada bebida, fuman una determinada marca de cigarrillos y tienen una determinada mascota. Ningún dueño tiene la misma mascota, fuma la misma marca de cigarrillos o bebe la misma bebida. La pregunta es... ¿quien tiene el pez?”*

Claves: El británico vive en la casa roja, El sueco tiene como mascota un perro, El danés toma te, la casa verde está a la izquierda de la casa blanca, el dueño de la casa verde toma café, la persona que fuma Pall Mall tiene un pájaro, el dueño de la casa amarilla fuma Dunhill, el que vive en la casa del centro toma leche, el noruego vive en la primera casa, la persona que fuma Blends vive junto a la que tiene un gato, la persona que tiene un caballo vive junto a la que fuma Dunhill, el que fuma Bluemaster bebe cerveza, el alemán fuma Prince, el noruego vive junto a la casa azul y el que fuma Blends tiene un vecino que toma agua.

<sup>1</sup> <http://www.biografiasyvidas.com/monografia/einstein/>

<sup>2</sup> <http://tikitakorama.com.ar/archivo/algunas-anecdotas-de-einstein/>

<sup>3</sup> <http://noticiasinteresantes.blogcindario.com/2008/06/01157>



Artículo realizado  
por Ana Mora Boza

## ÁTOMOS ABUNDANTES, ÁTOMOS DURADEROS, ÁTOMOS DIMINUTOS Y ÁTOMOS HUMANOS

**¿Crees que conoces todo acerca del átomo? Entonces este artículo está escrito expresamente para ti. ¡Te sorprenderá!**

Mientras unos se afanaban por estudiar lo macroscópico, lo fácil de ver a simple vista, otro se dedicaban a experimentar y descubrir el gran mundo del átomo. Si miras a tu alrededor todo son átomos. Están en todas partes y lo forman todo. No solo lo que puedes tocar, sino lo “intocable”, como puede ser el aire. La forma fundamental de organización de los átomos es la molécula. Es la manera en la que todo está estructurado.

Una vez leí en un libro que al nivel del mar y a una temperatura de 0°C, un centímetro cúbico de aire contendría 45000 millones de millones de moléculas. ¿No te parece un número demasiado grande? Pues ahora piensa en todos los centímetros cúbicos de aire que hay en el mundo.

Por lo que he podido averiguar, los átomos también son muy duraderos y por tanto viajan mucho. Los átomos de los que estamos compuestos puedes proceder del universo, de algún antepasado o incluso de nuestro ídolo musical. Somos, atómicamente hablando, tan numerosos y al morir nos reciclamos tan bien, ¡Qué todo es posible! Cuando muramos nuestros átomos se separarán e irán en busca de nuevos destinos. Somos más o menos “reencarnaciones” de muchas cosas a la vez. Nadie sabe realmente cuánto tiempo sobrevive un átomo, pero según dijo Martin Rees<sup>1</sup>, probablemente 10 elevado a 35 años.

Otra característica de estas estructuras es su diminuto tamaño. Cuando en el colegio nos enseñan los modelos atómicos, todos imaginamos la típica bolita central con los

electrones girando alrededor. Es muy fácil elaborarlos en nuestra mente, pero yo creo que, realmente no somos conscientes del tamaño al que nos enfrentamos, ya que para descender a la escala de los átomos tendrías que descender hasta la micra y dividirla en 10000 espacios más pequeños.

La idea de que los átomos tienen fundamentalmente esas tres características la propuso un inglés llamado John Dalton. A él le siguieron otros como Rutherford, Bohr o Einstein, científicos que nosotros los estudiantes conocemos muy bien.

La ciencia de partículas avanza y ya se sabe que los electrones, protones y neutrones no son lo más pequeño que existe, sino que hay partículas más pequeñas aún. Y a mi se me ocurre que podemos ser infinitamente divisibles, pero sólo es una idea.

Con todo esto solo intentaba crear una especie de consciencia a todo el que lea este artículo de que el polvo que nuestra madre nos hace limpiar, no es lo más pequeño que existe. Si los átomos fueran del tamaño de una manzana, llegaríamos a ser tan grandes que el sistema solar completo cabría en la palma de nuestra mano. A mí solo de pensarlo me entran escalofríos.

Para terminar voy a hacer una reseña a nuestra pequeñez con un simple ejemplo: si una hormiga es un gigante al lado de un átomo, nosotros somos gigantes al lado de una hormiga y el sistema solar es enorme al lado de nuestra tierra, nosotros los humanos podríamos ser simples átomos que poblamos la tierra y que desgraciadamente,



también la destruimos desde dentro. ¿Te gustaría que tus átomos te destruyesen? Forman parte de ti. Portémonos entonces como responsables átomos humanos.

*Referencia 1: Martin John Rees es un astrónomo británico. En la actualidad es profesor de Cosmología y Astrofísica en la [Universidad de Cambridge](#)*



## TOCANDO LA GUITARRA

Artículo realizado por Amalia Ruiz Serrano

**A lo largo de la historia la química ha evolucionado en la descripción del átomo. Uno de los pasos más importantes fue el comienzo de la mecánica cuántica y la introducción del dualismo onda-corpúsculo, donde la ecuación de Schrödinger tuvo una gran influencia.**

La mecánica clásica entra en crisis a finales del siglo XIX al quedar los espectros discontinuos de los elementos, el efecto fotoeléctrico, la radiación del “cuerpo negro” y los calores específicos de los sólidos sin poder ser explicados con la teoría electromagnética (Marxwell) o con las leyes de Newton. Ante tal situación Planck propone la agrupación de la energía en pequeños cuantos, dando a entender que es discontinua y así se explicarían los espectros atómicos.

Einstein aclara que la radiación electromagnética está cuantizada, agrupada en “corpúsculos” (fotones). Con todo ello quedó demostrado que la radiación electromagnética tiene una naturaleza de onda-corpúsculo, pero ¿podrían las partículas tener también esa naturaleza? De Broglie (1924) lo propuso y el experimento de Davidson y Germer lo confirmó.

Con ello surgió la mecánica cuántica, que se encargaría de estudiar los fenómenos atómicos y la clásica sería relegada al ámbito de lo macroscópico y observable a simple vista. Los

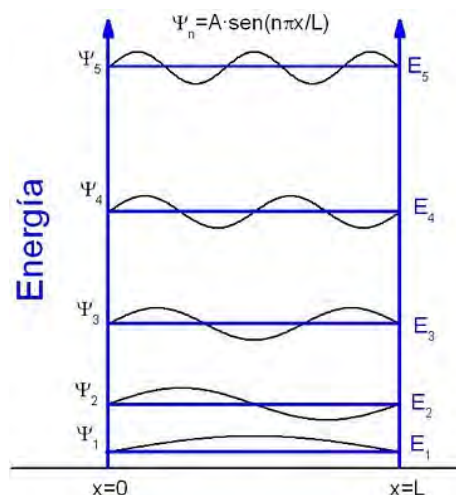
fundamentos de esta nueva mecánica son: la discontinuidad presente en los estados y las variaciones de los sistemas atómicos, la dualidad onda-corpúsculo, el principio de indeterminación y el concepto de orbital. La función de onda sustituye a la órbita electrónica, describiendo el estado energético de un electrón en el átomo y estableciendo la ecuación de Schrödinger como la fórmula matemática que explicaría la discontinuidad de los espectros, usando los números cuánticos.

El físico Erwin Schrödinger(1887-1961) recibió el Premio Nobel de Física en 1933 por desarrollar la ecuación que lleva su nombre en 1926. Para comprender esta fórmula de gran complejidad matemática se puede pensar en ondas estacionarias de diferente energía cuyo símil es el de una cuerda de guitarra que se encuentra sujeta por los extremos donde la distancia entre los átomos que conforman la cuerda constituyen los componentes del vector en el espacio coincidiendo sus dimensiones con el número de átomos que albergue la cuerda. Si la considerásemos como un

medio continuo sus funciones o vectores propios serían sus ondas estacionarias, lo que se puede considerar como el resultado de tañer la guitarra incluyendo el aire circundante. Si se atenúa la vibración las amplitudes de las ondas decrecen con el tiempo, de tal forma que su amplitud varía, mientras que su período no se ve alterado.

Schrödinger postuló que el electrón atrapado por la fuerza atractiva del núcleo debía ser similar. Las ondas producidas se llaman estacionarias, por ser nula su amplitud en los extremos de la cuerda, “condiciones de contorno”. La longitud de las cuerdas de la guitarra tienen que ser múltiplos de media longitud de onda, porque los dos extremos de las cuerdas tienen que corresponderse con un nodo (punto que no se mueve).

Volviendo a la ecuación observamos que hay que elevar la función de onda al cuadrado para representar la probabilidad o “densidad” de onda, que no es más que la posibilidad de encontrar un electrón en una región del espacio. Dondequiera que valga cero la función de onda o la probabilidad electrónica, la densidad de probabilidad es nula, esta localización es el nodo



En esta gráfica se observan los distintos niveles energéticos que corresponde a las cinco primeras funciones de onda. Apréciase que no se obtiene una función de onda con energía cero.

No obstante, existen unas limitaciones en la ecuación: describe partículas con momento lineal pequeño comparado con la energía en reposo dividido de la velocidad de la luz, depende de los tres primeros números cuánticos, pero se deja atrás al espín, por lo que se introdujo en la ecuación de Pauli, finalmente Dirac introducirá los efectos relativistas aparte del espín 1/2.

*Afinidad química bachillerato 2 , editorial EDIR , Juan Quílez Salvador Lorente, Fernando Sendra, Eloy Enciso. Principios de química Los caminos del descubrimiento, 3ª edición, editorial Medica Panamericana, Atkins, Jones [http://bandaprohibida.blogspot.com/2007\\_04\\_01\\_archive.html](http://bandaprohibida.blogspot.com/2007_04_01_archive.html).*



## FAUNA SUBATÓMICA

Artículo realizado por Pablo Pérez Franco

**Existe multitud de subpartículas referentes al átomo. Éstas no sólo forman parte de él o intervienen en reacciones nucleares, sino que sus características son las responsables de las cuatro interacciones fundamentales. Más aún, dichas interacciones transcurren gracias al intercambio de ciertas partículas denominadas *portadoras*.**

El siglo XX fue, sin lugar a dudas, el siglo en el cual se desarrolló la Física Moderna. Los modelos matemáticos creados para describir el átomo tuvieron que pasar la criba empírica de tal forma que, o bien fueron descartados, o bien (aquellos de suficiente entidad) continuaron puliéndose a la espera de más resultados experimentales que los corroborasen o los contradijesen. También era necesaria una unificación que explicase tanto el comportamiento electrónico como el nuclear. Tomemos como ejemplo el modelo atómico de Schrödinger. Su adecuación con los datos experimentales en cuanto al comportamiento de los electrones es aceptable para partículas no relativistas (la ecuación de Dirac generaliza la de Schrödinger para velocidades cercanas a la de la luz y además tiene en cuenta el espín). Sin embargo, nada explica de la otra parte esencial del átomo: el núcleo.

En el primer cuarto del siglo XX, ya se conocía, gracias a los estudios de Rutherford, que en el centro del átomo existía una concentración de cargas positivas y la mayor parte de la masa del mismo, mientras que en la periferia se localizaban los electrones. No obstante, esto planteaba un serio problema: ¿cómo es posible que varias cargas positivas formen una estructura estable? Se intuyó entonces que existía una tercera interacción fundamental (a parte de la gravitatoria y la electromagnética) entre los protones y una tercera partícula subatómica. El descubrimiento del neutrón en 1927 por

Chadwick corroboró dicha teoría, sin embargo, nada se sabía de la nueva interacción en sí, ni qué características la producía, ni el *estado* de la energía involucrada.

En los años treinta, un físico japonés llamado Yukawa postuló que cierto tipo de partículas, a las que se llamó mesones (el nombre procede de que la masa está entre la de protones y electrones), serían las responsables de la fuerza nuclear, de forma análoga al fotón en la interacción electromagnética. Esta hipótesis pareció confirmarse pocos años más tarde con el hallazgo de dichos mesones (en concreto los  $\pi^*$ ). No obstante, como veremos posteriormente, es incompleta. De hecho, la fuerza nuclear que une nucleones (neutrones y protones) a través de las partículas  $\pi$  no es exactamente lo que hoy conocemos por interacción nuclear fuerte.

Ahora bien, sabemos que las partículas interaccionan unas con otras y, además, sabemos también que existen ciertas partículas especiales que *portan* dicha interacción. El siguiente paso, naturalmente, será conocer qué características hacen efectivas una u otra interacción. En el caso electromagnético, la respuesta es bastante conocida: la susodicha propiedad es la carga y la partícula portadora el fotón. En el caso gravitatorio, la solución es también simple: la masa es la propiedad, y la partícula portadora, en este caso hipotética, es el gravitón. ¿Qué propiedades son, pues, las responsables de

las dos interacciones restantes? Para responder a esta cuestión es necesario explicar antes la composición de la materia.

La materia está formada por partículas indivisibles. Éstas se pueden clasificar en dos grandes grupos: fermiones y bosones. Los bosones son las tan mencionadas anteriormente partículas portadoras. Los fermiones fundamentales se subdividen a su vez en quarks y leptones. La principal diferencia entre fermiones y bosones radica en su espín. El espín no es más que un momento angular intrínseco (como masa o carga) que poseen las partículas. En el caso de los fermiones el valor del espín es fraccionario y en el caso de los bosones es entero. Esto es de mucha mayor importancia de lo que aparenta, pues quiere decir que los bosones no siguen el Principio de Exclusión de Pauli. A nivel macroscópico, esto supone un nuevo estado de agregación: el condensado de Bose-Einstein. Los quarks, por su parte, pueden formar partículas más complejas; en conjunto, a estas partículas se las llama hadrones. Los hadrones se dividen en bariones, formados por tres quarks (como los nucleones) y mesones (nótese que los quarks son fermiones, pero los mesones son bosones), formados por un quark y un antiquark.

La interacción entre hadrones es lo que antes introducimos como interacción nuclear fuerte, y se da por una propiedad intrínseca de los quarks (el lector puede imaginarse que es una *carga*) que los físicos se han empeñado en denominar color. Existen tres cargas de color con sus respectivos anticolores (propios de antiquarks), éstas son: rojo, azul y verde. El bosón responsable de la interacción nuclear fuerte se denomina gluon (existen ocho tipos de gluones en total), que es no masivo y posee su propia carga de color, de tipo color-anticolor. No obstante, no hay que

olvidar que los quarks también poseen carga eléctrica (fraccionaria). De hecho, tanto mesones como bariones tienen carga eléctrica resultado de la suma de cargas de los quarks que los forman.

Hemos dejado para el final la interacción nuclear débil ya que es un tanto especial. Para empezar, la sufren todos los fermiones. Pero algo mucho más extraño es que viole la llamada simetría CP. Sin entrar en detalles, sólo diremos que la simetría CP (de carga conjugada y de paridad) tiene relación con el número de partículas respecto al de antipartículas. El incumplimiento de esta simetría en el Universo es lo que permite que la materia exista como tal, pues no olvidemos que materia y antimateria se aniquilan desprendiéndose energía.

Llamamos sabor a la propiedad característica relacionada con la interacción nuclear débil. En los quarks, hay en total seis sabores diferentes: abajo, arriba; extraño, encantado; fondo, cima. Cada doblete tiene un quark de tipo abajo y otro de tipo arriba (se suele asociar a un número cuántico llamado isoespín débil que toma valor negativo o positivo), y juntos forman una generación de quarks. Hay, pues, tres generaciones de quarks diferentes: electrónica, muónica y tauónica. Los quarks de las tres familias son idénticos salvo en la masa, siendo menor en los electrónicos y mayor en los tauónicos. Esto conlleva que la generación electrónica sea la más estable. De forma análoga, podemos asociar un isoespín débil a los leptones. Con ello tenemos tres generaciones de leptones, llamadas igual que las de quarks. Cada una vendría dada por un par de partículas, una cargada eléctricamente y otra sin carga. A las de isoespín negativo se las llama por el nombre de su generación, mientras que las de isoespín positivo son los denominados

neutrinos. Es decir, los dobletes serían: electrón ( $e^-$ ), neutrino electrónico ( $\nu_e$ ); partícula  $\mu$  ( $\mu^-$ ), neutrino muónico ( $\nu_\mu$ ); partícula  $\tau$  ( $\tau^-$ ), neutrino tauónico ( $\nu_\tau$ ). Los bosones responsables de esta interacción son los W, que poseen carga eléctrica; y Z, que son eléctricamente neutros. Ambos tipos son relativamente masivos, y también poseen su propia carga electrodébil, luego son sensibles a la interacción débil.



## EVOLUCIÓN DEL CONCEPTO DE ÁTOMO

Artículo realizado por Sonia Rodríguez Rodríguez

**El concepto de átomo, al igual que otros muchos términos en todos los campos de la ciencia, ha sufrido modificaciones a medida que se han realizado descubrimientos en la química y la física. A continuación se hará una exposición de los modelos atómicos propuestos por los científicos de diferentes épocas.**

El concepto de átomo existe desde la [Antigua Grecia](#) propuesto por los filósofos griegos Demócrito, Leucipo y Epicuro. Sin embargo, no se generó el concepto por medio de la experimentación, sino como una necesidad filosófica que explicara la realidad. La materia no podía dividirse infinitamente, por lo que debía existir una unidad o bloque indivisible que al combinarse de diferentes formas creara todos los cuerpos macroscópicos.

Por tanto, el átomo se definió como la parte más pequeña en que se puede dividir la materia. John Dalton, en 1804, tras medir la masa de los reactivos y productos de una reacción, concluyó que las sustancias están compuestas de átomos esféricos idénticos para cada elemento, pero diferentes de un elemento a otro.

En 1811 Amadeo Avogadro, físico italiano, postuló la hipótesis de que los gases son

*\* Dado que las interacciones son neutrón-neutrón, protón-protón, y neutrón-protón, existen tres piones, iguales salvo en su carga.*

*Bettini, Alessandro. Introduction to Elementary Particle Physics. Cambridge University Press.*

*Henley, Ernest; García, Alejandro. Subatomic Physics. Third edition. World Scientific.*

*VV. AA. Dictionary Of Physics. Penguin Reference.*

*Griffiths, David J. Introduction to Quantum Mechanics. Second Edition. Prentice Hall.*

moléculas poliatómicas, con lo que se comenzó a distinguir entre átomos y moléculas. La visión moderna de su estructura interna tuvo que esperar hasta el experimento de Rutherford en 1911 y el modelo atómico de Bohr. Posteriores descubrimientos científicos, como la teoría cuántica, y avances tecnológicos, como el microscopio electrónico, han permitido conocer con mayor detalle las propiedades físicas y químicas de los átomos.

El primer modelo atómico basado en hechos científicos fue postulado por John Dalton en 1808. Este modelo se basa en que la materia está formada por partículas muy pequeñas llamadas átomos, que son indivisibles y no se pueden destruir. Los átomos de un mismo elemento son iguales entre sí y permanecen sin división, aun cuando se combinen en las reacciones químicas. Los átomos de elementos diferentes se pueden combinar en proporciones distintas y formar varios

compuestos. Pero este modelo no explica los rayos catódicos, ni la radioactividad ni la presencia de electrones y protones. Por eso fue sustituido por el modelo de Thomson.

Cuando Joseph John Dalton descubrió el electrón en 1897, se determinó que la materia se componía de dos partes, una negativa y una positiva. La parte negativa estaba constituida por electrones, los cuales se encontraban según este modelo inmersos en una masa de carga positiva.

Posteriormente Jean Perrin propuso un modelo modificado a partir del de Thomson donde los electrones (carga negativa) se situaban en la parte exterior de los protones (carga positiva). Para explicar la formación de iones positivos y negativos, y la presencia de los electrones dentro de la estructura atómica, Thomson ideó un átomo en el cual una nube positiva contenía las pequeñas partículas negativas (los electrones) suspendidos en ella.

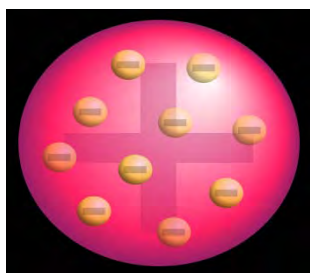


Figura 1. Modelo de Thomson

El número de cargas negativas era el adecuado para neutralizar la carga positiva. En el caso de que el átomo perdiera un electrón, la estructura quedaría cargada positivamente; y si ganaba, la carga final sería negativa. De esta forma, explicaba la formación de iones. Sin embargo, este modelo también presentaba otras carencias como por ejemplo, que no explicaba la existencia de otras radiaciones.

Algunas de las carencias que presentaba el modelo de Thomson fueron cubiertas por el físico Rutherford y sus experimentos a partir de los resultados obtenidos en 1911. Representa un avance sobre el modelo de Thomson, ya que mantiene que el átomo se compone de una parte positiva y una negativa. Sin embargo, a diferencia del anterior, postula que la parte positiva se concentra en un núcleo, el cual también contiene casi toda la masa del átomo, mientras que los electrones se ubican en una corteza orbitando al núcleo en órbitas circulares o elípticas con un espacio vacío entre ellos.

Rutherford predijo la existencia del neutrón en el año 1920. Pero a pesar de ser un modelo bastante más completo que los anteriores, también presenta muchas carencias. Una de ellas era que contradecía las leyes del electromagnetismo de James Clerk Maxwell, las cuales estaban verificadas mediante datos experimentales. Según las leyes de Maxwell, una carga eléctrica en movimiento (en este caso el electrón) debería emitir energía constantemente en forma de radiación y llegaría un momento en que el electrón caería sobre el núcleo y la materia se destruiría. Otro fallo era que no explicaba los espectros atómicos.

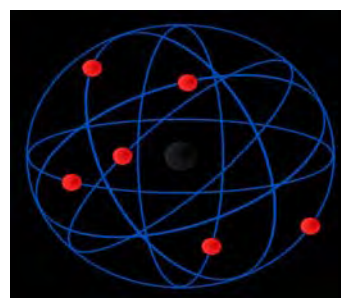


Figura 2. Modelo de Rutherford

Tomando como punto de partida el modelo de Rutherford, Niels Bohr trata de incorporar los fenómenos de absorción y emisión de los gases, así como la nueva

teoría de la cuantización de la energía desarrollada por Max Planck y el fenómeno del efecto fotoeléctrico observado por Albert Einstein. Define al átomo como un pequeño sistema solar con un núcleo en el centro y electrones moviéndose alrededor del núcleo en órbitas bien definidas.” Las órbitas están cuantizadas (los e- pueden ocupar ciertas órbitas, y cada órbita tiene un nivel de energía determinado. A mayor distancia del núcleo, mayor energía). También propuso que los electrones no radian energía (luz) mientras permanezcan en órbitas estables. Al mismo tiempo, los electrones pueden saltar de una a otra órbita. Si lo hace desde una de menor energía a una de mayor energía absorbe un cuanto de energía (una cantidad) igual a la diferencia de energía asociada a cada órbita. Si pasa de una de mayor a una de menor, pierde energía en forma de radiación (luz).

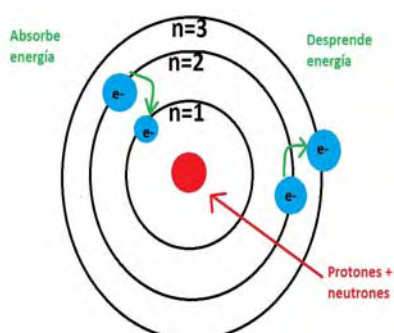


Figura 3. Modelo de Bohr

El mayor éxito de Bohr fue dar la explicación al espectro de emisión del hidrógeno, pero solo era posible aplicarlo a este elemento. Proporciona una base para el carácter cuántico de la luz; el fotón es emitido cuando un electrón cae de una órbita a otra, siendo un pulso de energía radiada. A pesar de todos los avances, este modelo aún presentaba muchas carencias: Bohr no puede explicar la existencia de órbitas estables ni para la condición de

cuantización, y encontró que el momento angular del electrón es  $h/2\pi$  por un método que no puede justificar.

Después de que Louis-Victor de Broglie propusiera la naturaleza ondulatoria de la materia en 1924, la cual fue generalizada por Erwin Schrödinger en 1926, se actualizó nuevamente el modelo del átomo. En el modelo de Schrödinger se abandona la concepción de los electrones como esferas diminutas con carga que giran en torno al núcleo, que es una extrapolación de la experiencia a nivel macroscópico hacia las diminutas dimensiones del átomo. En vez de esto, Schrödinger describe a los electrones por medio de una función de onda, que representa la *probabilidad de presencia* en una región delimitada del espacio. Esta zona de probabilidad se conoce como orbital.

Al igual que ha habido una evolución en lo que hoy conocemos como modelo atómico, esta misma evolución se manifiesta en otros muchos conceptos de la ciencia. Lo que antes nuestros antepasados consideraban como verdadero, nuevas generaciones llegan para corregir lo anterior. Nosotros como científicos debemos hacer lo mismo; tomar un compromiso con la ciencia y mejorar postulados anteriores para crear un saber más puro y verdadero.

Figuras 1 y 2 e información obtenida de:

[http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%81tomo#Historia de la teor.C3.ADa at.C3.B3mica](http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%81tomo#Historia_de_la_teor.C3.ADa_at.C3.B3mica)

Figura 3: creación propia

Wilian I. Mantecton, Emil Slowinski. *Química Superior*, Tercera edición, Editorial Interamericana. Microsoft Encarta 2000

B.H. Bransden and C.J. Joachain (1992), *Physics of Atoms and Molecules*. Harlow-Essex-England, Longman Group Limited



## LA HISTORIA DEL EFECTO FOTOELÉCTRICO

Artículo realizado por Rocío Escudero

**El efecto fotoeléctrico es uno de los descubrimientos más importantes de la historia de la Física. Gracias a él, podemos abrir la puerta de nuestro garaje, entrar en un ascensor, regular el alumbrado público o incluso escuchar nuestra película favorita en el cine. Pero, ¿cómo se descubrió el efecto fotoeléctrico?**

El efecto fotoeléctrico es el fenómeno por el cual muchos materiales, como los metales puros, los semimetales y las aleaciones, expulsan electrones cuando son iluminados con la luz adecuada.

El descubrimiento del efecto fotoeléctrico, al igual que otros muchos en la historia de la Ciencia, fue fruto de la casualidad. En el año 1886, Heinrich Hertz estaba intentando comprobar que, tal y como había pronosticado Maxwell, la luz se podía comportar como una onda. Para demostrarlo, Hertz ideó un experimento cuyo propósito era originar radiación electromagnética. Para ello utilizó dos conductores de cobre conectados a una bobina de inducción. Entre ambos conductores se creaba una chispa eléctrica, que formaba un camino conductor entre ellos.

La fluctuación de cargas entre los conductores traía consigo la emisión de radiación electromagnética. Esta radiación podía detectarse en forma de pequeña chispa mediante un receptor también de cobre. Para observar mejor la pequeña chispa en el receptor, Hertz decidió bloquear toda la luz que no necesitaba usando una cubierta oscura. De esta manera descubrió que las chispas eléctricas creadas por el aparato eran más débiles sin la luz adicional; por tanto, la luz misma que incidía en la bobina estaba relacionada de algún modo con la producción de electricidad. De hecho, comprobó que estas

chispas eran más intensas aún si la luz utilizada para iluminar el experimento era ultravioleta. Sin embargo, y después de mucho estudiar este extraño fenómeno, Hertz no pudo sacar ninguna conclusión clara sobre las primeras observaciones de lo que hoy conocemos como efecto fotoeléctrico.

Después de Hertz, otros científicos estudiaron el fenómeno. En 1887, el físico experimental Wilhelm Hallwachs investigó el efecto de la radiación electromagnética sobre objetos cargados negativamente, demostrando que una placa cargada negativamente perdía su carga muy rápidamente cuando se la exponía a una luz ultravioleta, pero que una placa cargada positivamente no tenía el mismo efecto.

No obstante, el efecto fotoeléctrico siguió siendo un misterio hasta que el descubrimiento del electrón en 1897, por J.J. Thomson, arrojó algo de luz. Este físico, mediante el célebre experimento de los tubos de descarga y rayos catódicos, descubrió que la materia estaba compuesta por partículas cargadas eléctricamente, a las que llamó electrones. Estas partículas tenían una masa 1000 veces menor que la prevista para los átomos y estaban cargadas negativamente.

Así, y gracias a la aparición del electrón, a finales del siglo XIX ya se tenía asumido que las chispas de electricidad que se obtenían en el receptor de cobre del



experimento de Hertz (que se ha explicado anteriormente) estaban constituidas por los electrones que se habían arrancado de los átomos de los conductores. En el año 1902, P. Lenard demostró experimentalmente que la acción de la luz era la causa de la emisión de cargas negativas libres (llamadas por aquel entonces fotoelectrones) por la superficie del metal. Además, gracias al descubrimiento del electrón, también pudo explicarse el resultado de los experimentos de Hallwachs.

Pero en todos los experimentos realizados por los científicos había experiencias que no se correspondían con la teoría clásica de la luz, que afirmaba que ésta se comportaba como una onda. De acuerdo con la teoría clásica, cuanto más cantidad de luz se aportase al metal, más cantidad de energía recibirían los electrones; una luz débil necesitaría un tiempo para transmitir la energía suficiente a los electrones y arrancarlos; y las dos afirmaciones anteriores serían independientes de la frecuencia de la luz incidente. Sin embargo, P. Lenard con sus experimentos demostró que nada de esto ocurría (lo que le valió el Premio Nobel en 1905): la intensidad de la luz no influía en la energía que recibían los electrones, no existía un tiempo de retraso entre la incidencia de luces débiles sobre el metal y la salida de los electrones, y existía una frecuencia de corte característica para cada metal, llamada frecuencia umbral, por debajo de la cual no existía efecto fotoeléctrico aunque la intensidad de la luz fuese muy grande.

En 1905 Albert Einstein, basándose en los experimentos de Lenard, y con un artículo llamado *“Sobre un punto de vista heurístico referente a la emisión y la transformación de la luz”* publicado en la revista *Annalen der Physik*, dio respuesta a todos estos interrogantes, por lo que recibió el Premio Nobel en 1921.

En este artículo, Albert Einstein puso en duda la teoría clásica de la luz, propuso una nueva teoría y citó el efecto fotoeléctrico como una de las aplicaciones que podría probar que sus ideas eran las correctas. Para ello, utilizó como punto de partida la teoría de Planck: Einstein propuso que la energía radiante estaba cuantizada en paquetes concentrados de energía a los que más tarde llamó fotones (partículas sin masa pero con carga y momento lineal), cada uno de los cuales disponía de una energía dada por la ecuación  $E = h \cdot \nu$ .

Este paquete o cuanto de energía está localizado inicialmente en un volumen de espacio pequeño y se mantiene localizado mientras se mueve, alejándose de la fuente de luz con una velocidad  $c$  (velocidad de la luz). De esta manera, se podría visualizar el efecto fotoeléctrico como un fotón chocando con un electrón del metal y comunicándole su energía. Si la frecuencia del fotón es tal que su energía  $h \cdot \nu$ , es igual o superior a la energía de enlace del electrón en el metal, queda liberado.



De acuerdo con esto, cuando se emite un electrón desde la superficie del metal, su energía cinética es  $E_c = h \cdot \nu - \omega$ , donde  $h \cdot \nu$  será la energía del fotón incidente y  $\omega$  el trabajo necesario para sacar al electrón del metal. Este trabajo es necesario para

superar tanto los campos atractivos de los átomos de la superficie, como las pérdidas de energía cinética debida a las colisiones internas del electrón.

La energía cinética que adquirirá el electrón que esté menos fuertemente unido al núcleo (sin tener en cuenta las posibles pérdidas internas) será la denominada energía cinética máxima:  $E_{c \text{ (max)}} = h \cdot \nu - \omega_0$  ó  $E_{c \text{ (max)}} = h \cdot (\nu - \nu_0)$ , siendo  $\nu_0$  la frecuencia umbral mencionada anteriormente y  $\omega_0 = h \cdot \nu_0$ , la llamada función trabajo, es decir, la energía mínima necesaria para que el electrón pase a través de la superficie del metal y escape a las fuerzas atractivas que normalmente lo fijan a él. Esta es la

postulación definitiva del efecto fotoeléctrico, que refuerza la hipótesis de que la luz puede comportarse como una onda y como una partícula. El descubrimiento de este efecto tiene numerosas aplicaciones prácticas en la actualidad, que serán tratadas en otro artículo de este número de la revista, escrito por Raquel Martel.

1. *El efecto fotoeléctrico* M. A. Rodríguez-Meza\* y J. L. Cervantes-Cota (Ciencia Ergo Sum, noviembre-febrero, año/vol. 13, nº003)
2. *Todo sobre Einstein* - S. Priwer, C. Phillips. Ed. Robinbook (Pg 69-71)
3. <http://centros5.pntic.mec.es/ies.victoria.kent/Rincon-C/Curiosid/rc-85/p-3/efct-fot.html>
4. <http://www.cosmosmagazine.com/reviews/2315/whats-science-ever-done-for-us> (Imagen)

## TELEPORTACIÓN CUÁNTICA: PRIMERO UN FOTÓN...

Artículo realizado por José Terrón Bautista

**La mecánica cuántica ya logró a finales del siglo XX la teleportación de un fotón pero... ¿Qué significado tuvieron estos descubrimientos? ¿Hacia dónde nos llevan? ¿En qué consiste la teleportación? ¿Ciencia ficción?**

La idea de la teleportación no es tan reciente como puede parecer a primera vista. Se remonta allá por 1993, cuando un grupo de científicos propusieron que el estado cuántico de un objeto podría ser teleportado, es decir, transferido arbitrariamente a otro sistema sin envío de materia o energía, usando un estado de entrelazamiento cuántico.

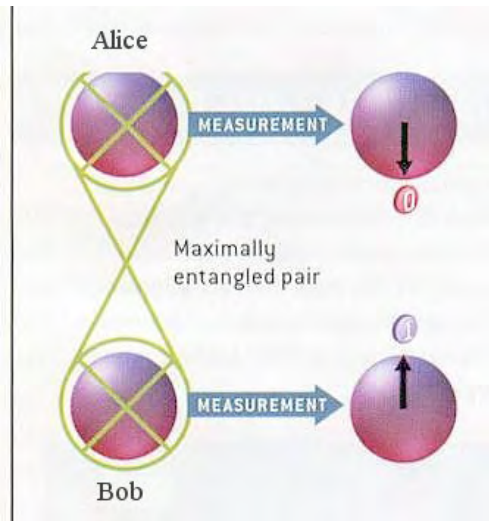
Esta teoría se planteó hace casi dos décadas, pero no fue llevada a cabo hasta 1997 cuando se consiguió la primera teleportación entre fotones; dando lugar a un gran campo de investigación a lo largo del siglo XXI. Así como inicialmente se consiguió llevar a la práctica este fenómeno entre fotones, la física cuántica ha conseguido reproducirlo en los últimos años

entre un fotón y un átomo, un átomo y un fotón e incluso entre nubes de átomos. Pero, ¿Qué explicación científica se le puede otorgar a este fenómeno?

La teleportación tiene una base cuántica con pocos vacíos en cuanto a su explicación. Está claro que es imposible teleportar la materia sin destruir los principios físico/químicos pero lo que si podemos teleportar es la identidad cuántica de una partícula.

Con la teleportación, una partícula situada en un punto podría transmitir su información cuántica a otra situada en otro punto diferente. El experimento de la teleportación de fotones, se basó en la obtención de "fotones gemelos". Lo único

que necesitamos es controlar una técnica conocida como entrelazamiento cuántico, a partir de la cual se consigue reproducir una réplica idéntica del fotón o fotones gemelos.



*Figura 1. Entrelazamiento cuántico entre dos fotones (Alice-Bob). Un cambio en el estado cuántico del primero provoca una respuesta inversa en el segundo fotón)*

Lo que realmente ocurre es que dos partículas se unen actuando como una sola, aunque posteriormente se proceda a la separación de las mismas. Cuando esto se consigue, cualquier modificación que sufre uno de los fotones la reproduce instantáneamente el otro, aunque esté a

cierta distancia del primero, una aportación de la física cuántica que compromete la noción clásica del tiempo y del espacio (lo que mucha gente ha denominado teoría de las cuerdas). Lo que hacen estos fotones en el experimento es funcionar como terminales para la transmisión. El fotón que se pretende teleportar se altera cuando se le sitúa junto a uno de los fotones gemelos y esta alteración es registrada de forma instantánea por el otro fotón entrelazado, que de esta forma se convierte en una copia idéntica del primero, estando totalmente verificado por los instrumentos de medición.

El experimento constituye un fuerte impulso al desarrollo de las telecomunicaciones, la criptografía y la informática; permitiendo la transferencia de información mediante este un código de lenguaje basado en la transmisión de estados cuánticos.

Sin embargo, ¿acaban aquí las aplicaciones?

Sin duda, aún queda un largo camino en la investigación de este campo científico y sus usos dentro de la sociedad. ¿Logrará la mecánica cuántica robarle aún más terreno a la ciencia ficción?



Artículo realizado por Paula Yunes Leites

## LAS TRIPAS DEL LHC

**El origen de las galaxias, el concepto de masa, la materia oscura del universo. ¿Es posible simular, demostrar y descubrir todo esto?, ¿y si hablásemos de hacerlo bajo el suelo de miles de europeos? Cientos de científicos logran los mayores avances en física nuclear gracias a la construcción del mayor acelerador de partículas del mundo: el LHC.**

Año 2008. Cientos de investigadores y físicos de todo el mundo esperan impacientes la puesta en marcha del LHC (Large Hadron Collider, por sus siglas en inglés), tras una gran inversión de años de construcción y de miles de millones de euros. Este colisionador de hadrones, enterrado a 100 metros de profundidad y constituido en parte por un túnel de 27 km de longitud, se construyó en la frontera franco-suiza, cerca de Ginebra. El objetivo principal de su funcionamiento era el de poner a prueba las teorías y predicciones del Modelo Estándar, haciendo colisionar haces de protones a altos niveles de energía.



Vista del crió-imán del LHC en el interior del túnel.  
Por Maximilien Brice, © CERN.

En concreto, lo que el LHC quería demostrar es la existencia de la famosa partícula de Higgs (denominada bosón, por no poseer spin intrínseco), conocida también como la “partícula de Dios” que según el Modelo Estándar, podría explicar el concepto y origen de la masa en las partículas elementales. Además del bosón de Higgs, también se esperaba poder estudiar partículas como los micro agujeros

negros, las partículas supersimétricas o los strangelets.

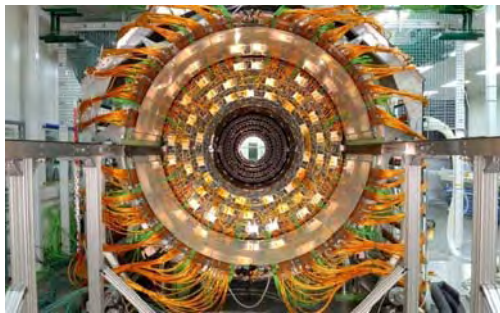
Han pasado ya dos años desde la primera vez que el LHC se puso en funcionamiento. Los seis grandes experimentos del acelerador de partículas ya han sido construidos y puestos en funcionamiento: ATLAS, ALICE, CMS, TOTEM, LHCb y LHCf. ATLAS y CMS consisten en detectores de partículas en ámbito general. ALICE, LHCb, LHCf y TOTEM, son más específicos en cuanto a su función. Todos ellos reciben en algún momento a los protones a lo largo de su recorrido por el LHC. Estos protones se obtienen al extraer los electrones de átomos de hidrógeno. A los protones es posible acelerarlos ejerciendo sobre ellos una fuerza mediante campos eléctricos y es posible mantenerlos en el interior del anillo con un conjunto de electroimanes. Así los protones son capaces de alcanzar la velocidad de la luz a medida que van recorriendo los distintos sectores del colisionador de partículas. Finalmente, usando helio líquido para disminuir la temperatura a 1,9 K en todo el proceso, las partículas alcanzan el 99,99% de la velocidad de la luz, momento en el que un imán desvía la trayectoria de los protones para que colisionen de frente donde se encuentran los detectores.

El primero de ellos en recibir a los protones es ATLAS (A Toroidal LHC ApparatuS, Aparato Toroidal del LHC). Su propósito es general, para que, cuando se lleve a cabo un experimento en el LHC, sea cual sea, el

ATLAS pueda detectar las partículas generadas y examinar sus características (energía, velocidad y dirección).

ALICE (A Large Ion Collider Experiment), estudia específicamente las colisiones entre iones pesados a altas energías y a temperaturas y densidades extremas, pudiéndose crear la materia nuclear que habría existido microsegundos después del Big Bang: el QPG, la “sopa” de quark.

Los experimentos que reciben los protones en cuarto lugar son el CMS (Compact Muon Solenoid) y el TOTEM (TOTAL Elastic and diffractive cross section Measurement). El CMS es el encargado de encontrar el bosón de Higgs y las partículas SuSy (supersimétricas) o de dimensión extra. Está constituido por sistemas (un rastreador, un calorímetro electromagnético y un solenoide supraconductor) que miden la energía y la cantidad de movimiento de fotones, electrones, muones y las partículas procedentes de las colisiones.



CMS, por Maximilien Brice, © CERN

El LHCb (Large Hadron Collider beauty) estudia la asimetría entre la materia y la antimateria, estudiando aquellas partículas que contienen un quark b. Es decir, intentar explicar por qué el universo está compuesto de materia y no de antimateria, cuando ambos se produjeron paralelamente.

Finalmente, actúa el LHCf (Large Hadron Collider forward) que se encarga de simular rayos cósmicos en condiciones de

laboratorio, utilizando unas pequeñas partículas creadas en el interior del LHC. Con él se espera explicar los rayos de ultra-alta energía cósmica.

MoEDAL es un nuevo experimento, creado recientemente, capaz de evadir ciertos problemas que tienen los anteriores seis experimentos al contactar las partículas con los detectores<sup>1</sup>.



El Globo de la Innovación, por Maximilien Brice; Claudia Marcelloni, © CERN

A pesar de haber sido denunciados por poner en peligro la existencia de la Tierra con la posibilidad de crear un agujero negro (fueron absueltos por demostrar que era prácticamente imposible la formación de uno), de las dificultades que se presentan en los experimentos y de los recortes de presupuestos a los que les han sometido, el LHC sigue adelante con su investigación. Se ha convertido en el acelerador de partículas más potente del mundo, superando al Tevatrón estadounidense y superando también sus propios récords. Los científicos que trabajan en las tripas del LHC, aseguran que no pretenden ser dioses, sino simplemente intentar explicar un poco mejor el mundo que nos rodea y en el que vivimos.

<sup>1</sup>Los seis experimentos sufren problemas de saturación en los detectores debido a la absorción de las partículas altamente ionizantes antes de atravesar los detectores. Los detectores de MoEDAL están equipados para medir tasas de ionización muy superiores a las de una partícula ionizante, por lo que no presenta este tipo de problemas. [www.plataformasinc.es](http://www.plataformasinc.es)



## EN BUSCA DE “LA PARTÍCULA DE DIOS”, BOSÓN DE HIGGS

Artículo realizado por Gloria López Gámez

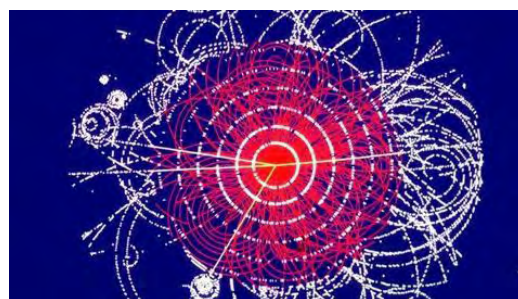
**¿Existe verdaderamente una partícula que pueda explicar el origen del Universo?  
¿Podremos saber alguna vez cómo se originó todo? ¿Realmente existe el Bosón de Higgs?**

Todos conocemos los protones, neutrones y electrones, pero también existen otras partículas como los neutrinos, muones, kaones, quarks...y en este caso, los bosones de las cuales no conocemos demasiado. Para explicar sus características, el motivo de sus cargas e incluso por qué existen, los científicos elaboraron el Modelo estándar, es decir, una compleja teoría cuántica de campos que predice la existencia de un gran número de partículas subatómicas. A pesar de esto, no es la teoría definitiva, ya que no es válida para todos los casos. Según esta teoría, los bosones tienen masa, pero los fotones no. En cambio, en las teorías de la supersimetría es mucho más ligero, podría estar compuesto por otros más elementales e iría acompañado de otro bosón.

Existen otras teorías como son por ejemplo la Electrodinámica Cuántica y la Cromodinámica Cuántica en las cuales, la masa de las partículas se corresponde con una ruptura de la simetría, y si las masas se hacen cero, la simetría se recuperará. En cambio, si tomamos al Bosón de Higgs como escalar, su masa no se asocia a ninguna simetría; tampoco si se tiende a cero. Por ello, una de las soluciones a este problema, es tomar a esta partícula como compuesta. Otra de las soluciones que se plantean es considerarla una partícula supersimétrica.

¿Qué ocurriría si existiese la “partícula de Dios”? Si la partícula existe, el Bosón de Higgs tendría una gran importancia en la ciencia, pero hasta el día de hoy, no ha podido comprobarse su existencia, siendo la

única partícula elemental que no ha sido observada de forma experimental.



*CERN. Representación del Bosón de Higgs<sup>1</sup>*

Se le denomina también partícula de Dios porque es la partícula que hace falta para comprender la estructura de la materia a nivel subatómico; ésta es un auténtico misterio, pero un grupo internacional de científicos del Fermilab ha anunciado que la búsqueda ha dado un importante paso, y que podrían explicar algunas de las muchas preguntas acerca del Universo.

Hace algunos años, Tomasso Dorigo publicó en su blog que unos científicos norteamericanos estaban a punto de encontrarla, noticia que fue desmentida por los propios responsables del acelerador. Al parecer, Dorigo solo quería buscar la fama.



*Acelerador de partículas<sup>2</sup>*

Y, ¿qué es eso del acelerador? Un Acelerador de Partículas es un instrumento capaz de acelerar partículas cargadas eléctricamente a grandes velocidades haciendo uso de campos electromagnéticos. Podríamos diferenciar los de baja energía, como por ejemplo aquellos que generan rayos X; y los de alta energía, como el Large Hadron Collider (LHC) del CERN, bastante relacionado con el Bosón de Higgs, ya que su principal objetivo es su descubrimiento; por este motivo se han realizado diversos experimentos que explicaremos a continuación.

El día 30 de marzo del 2010 se realizó una experiencia a escala microscópica: colisionar protones a 7 TeV en una recreación de las condiciones físicas que se dieron cuando el Universo se originó, es decir, en el Big Bang. Esto ha significado mucho, ya que pudo recabarse mucha información sobre el Universo y sobre la materia de la que está compuesto.

En los próximos años, se pretende realizar de nuevo esta colisión pero con más partículas. Posteriormente, detenerlo durante un año completo y si tras esta pausa tuviese un correcto funcionamiento se intentarían alcanzar los 14 TeV, su potencia máxima.

Como ya he comentado antes, no se está seguro de si verdaderamente esta partícula existe, y si existe, tampoco está muy claro que se encuentre. Hay diversas opiniones, y debemos saber que los científicos también tienen sus problemas y discusiones a causa de sus diferentes puntos de vista; Higgs y Hawking no son una excepción. En una ocasión, Hawking se apostó 100 dólares a que no conseguirían demostrar la existencia de la partícula de Dios, alegando que no existía. Esta disputa puede deberse a una rivalidad por el premio Nobel, ya que ambos son candidatos a él, y si la partícula

de Dios finalmente fuera encontrada, casi con total seguridad sería para Higgs.

Muchas personas se preguntan: ¿Para qué servirá encontrar el Bosón de Higgs? ¿Mejorará nuestra calidad de vida? ¿Cuáles serán sus aplicaciones?

Las respuestas a estas preguntas no están aún demasiado claras, pero puede hacerse una suposición: por una parte, una de sus aplicaciones podría ser en medicina, al igual que los positrones se utilizan en la tomografía por emisión de positrones, esta partícula también podría aplicarse a este campo. Así, podemos responder afirmativamente a la pregunta acerca de mejorar la calidad de vida.

Además, estos descubrimientos suelen generar más industria, con ella más trabajo y esto conllevaría menos hambre en el mundo. Quizás esta idea es demasiado precipitada, pero podría ser una posibilidad. Por otra parte, no todo son ventajas. Debemos añadir que también puede servir para fabricar nuevas armas destructivas, y con ellas más guerras y de mayor intensidad.

¿Y, si después de todo no se diera con ella? “El modelo estándar y nuestra imagen de cómo Dios hizo el universo depende de encontrar el bosón de Higgs”, comentó Leon Lederman<sup>2</sup>. Si se encontrase, significaría que las ideas que tenemos sobre la materia son correctas, pero si no fuese así, en algún momento nos hemos desviado del camino que estábamos siguiendo. Pero para eso están los científicos, siempre hay algo que investigar.

<sup>1</sup><http://www.periodistadigital.com/ciencia/universo/2010/07/28/colisionador-lhc-boson-higgs-padua-italia-dorigo-fisico-fermilab.shtml>

<sup>2</sup> <http://www.muyinteresante.es/la-particula-divina>



## DESCUBRIENDO EL SECRETO DE LA VIDA

Artículo realizado por Vicente Roca Agujetas

**La revolución que han sufrido la bioquímica y la genética molecular en los últimos años tiene su origen en el incesante interés de decenas de científicos por descubrir la estructura del ADN. La difracción de rayos X ha tenido un papel crucial en este rompecabezas.**

Cuando hablamos de vida nos cuesta mucho dar de ella una definición clara. Grosso modo podríamos hablar de vida siempre y cuando se den las tres funciones vitales (nutrición, relación y reproducción). Sin embargo, la vida tal cual la conocemos no sería posible sin la famosa molécula de ADN (o DNA en inglés). La importancia de esta macromolécula en cualquier célula viviente es enorme. Es más, una célula viviente sin ADN no podría considerarse ni célula ni viviente<sup>1</sup>. Por ello, es lógico pensar que haya sido el eje central de una enorme cantidad de investigaciones científicas.

Desde que, en 1869, el bioquímico alemán Friedrich Miescher la descubriera, definiéndola como una macromolécula compuesta por miles y miles de átomos, situada en el núcleo celular, con propiedades ácidas y con un tipo de azúcar (desoxirribosa), han pasado muchos científicos entusiasmados, con ganas de descubrir qué hacía de esta “enorme” molécula la idónea para formar vida, cómo podía almacenar la información hereditaria de un organismo y cómo podía hacer copias de sí misma para transmitirse de una generación a otra. Sin duda, el objetivo estaba claro, descubrir y entender el funcionamiento del ADN, pero para llegar a tal descubrimiento era necesario antes conocer cómo está hecha, su estructura. Como no podía ser de otra forma, para tal fin, la química sentó las bases. Quien le iba a decir a Miescher que casi un siglo después, en 1962, tres curiosos científicos<sup>2</sup> recibirían el premio Nobel en medicina por

describir como una doble hélice a esa curiosa molécula que él había descubierto.

En 1951, cuando los ingeniosos científicos Watson y Crick comienzan a investigar la estructura del ADN, ya se utilizaba una importante técnica para el estudio de diferentes estructuras de macromoléculas, fundamentalmente proteínas. Esta novedosa técnica se conocía con el nombre de cristalografía por difracción de rayos X y se desarrolló en el Laboratorio Cavendish (Cambridge), aunque fue en el King's Collage (Londres) donde Maurice Wilkins se propuso utilizar la misma técnica para el estudio de la estructura del ADN, en lugar de las proteínas. La difracción de rayos X se basa en la interferencia entre las ondas de esta radiación que se generan cuando hay un objeto, en este caso una molécula, en su trayecto. La cristalografía de rayos X permite descubrir el arreglo de los átomos que componen una determinada molécula, es decir, nos muestra la situación aproximada de los átomos, así como los ángulos y distancias de los enlaces que los mantienen unidos.

La utilización de la radiación X y no otra es debido a la longitud de onda de esta, puesto que la difracción solo se produce cuando la longitud de onda de la radiación es comparable con los espacios característicos en el interior del objeto que causa dicha difracción. En nuestro caso esos espacios serían los existentes entre los átomos dentro de la molécula que queremos estudiar, o lo que es lo mismo, la separación entre las capas de átomos que componen el cristal, en este caso, el ADN. Esta separación es de



alrededor de 100 pm, con lo que debemos utilizar la radiación electromagnética de esa longitud de onda, correspondiente a los rayos X.<sup>3</sup> De forma empírica, la técnica de cristalografía de rayos X se lleva a cabo haciendo pasar un haz de rayos X a través de la macromolécula que se quiere estudiar, colocando al otro lado de la muestra una placa fotográfica. En esta podríamos observar una serie de manchas que se corresponden a aquellos lugares en los que la radiación se ha difractado (por la existencia de una capa de átomos). A través de diferentes técnicas matemáticas se pudo saber la situación de los átomos para que se haya formado tal patrón de difracción. Sin embargo, en los tiempos de Wilkins y Franklin aún no existían los ordenadores y estos cálculos matemáticos eran demasiado largos y complejos.

Tal y como decíamos antes fue el científico Maurice Wilkins el que comenzó a utilizar esta novedosa técnica para el estudio de la molécula de ADN. Sin embargo, de todas las experiencias que llevó a cabo ninguna tuvo éxito, ya que en los patrones de difracción que obtenía solo eran observables un conjunto de manchas sin continuidad apreciable, de las cuales no se podía sacar en claro ningún tipo de estructura. Fue su ingeniosa compañera, Rosalind Franklin, la que dio con la clave de este extraño enigma. Al parecer Franklin utilizó una muestra más hidratada que las que usaba Wilkins y, sorprendentemente, obtuvo un patrón de difracción claro y definido. En este caso se observaba claramente la forma de una "x". Así pues, se pensó que el ADN presentaba dos conformaciones, la forma A (obtenida a través de la difracción de rayos X por Wilkins) y la forma B (obtenida por Franklin). Los expertos de la época en esta técnica, al observar la forma B obtenida por Franklin, afirmaron que ese curioso patrón de difracción en forma de "x" era señal

inequívoca de que la estructura de ADN se trataba de una hélice.



Fotografía de la forma B del ADN obtenida por cristalografía de rayos X. Por cortesía de <http://www.comoves.unam.mx/articulos/adn/adn.htm>

Pero, sin duda, fueron Watson y Crick los que más partido supieron sacarle a esta fotografía de la forma B del ADN. Años antes de este hallazgo ya se conocía, a través de estudios químicos, que toda molécula de ADN estaba compuesta por carbono, oxígeno, hidrógeno, nitrógeno y fósforo, así como la existencia de grupos fosforos, desoxirribosa y una serie de moléculas características que se repetían, a las que llamaron bases (adenina, timina, guanina y citosina). Además, Erwin Chargaff, a través del estudio de diferentes especies, había descubierto que la cantidad de adenina era siempre la misma que la de timina y la de guanina igual que la de citosina.

Sabiendo todo esto y siguiendo el modelo de  $\alpha$ -hélice propuesto por Pauling para las proteínas, Watson y Crick propusieron un modelo para la estructura de ADN que coincidiera con los datos que ya se tenían. Este constaba de tres cadenas, situaba los fosforos y las desoxirribosas en el centro y las bases hacia el exterior. Este modelo fue todo un fracaso y fue desechado por Wilkins y Franklin puesto que no tenía en

cuenta las repulsiones electrostáticas entre los fosfatos. Pero entonces Watson y Crick recibieron la fotografía de la forma B obtenida por Franklin y comenzaron a crear un modelo que concentrara todos los datos hasta entonces conocidos así como el nuevo hallazgo que aseguraba una estructura helicoidal del ADN. Ambos científicos lograron descubrir muchos más datos a partir de la fotografía, asegurando que las bases se encontraban en el centro (cada mancha de la “x” correspondería a un par de bases) y los fosfatos y las desoxirribosas en los extremos, así como la distancia entre los diferentes pares de bases o el propio diámetro de la hélice. Aún así, todavía no podían estar seguros de que la estructura estuviera formada por dos cadenas, aunque decidieron arriesgar. De esta forma solo les quedaba dilucidar la forma en que se enfrentan los diferentes tipos de bases. Al principio pensaron que lo ideal sería emparejar dos del mismo tipo (adenina-guanina y citosina-timina), aunque descubrieron que, debido a la diferencia de tamaño de ambos tipos, de esta forma habría zonas de la hélice más estrechas que otras, lo cual les llevó a pensar que debían de emparejar bases de distinto tipo. De este modo se explicaban las leyes de Chargaff, quedando claro que el emparejamiento debía ser: adenina-timina y guanina-citosina.

Este modelo, tan simple como complicado de obtener, daba explicación a todos los datos empíricos obtenidos por tantos y tantos científicos así como a las leyes más básicas de la herencia, sin desafiar ningún principio de la química. Con este modelo se pudo explicar cómo se transmite la información genética de generación en generación. Todo se debía a la complementariedad de dos cadenas compuestas por “pedazos de vida”, por las cuatro letras (A, T, G y C) que componen el lenguaje genético. La complementariedad de bases permite que una sola cadena sirva de molde para construir la complementaria y, de esta forma, el ADN tendría un mecanismo para copiarse a sí mismo, para seguir siendo la molécula primordial que forma vida. Sin duda alguna, esta bella estructura hace del ADN la molécula inequívoca de la vida.

<http://www.comoves.unam.mx/articulos/adn/adn.html> ; libro “Principios de Química. Los caminos del descubrimiento”, por Atkins, editorial Panamericana, 3ª ed.

<sup>1</sup>Existen algunos parásitos, como los virus, que no poseen la molécula de ADN puesto que no se consideran células.

<sup>2</sup>Los nombrados científicos que recibieron en 1962 el Nobel en medicina fueron Francis Crick, James Watson y Maurice Wilkins.

<sup>3</sup>Región entre 100nm y 1pm del espectro electromagnético.



## LA QUÍMICA EN LAS RELACIONES PERSONALES

Artículo realizado por Clara M<sup>a</sup> Yuste

**Más de una vez, todos habremos oído o utilizado la expresión “tener química” en referencia a encajar, sentirse atraído o llevarse especialmente bien con alguien. Pero, ¿realmente existen factores químicos que influyan en nosotros a la hora de establecer una relación?**

La respuesta es sí. Todos hemos notado los cambios en esos mensajeros químicos, las hormonas, que causan en nosotros grandes cambios en nuestro estado de ánimo, e incluso nos empujan a veces a cosas que ni nosotros mismos acertamos a comprender.

El caso más evidente es el de la atracción física. Cualquier estímulo, un roce, una mirada, un olor... genera el fluido químico que comienza en el cerebro y se transmite por el sistema nervioso, produciendo respuestas como sudoración, nerviosismo, respiración agitada... Existe cierta semejanza entre estos “síntomas” y los del estrés; esto es debido a que, de hecho, la reacción química que se produce es idéntica.

Y, ¿hasta cuándo dura esta sensación? Los principales neurotransmisores que produce nuestro cerebro en estos casos son la norepinefrina, la dopamina y, en particular, la feniletilamina. Ciertos estudios indican que el cuerpo desarrolla una intolerancia a

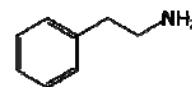


esta última, el cerebro es incapaz de satisfacer la demanda, y por ello esta sensación de euforia va disminuyendo con el tiempo, pudiendo

alargarse más de dos o tres años; esto nos proporciona una explicación de la fugacidad del amor apasionado.

Sin embargo, nuestras relaciones personales pueden prolongarse más allá de este tiempo. Esto es debido a lo que conocemos como “cariño”, los lazos afectivos que se crean con el paso del tiempo, que son regulados por la oxitocina y la vasopresina, las cuales también influyen en el circuito cerebral del placer, y cuya duración es indeterminada, pudiendo prolongarse durante toda la vida. De hecho, frente a situaciones como matrimonio, hijos en común o bien amistades con intereses compartidos, parecen registrarse mayores niveles de oxitocina y vasopresina.

Otro caso en que se manifiestan estas reacciones químicas es el de la amistad, y destaca en este campo la diferente concepción de esta que tenemos hombres y mujeres. Un estudio de la Universidad de Los Ángeles, California, realizado sobre mujeres sugiere que las mujeres reaccionamos a las tensiones produciendo una cascada de químicos cerebrales que nos permiten entablar y mantener relaciones sólidas con otras mujeres, ya que estas amistades les permiten liberar tensiones y disminuyen sus niveles de estrés.



Norepinefrina y  
feniletilamina

Parece ser, de nuevo, la hormona oxitocina la responsable de que las mujeres se comporten de este modo. Cuando una mujer está estresada, su cerebro libera oxitocina, y

esta es la que las empuja a “asociarse” con otras mujeres y a proteger a los niños.

Frente a estas tendencias femeninas, podemos contrastar la actitud masculina. Diversos estudios sobre el estrés muestran que los varones estresados suelen huir hacia el alcohol o las drogas, o tornar su comportamiento volviéndose agresivos y violentos. Esto puede indicar que los hombres no comparten con las mujeres esta “Química de la amistad”, debido quizás a que la oxitocina es neutralizada por la testosterona, aunque sí está presente en ellos, relacionándose en este caso con la conducta paternal. Es por ello que las relaciones de amistad entre varones suelen inclinarse más hacia el “colegueo”, teniendo menor número de amigos que las mujeres. Otro tipo de relación que podemos observar es la que se establece entre madres, padres e hijos. De nuevo, como hemos mencionado, la oxitocina se convierte en una bomba de emociones

positivas, que despierta el instinto protector hacia el bebé, tanto en la madre como en el padre. En el caso de ella, a los efectos de esta hormona se le suman los de la prolactina, la hormona de la lactancia. En cuanto al bebé, hoy en día se sabe que la explosión química del apego, que tiene lugar al principio de su vida, moldea su cerebro y deja una marca en su vida adulta.

En conclusión, todo parece indicar que estas pequeñas moléculas juegan un papel crucial en nuestro comportamiento, y nos afectan a la hora de estar a gusto con una u otra persona, y establecer lazos afectivos con todas las personas de nuestro entorno. Claro está que no todo en nuestra vida depende de las hormonas, ya que somos nosotros los que, mediante el uso de la razón, debemos tomar nuestras decisiones, y en ocasiones hacer caso omiso de ellas... Aunque, en cierto modo, el “instinto” siempre estará presente.



## POSITRONES

Artículo realizado por *María Caño Chaichío*

**¿Hermanos mellizos de los electrones? ¿Un electrón positivo? Quizás la respuesta más acertada sería pensar en POSITRONES.**

Los positrones también llamados antielectrones forman parte de la antimateria, poseen la misma masa que los electrones y tienen su misma carga pero de signo contrario (positiva).

Se hace difícil pensar que existe “algo” que no es materia (antimateria) pero sí, no es sólo una palabra usada en la ciencia ficción, estas partículas se crean y se destruyen tanto en aceleradores de partículas como en nuestra galaxia.

Su existencia fue predicha en 1928 por Paul Dirac como consecuencia de la Ecuación de Dirac y posteriormente fueron descubiertos por el norteamericano Carl D. Anderson al fotografiar las huellas de los rayos cósmicos en una cámara de niebla, que dio su nombre a éstas partículas.

El positrón tomó una importante fama y comenzó a aparecer en novelas de ciencia ficción. Isaac Asimov fue uno de los que se apropiaron de ellos y los utilizó como neuronas de robots en sus novelas. También fue utilizado en varias series como “Aventura Digimon 02” donde se nombraba al láser positrónico o en “Star Trek” en el androide Data construido con un cerebro de positrones.

Es fácil preguntarse qué ocurriría si un positrón y un electrón colisionan. La respuesta es sencilla: se aniquilan y además como resultado podemos obtener dos fotones que tienen la misma energía del electrón o del positrón en reposo, es decir, 511 keV.

Por último es interesante añadir, una noticia que ha causado un gran furor entre la comunidad científica: “Ya ha sido creada la primera molécula formada por antimateria y materia”<sup>1</sup>.

¿Cómo es posible si al colisionar se aniquilan? Muy fácil, la clave se encuentra en una fina película de silicio (denominación química del mineral de cuarzo). La molécula se denomina dipositronio, se ha conseguido uniendo dos positrones con dos electrones y libera el doble de energía en forma de rayos gamma al desintegrarse.

Allen Mills y David Cassidy los físicos norteamericanos que han creado esta partícula quizás hayan abierto camino en las técnicas para poder penetrar en el núcleo del átomo y crear un láser aniquilador de rayos gamma.

Los positrones al encontrarse en las emisiones X y gamma de cuerpos celestes y en erupciones solares favorecen que el descubrimiento de un láser aniquilador de rayos gamma no sea tan utópico, y que de conseguirlo, los creadores de los dipositronios lleguen a ser incluso más famosos que Julius Robert Oppenheimer, el primer creador de bombas atómicas.

<sup>1</sup>Extraído de [www.novaciencia.com](http://www.novaciencia.com)



## LA RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA Y LOS COLORES DE LA MATERIA

Artículo realizado por Carmen Campos

**Ya en la antigüedad los filósofos se preguntaban si nuestro conocimiento es verdadero, si nuestros sentidos nos muestran la realidad o, por el contrario, la distorsionan. Podría decirse que la ciencia actual ha demostrado que nuestro conocimiento es más limitado de lo que pensamos.**

Desde el inicio de la física cuántica hasta la ciencia de nuestros días, comenzando por la teoría de la relatividad de Einstein, siguiendo con la dualidad onda partícula propuesta por de Broglie, avanzando con la ecuación de Schrödinger -de la que se concluye que una partícula nunca puede estar en reposo cuando está confinada entre dos paredes-, y continuando con el principio de incertidumbre de Heisenberg - que afirma que no podemos conocer simultáneamente el valor exacto de dos magnitudes físicas como la posición de un objeto y su momento lineal, sino que únicamente podemos expresarlos en términos de probabilidad-, podríamos afirmar que el conocimiento humano se queda muy lejos de mostrar la realidad tal y como es.

Niels Bohr afirmaba a principios del siglo XX “Todo aquel que no queda confundido por la teoría cuántica es porque no la ha entendido bien”. Sin embargo todas estas teorías científicas, que parecen confirmar que nuestra percepción de la realidad está distorsionada, lejos de llevar al hombre a abandonar, han permitido conocer mejor el universo y han supuesto una gran revolución científico-tecnológica en la historia de la humanidad.

Uno de los fenómenos que muestran claramente la distorsión que pueden llegar a producir nuestros sentidos sobre la realidad son los colores. Algo tan simple y tan

cotidiano como los colores que observamos a nuestro alrededor cada día es una ilusión producida por el sentido de la vista. Los colores no son más que el resultado de la percepción de ondas electromagnéticas a través de nuestros ojos. A nivel biológico se trata de una percepción visual que se genera en el cerebro cuando éste interpreta las señales nerviosas que le envían los fotorreceptores de la retina del ojo tras distinguir e interpretar las distintas longitudes de onda que captan de la parte visible del espectro electromagnético.

El fenómeno se clasifica como un fenómeno físico-químico. Comenzaremos a analizarlo desde donde se origina, la parte más química y finalizaremos con la parte más física sin adentrarnos demasiado en el tema biológico descrito de manera breve en las líneas precedentes.

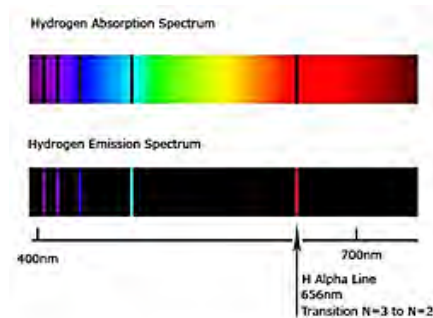


Imagen tomada de gavab.es.  
Muestra tanto el espectro de absorción  
como el de emisión del hidrógeno.

Una vez llegados a este punto ya sabemos lo principal. Se trata de ondas electromagnéticas pero, ¿de dónde

proviene éstas? Una onda electromagnética es la forma de propagación de la radiación electromagnética a través del espacio. La radiación electromagnética es una combinación de campos eléctricos y magnéticos oscilantes, que se propagan a través del espacio transportando energía de un lugar a otro. A diferencia de otros tipos de onda, como el sonido, que necesitan un medio material para propagarse, la radiación electromagnética se puede propagar en el vacío.

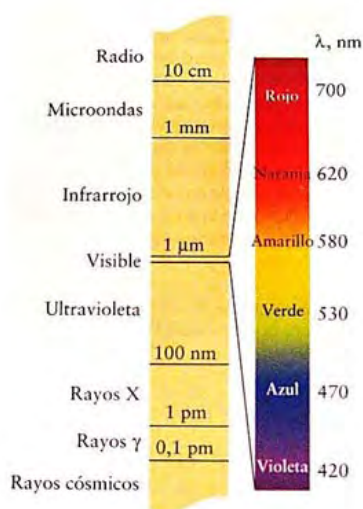


Imagen tomada de la 3ª edición del libro "Principios de Química" de Atkins <sup>1</sup>. En ella se muestra el espectro electromagnético y sus distintas regiones.

Todo material iluminado por radiación electromagnética -luz blanca, bien sea solar o artificial- absorbe una parte de las ondas electromagnéticas y refleja las restantes. He aquí la parte química del fenómeno. Cuando la radiación electromagnética cae sobre una molécula, los electrones en la molécula se pueden excitar hacia un estado de energía superior. Esto es lo que se denomina un salto cuántico. Es un cambio de estado de un electrón que pasa de un nivel de energía menor a otro mayor de modo prácticamente instantáneo, dentro de un átomo mediante la emisión o absorción de una cantidad de energía denominada fotón.

Esta forma de energía cuantizada, o fotón, es la partícula portadora de todas las formas de radiación electromagnética, incluyendo a los rayos gamma, los rayos X, la luz ultravioleta, la luz visible, la luz infrarroja, las microondas, y las ondas de radio; que son los tipos de ondas que constituyen las regiones del denominado espectro electromagnético. El fotón tiene una masa invariante cero, viaja en el vacío con una velocidad constante  $c(3 \times 10^8 \text{ m/s})$  y presenta tanto propiedades corpusculares como ondulatorias (dualidad onda-corpúsculo).

El análisis de la radiación electromagnética emitida o absorbida por las sustancias es una rama de la química denominada espectroscopía. La espectroscopía estudia los espectros de absorción y emisión de las distintas sustancias. Cada elemento de la tabla periódica tiene un determinado espectro de absorción que se complementa con su espectro de emisión, los cuales se pueden considerar la huella dactilar de cada elemento. Además la espectroscopía estudia los cromóforos. Éstos son la parte o conjunto de átomos o moléculas de una sustancia responsable de su color. También se puede definir como una sustancia que tiene muchos electrones capaces de absorber energía o luz visible, y excitarse para así emitir diversos colores (radiación visible). Ejemplos de ellos son el compuesto caroteno o el grupo carbonilo.

Volviendo de nuevo a la emisión o absorción de un fotón por los electrones para realizar saltos cuánticos, si sabemos que las ondas electromagnéticas están constituidas por fotones, habremos solucionado la pregunta ¿De dónde provienen las ondas electromagnéticas que llegan a nuestros ojos?

Trataremos ahora la parte más física. Dependiendo de la energía que se

desprenda en el salto, el fotón tendrá más o menos energía; siendo la energía del fotón:  $E = hf$ , donde  $h$  es la constante de Planck y  $f$  la frecuencia, que depende de la energía que se haya desprendido del salto cuántico. Por tanto, al estar relacionada la frecuencia con la longitud de onda, podemos concluir que dependiendo de la energía del fotón, la onda tendrá una longitud u otra. Mediante la longitud de onda clasificamos la radiación en uno u otro lugar en el espectro electromagnético.

Las ondas reflejadas son captadas por el ojo e interpretadas en el cerebro; a diferentes longitudes de onda captadas en el ojo corresponden distintos colores en el cerebro. La luz blanca puede ser descompuesta en todos los colores

(espectro) al pasar a través de un prisma. Esta separación de colores ocurre en la naturaleza al pasar los rayos de sol por las gotas de agua creando el arco iris.

Podemos entonces concluir que los colores que observamos son las ondas electromagnéticas que los objetos reflejan; no las que absorben. Por tanto en realidad se podría decir que los distintos objetos son de todos los colores menos del que nosotros observamos, que es justamente el que reflejan.

<sup>1</sup>P. Atkins y L Jones. "Principios de Química – Los caminos del descubrimiento", 3ª edición, Ed. Médica Panamericana, 2006.

<sup>2</sup>[http://www.quimicaweb.net/grupo\\_trabajo\\_ccnn\\_2/tema5/index.htm](http://www.quimicaweb.net/grupo_trabajo_ccnn_2/tema5/index.htm)

<sup>3</sup>[www.tecnun.es/asignaturas/grafcomp/presentaciones/color.ppt](http://www.tecnun.es/asignaturas/grafcomp/presentaciones/color.ppt)

<sup>4</sup><http://es.wikipedia.org>



## EL DARWINISMO CUÁNTICO: LA EVOLUCIÓN DE LA REALIDAD

Artículo realizado María Alcázar Fabra

**El darwinismo cuántico es una interesante idea propuesta por primera vez por el físico Wojciech Hubert Zurek, de Los Alamos National Laboratory, en 2003. Su esencia es explicar la transición entre lo clásico y lo cuántico: ¿por qué el mundo cuántico y el clásico obedecen reglas tan distintas?**

Multitud de ejemplos cotidianos nos muestran que el mundo que experimentamos con los sentidos no se parece en nada al extraño mundo cuántico. Mientras que el primero obedece las leyes clásicas, mostrando una cierta coherencia, estabilidad, solidez o repetitividad el mundo microscópico es tan extraño como la propia teoría cuántica que lo rige. Pero, ¿por qué ocurre esto? Aquí es donde surge el darwinismo cuántico, tratando de encontrar el puente de comunicación entre lo macroscópico y lo microscópico y de dar una explicación convincente a este hecho.

Para poder comprenderlo mejor podemos recurrir a la definición de darwinismo. El darwinismo nos dice que la evolución de las especies se produce por selección natural de los individuos, es decir, se basa en tres pasos: copiar, cambiar y elegir los cambios favorables. Análogo a esto, el darwinismo cuántico explica el flujo de información del mundo cuántico al mundo macroscópico como una especie de selección natural de los estados cuánticos más favorables que, con múltiples copias, pueden ser observados en la escala macroscópica.



Siguiendo con la analogía, en la evolución de las especies, el medio en el que viven estas lleva a cabo un papel importantísimo. En el darwinismo cuántico, el ambiente también tiene un papel crucial. El ambiente tradicionalmente ha sido considerado un “estorbo” para estudiar el mundo microscópico, ya que las partículas cuánticas interactúan con él dispersando su información cuántica. Así, acaba destruyéndose el estado original del sistema en estudio.

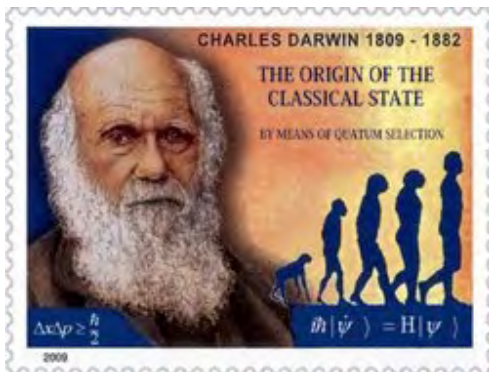


Figura: El darwinismo entendido como una selección de estados cuánticos<sup>1</sup>.

Sin embargo, Zurek no concibe el ambiente como una fuente de “ruido”, sino como un canal de transmisión de la información. Todos los instrumentos de medición que poseemos nos dan la información experimental obtenida a través de dicho canal. Por tanto, si medimos por ejemplo electrones, éstos interactúan con el entorno. Los electrones al ser partículas muy pequeñas, en los puntos cuánticos asumen estados con valores específicos de energía.

Como resultado de la interacción con el ambiente, algunos estados se vuelven muy indefinidos. Sin embargo, los hay que consiguen conservar sus valores de energía. Estos serán los que observaremos.

Zurek llama a estos estados que conservan los valores de energía originales “estados puntero” o “estados indicadores” y son

precisamente los observados clásicamente; los que han “sobrevivido” a este proceso de transmisión, que sería la “selección natural” para ese entorno. Todo en nuestro mundo es cuántico en su esencia, nuestra visión clásica del universo es en última instancia determinada por estos estados punteros.



Wojciech Hubert Zurek

### Darwinismo cuántico experimental

Un grupo de investigadores de la Universidad Estatal de Arizona ha realizado unos experimentos basados en puntos cuánticos para explorar esta idea. El resultado es un artículo publicado recientemente en la revista de investigación *Physical Review Letters*<sup>2</sup> y presentado en *PhysOrg.com*<sup>3</sup>.

Los datos obtenidos parecen apoyar el darwinismo cuántico. Por ejemplo, han descubierto nuevos tipos de estados puntero en puntos cuánticos acoplados sobre una estructura en capas de un semiconductor, llamándolos estados punteros bipartitos. Son muy interesantes, ya que su interacción con el entorno significa que valores tales como la resistencia eléctrica pueden ser medidos.

1. Imagen extraída del portal Neofronteras, sobre ciencia y tecnología. (<http://neofronteras.com/?p=2969>).

2. A. M. Burke, R. Akis, T. E. Day, Gil Speyer, D. K. Ferry y B. R. Bennett. *Physical Review Letters*. 104, 176801(2010).

3. Lisa Zyga. <http://www.physorg.com/news192693808.html>.



## SOBRE LA DUALIDAD ONDA-CORPÚSCULO Y SU DESARROLLO HISTÓRICO

Artículo realizado por Juan Manuel García Arcos

**El desarrollo de experimentos a lo largo del siglo XX llevó a los científicos a plantearse la característica dual de las partículas y las ondas: varios experimentos sobre la naturaleza de la luz mostraron que podía ser descrita como una onda electromagnética o como un flujo de partículas (fotones). ¿Por qué se comportan como partículas las ondas, y viceversa, en determinados experimentos?**

Resultados derivados de la difracción de la luz o el efecto fotoeléctrico contribuían al desconcierto: ¿es dos cosas a la vez?<sup>1</sup> ¿Ondas de qué? Pero, según la mecánica clásica, hay diferencias importantes entre partículas y ondas. Las describen modelos diferentes, la onda no tiene masa ni ocupa un lugar en el espacio, y la partícula sí. Sin embargo, una de las bases para la visión del comportamiento de las partículas según la mecánica cuántica es la dualidad onda-partícula<sup>2</sup> de la materia. Actualmente esta propiedad se conoce como “concepto de la mecánica cuántica según el cual no hay diferencias fundamentales entre partículas y ondas: las partículas pueden comportarse como ondas y viceversa<sup>3</sup>”.

Este concepto fundamental en la mecánica cuántica es aún motivo de discusión. Hay distintas teorías acerca de cómo se produce la dualidad: puede ser una propiedad básica del universo, o bien, y desde la perspectiva de la interpretación de Copenhague, una limitación del propio observador, y un aspecto más del concepto de complementariedad, en el cual un fenómeno puede ser visto de una manera u otra, pero no de las dos formas a la vez<sup>4</sup>.

Hasta la entrada en escena de la física cuántica, las explicaciones que se habían dado a la naturaleza de la luz eran básicamente dos: la teoría corpuscular, que la explica como un flujo de partículas, o la

ondular, que la explica como ondas electromagnéticas. Newton sostenía la teoría corpuscular, con la que consiguió explicar la refracción y la reflexión, frente a otros como Huygens que creían que la luz era una onda. La fama de Newton consiguió desbancar a la teoría ondular por el momento. Experimentos diseñados años más tarde, como el de la doble rendija de Young, y hechos como la difracción dieron el espaldarazo necesario a la teoría ondular para que consiguiera imponerse, la aceptación definitiva vino con el desarrollo de los campos de Maxwell.



**Figura 1: Werner Heisenberg y Niels Bohr.**  
*Credit: AIP Niels Bohr Library*

Al igual que el siglo XIX vio el ascenso de la teoría ondular para explicar la luz, también vio el establecimiento de la teoría atómica para describir la materia. Con el establecimiento de la química como ciencia por Lavoisier, la ley de conservación de masa y la ley de proporciones definidas de Proust se empezó a esclarecer el comportamiento de la materia. El primer

modelo atómico llegó con Dalton en 1803, y varios descubrimientos, así como el desarrollo y éxito de la tabla periódica, lo reforzaron.

Con el cambio de siglo llegan nuevos hechos que obligan a los científicos a replantearse el concepto de luz y de materia. Con el descubrimiento de los rayos catódicos se alteró la concepción de la electricidad como un fluido. La íntima relación entre carga eléctrica y electromagnetismo estaba bien documentada. Si el electrón era una partícula y el magnetismo ondas, ¿cómo era posible?

Otro gran problema que se encontró la física clásica es el fracaso del modelo de radiación del cuerpo negro, que postulaba que a altas frecuencias como el ultravioleta debería aportar cada vez mayores cantidades de energía. Esto es falso, ya que en realidad la energía frente a frecuencia aumenta bruscamente al principio, pero después tiende a cero. La explicación de Planck<sup>5</sup> sobre la cuantización de la energía electromagnética explicaba este vacío de la física clásica.

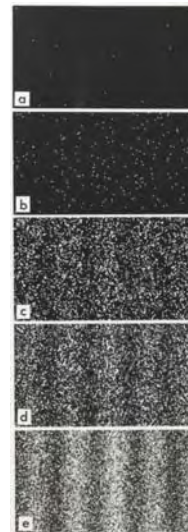
El efecto fotoeléctrico<sup>6</sup> era otro de los problemas que la física clásica no podía explicar. Los trabajos de Einstein sobre el fenómeno en 1905, por los que recibió el premio Nobel, consiguieron explicar este hecho: la luz se comportaba como un fluido de partículas, fotones, que arrancaban electrones del metal a partir de que tuvieran cierta frecuencia, y de ésta dependía la energía cinética que adquiriría el electrón al ser arrancado. Los fotones eran los *cuantos* de Planck, en la luz, y su frecuencia se relacionaba con su energía mediante la famosa ecuación de Planck:  $E = h \cdot \nu$  (donde  $h$  es la constante de Planck y  $\nu$  es la frecuencia).

Si la radiación electromagnética se considera también como partículas, ¿es posible considerar a las partículas también como ondas? Louis De Broglie propuso en su tesis doctoral de 1925: de la misma manera que Einstein propuso tras examinar el efecto fotoeléctrico que la luz está cuantizada en paquetes, fotones, se propuso que la materia tendría también propiedades de una onda. Relacionó la longitud de onda de la onda asociada con la constante de Planck y el momento lineal (ecuación 1), generalizando la ecuación de Einstein:

$$\nu = \frac{c}{\lambda}; E = h \cdot \nu; E = m \cdot c^2 \gg h \cdot \nu = m \cdot c^2 \gg \frac{hc}{\lambda} = mc^2$$

$$\gg \frac{h}{mc} = \lambda \gg \frac{h}{p} = \lambda$$

**Ecuación:** Deducción de la ecuación de De Broglie, donde  $c$ : velocidad de la luz en el vacío;  $h$ : cte. de Planck;  $\lambda$ : longitud de onda;  $\nu$ : frecuencia y  $p$ : momento lineal



**Figura 2: Resultados del experimento de la doble ranura** realizado por el Dr. Tonomura en 1994 mostrando la distribución de los patrones de interferencia de electrones individuales. La cantidad de electrones es: 10(a), 200(b), 6000(c), 40000(d), 140000(e)

La hipótesis de De Broglie fue confirmada tres años después por resultados experimentales<sup>7</sup> que mostraban que los electrones podían comportarse como ondas,

con patrones de difracción parecidos a los experimentos con la luz de Young. Un año después de los resultados, De Broglie recibió el Nobel.

Experimentos posteriores (Figura 2) han probado la dualidad onda-partícula en los electrones aún cuando se lanzan individualmente, demostrando que lo que define la posición es una función de onda probabilística. También se ha demostrado esta propiedad en el buckminsterfulereno<sup>8</sup> (fulereno de C60) y en átomos de hidrógeno<sup>9</sup>. No se puede registrar la dualidad para cuerpos mayores debido a que las longitudes de ondas son muy pequeñas cuanto más masa tiene el cuerpo (la  $\lambda$  del C60 es 400 veces menos que su tamaño).

<sup>1</sup>Walter Greiner (2001). *Quantum Mechanics: An Introduction*. Springer. ISBN 3540674586.

<sup>2</sup>Se puede usar tanto la expresión "dualidad onda-corpúsculo" como "dualidad onda-partícula"

<sup>3</sup>Stephen Hawking (2001). *El universo en una cáscara de nuez*. Ed. Crítica Planeta.

<sup>4</sup>La interpretación de Copenhague es el producto de la colaboración de Bohr y Heisenberg (Figura 1), entre otros,

en 1926. Propone describir las partículas mediante una función de onda, mediante probabilidades. El mero acto de observar colapsa la función de onda, al eliminar la probabilidad en un punto, y cambia la función de onda instantáneamente en todo el espacio en el que se desarrolla. No se puede saber con exactitud el momento lineal y la posición de una partícula (principio de incertidumbre). No compartida por otros físicos de la época, como Einstein, pero aceptada de forma general actualmente.

<sup>5</sup>Planck, Max (1901). "On the Law of Distribution of Energy in the Normal Spectrum". *Annalen der Physik* 4: 553.

<sup>6</sup>Este era un hecho curioso, descubierto por Nikola Tesla en 1901: cuando se exponía a una lámina de metal un haz de luz, a partir de determinada frecuencia se desprendían electrones, y la cantidad de electrones no aumentaba con la frecuencia, sino con la intensidad; la energía de los electrones, en cambio, aumentaba con la frecuencia. Nikola Tesla (1901). *Patent US685957*. Apparatus for the Utilization of Radiant Energy

<sup>7</sup>Los experimentos de los estadounidenses Davisson y Germer en 1927. Recibieron el Nobel por sus resultados en 1937.

<sup>8</sup>Wave-particle duality of C60 molecules (1999). Markus Arndt, Olaf Nairz, Julian Vos-Andreae, Claudia Keller, Gerbrand van der Zouw & Anton Zeilinger. Institut für Experimentalphysik, Universität Wien, Boltzmanngasse 5, A-1090 Wien, Austria

<sup>9</sup>Evidence of wave-particle duality for single fast hydrogen atoms. (2008) Schmidt HT, Fischer D, Berenyi Z, Cocke CL, Gudmundsson M, Haag N, Johansson HA, Källberg A, Levin SB, Reinhard P, Sassenberg U, Schuch R, Simonsson A, Stöckel K, Cederquist H. Department of Physics, Stockholm University. Epub.



Artículo realizado por Jesús Victorino

## PREMIO NOBEL DE QUÍMICA 2010

**Ya se conocen a los que serán galardonados con el Premio Nobel de Química 2010: Richard F. Heck (E.E.U.U.), Ei-ichi Negishi (Japón) y Akira Suzuki (Japón) por sus aportes científicos y experimentales a la química del carbono.**

El Premio Nobel es un galardón internacional que se otorga anualmente a personas que han desempeñado una labor importante en investigación, ya sea mediante descubrimientos, desarrollo de nuevas técnicas, etc. o por haber contribuido notablemente con la sociedad.

Son cinco las disciplinas en las que se otorga este renombrado premio: Nobel de Física, Nobel de Química, Nobel de Fisiología o Medicina, Nobel de Literatura y el Nobel de la Paz. También existe una última categoría, ciencias económicas, que otorga un premio de las mismas

características aunque no fue fundado con los otros anteriores.

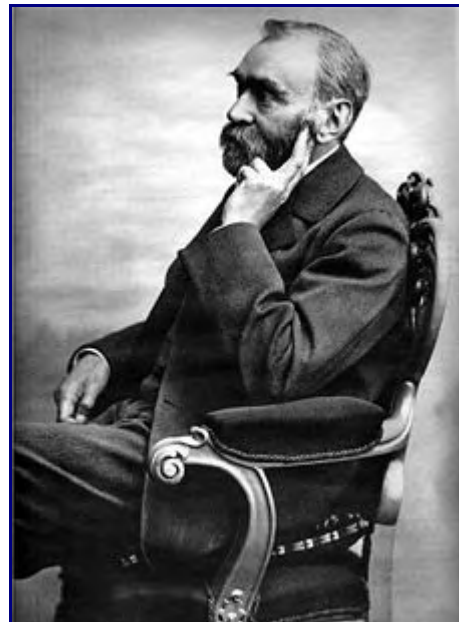
A los ganadores se les hace entrega de una medalla de oro con la imagen de Alfred Nobel, un diploma acreditativo y un premio en metálico que depende de los fondos económicos de la Fundación Nobel y que pretende sufragar los gastos de los premiados en futuras investigaciones, proyectos, etc. El premio es repartido por los ganadores en cada disciplina, que pueden oscilar entre uno y tres, y que no pueden ser nombrados póstumamente.

### Historia del Premio Nobel

Alfred Bernhard Nobel (1833-1896) fue un famoso inventor y químico sueco, mundialmente conocido por la invención de la dinamita, además de por dar nombre a los Premios Nobel. El industrial sueco se sentía culpable por haberse enriquecido a través de su negocio comerciando con dinamita que, a pesar de tener como principales compradores a los mineros, también se beneficiaba de su uso en guerras. Por ello destinó su fortuna, en su testamento, a premiar cada año a las personas que en los distintos campos de la investigación y/o contribución social destacaran sobre los demás en el año inmediatamente anterior.

El testamento firmado en el año 1895 decía<sup>1</sup>: *La totalidad de lo que queda de mi fortuna quedará dispuesta del modo siguiente: el capital, invertido en valores seguros por mis testamentarios, constituirá un fondo cuyos intereses serán distribuidos cada año en forma de premios entre aquéllos que durante el año precedente hayan realizado el mayor beneficio a la humanidad. Dichos intereses se dividirán en cinco partes iguales, que serán repartidas de la siguiente manera: una parte a la persona que haya hecho el descubrimiento o el invento más importante dentro del campo de la física; una parte a*

*la persona que haya realizado el descubrimiento o mejora más importante dentro de la química; una parte a la persona que haya hecho el descubrimiento más importante dentro del campo de la fisiología y la medicina; una parte a la persona que haya producido la obra más sobresaliente de tendencia idealista dentro del campo de la literatura, y una parte a la persona que haya trabajado más o mejor en favor de la fraternidad entre las naciones, la abolición o reducción de los ejércitos existentes y la celebración y promoción de procesos de paz.*



*El inventor y químico Alfred Nobel<sup>2</sup>.*

*Los premios para la física y la química serán otorgados por la Academia Sueca de las Ciencias, el de fisiología y medicina será concedido por el Instituto Karolinska de Estocolmo; el de literatura, por la Academia de Estocolmo, y el de los defensores de la paz, por un comité formado por cinco personas elegidas por el Storting (Parlamento) noruego. Es mi expreso deseo que, al otorgar estos premios, no se tenga en consideración la nacionalidad de los candidatos, sino que*

*sean los más merecedores los que reciban el premio, sean escandinavos o no.*

En honor al inventor sueco, la ceremonia de entrega de premios se celebra el 10 de Diciembre, fecha de su muerte.

### **Galardonados en 2010**

El Premio Nobel de Química ha sido entregado desde 1901 por la Real Academia de Ciencias de Suecia. Contando a los tres científicos que recibirán el premio en diciembre de 2010, son 163 los que han recibido este galardón.

Los laureados de este año son el estadounidense Richard F. Heck y los japoneses Ei-ichi Negishi y Akira Suzuki. Estos tres científicos han recibido el Premio Nobel de Química 2010 gracias a su trabajo, por separado, en reacciones con moléculas de carbono, siendo capaces de producir moléculas orgánicas complejas que sean capaces de competir con sus similares producidas por la naturaleza y poder sustituirlas. Estas reacciones se



## **EL FENÓMENO FÍSICO-ARMÓNICO**

Artículo realizado por Carlos Díaz-Salazar Albelda

**El fenómeno Físico-Armónico es el conjunto de sonidos que surgen a partir de una nota fundamental dada. Dichos sonidos se llaman armónicos y cumplen una relación de números enteros con dicho sonido fundamental.**

Gracias al fenómeno Físico-Armónico podemos construir todo el sistema musical. Esto no ocurre sólo en el actual, sino que fue la premisa que ya utilizó Pitágoras<sup>1</sup> para definir matemáticamente los intervalos.

Dado que el sonido se transmite en forma de ondas sonoras, los que nos ocupa es relacionar dichas ondas con la radiación

llevaron a cabo utilizando catalizadores de paladio que mediante emparejamientos cruzados permitan crear enlaces de carbono-carbono (“acoplamiento cruzado de paladio catalizado”).

El jurado destacó la importancia de estas reacciones en química, ya que permitirían la formación de compuestos cada vez más complejos, además de su posible contribución en el desarrollo de medicamentos. Se trata, como no, de intentar mejorar la calidad de vida de mano de los avances científicos y por supuesto estas nuevas técnicas contribuyen a ello. Estos avances ya se han utilizado en varios laboratorios para la producción de medicamentos utilizados en el tratamiento contra el cáncer y tiene un campo de aplicación tan amplio que pueden ser empleados en el desarrollo de materiales plásticos, e incluso, en el ámbito de la electrónica y la agricultura.

<sup>1</sup> Testamento sacado de Alfred Nobel

<sup>2</sup> Foto de Alfred Nobel

([http://es.wikipedia.org/wiki/Premio\\_Nobel](http://es.wikipedia.org/wiki/Premio_Nobel)).

electromagnética y los fenómenos que les acontecen. Para este fin, estableceremos un símil entre la Mecánica Ondulatoria y el fenómeno Físico-Armónico.

Para establecer este símil, trabajaremos con frecuencias, ya que la frecuencia asociada a una nota es independiente del medio en el que se transmita (constante).

Partiendo de una caja, la longitud de ésta debe ser un número entero de la mitad de la longitud de onda, Donde  $n$  es un entero positivo distinto de cero. Utilizando una cuerda como la caja, obtendremos:

Para  $n=1$ , la frecuencia de la nota fundamental del fenómeno Físico-Armónico.

Para  $n=2$ , el primer armónico, es decir, la octava de la nota fundamental. En este caso,  $v_2=2 \cdot v_1$ , donde la longitud de la cuerda es la mitad de la cuerda de la fundamental.

Para  $n=3$ , el segundo armónico de la serie, es decir, la quinta del segundo armónico. En este caso,  $v_3=3/2 \cdot v_2$ ; la longitud de la cuerda será un tercio de la primera.

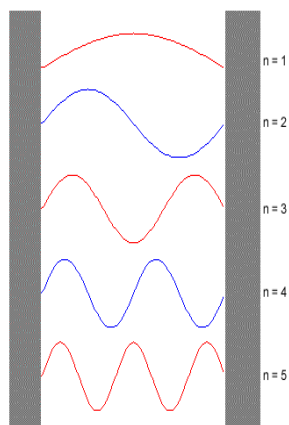


Figura 1. Ondas permitidas en la "caja"

De esta forma y sucesivamente, obtendremos todos los armónicos de dicha serie a partir de la fundamental, los cuales, ordenados, componen todo el registro de sonidos posibles. El orden de aparición de los intervalos por armónicos es el siguiente: 1) Nota fundamental. 2) Octava. 3) Quinta. 4=2.2) segunda Octava. 5) Tercera Mayor. 6=2.3) segunda Quinta. 7) Séptima menor. 8=3.2) tercera octava. 9) Segunda Mayor ...

Cuanto más se aleje de la nota fundamental (un "n" mayor), los armónicos tenderán a estar cada vez más juntos, dado que las divisiones de la cuerda serán de 1 entre el número cuántico; así que finalmente llegaremos a obtener divisiones infracromáticas, menores que un semitono, que es la menor división del sistema temperado actual. Además, menor relación habrá con la nota fundamental dado que sus frecuencias, son más diferentes.

También intentaremos identificar el fenómeno de "espectros de absorción y emisión", con estas ondas sonoras. Podríamos interpretar esta única permisión de ondas con una frecuencia determinada, como una cuantización de dicha frecuencia en vez de la Energía como explicaban Einstein y Planck.

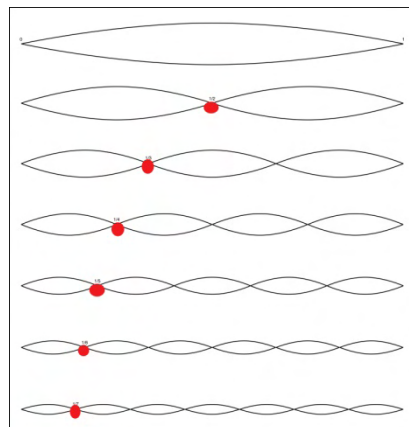


Figura2: divisiones de la onda estacionaria para los primeros 7 armónico. Se observa que sigue una ecuación parabólica.

Así, para un cuerpo vibrante inicialmente en reposo (por ejemplo, una copa de cristal fino), el cual, en un medio determinado vibre con una frecuencia asociada específica (misma condición anterior, en la que la frecuencia debe ser independiente de la longitud de onda y el medio), podríamos perturbar el equilibrio de un modo tal que dicho cuerpo emita ondas a frecuencias

distintas, las cuales serán toda la serie armónica a partir de una nota fundamental dada por el cuerpo ( la que se percibe con más intensidad)

Esta emisión de ondas podría interpretarse como un espectro de emisión de ondas sonoras de dicho objeto, dado que el cuerpo vibrante sólo emite ondas de una frecuencia permitida por el objeto.

Así mismo, en el caso contrario podríamos aplicar una serie de ondas al objeto, y sin embargo, éste sólo vibrará si dicha onda está dentro de las permitidas (por ejemplo, al cantar a una copa). Evidentemente, cuanto más nos acerquemos al sonido fundamental, o a un múltiplo sencillo de él, la vibración será mayor.

Por lo tanto, para todas las frecuencias de la ondas sonora, aplicadas al cuerpo, obtendremos sólo unas cuantas en las cuales el objeto vibrará. Éstas coinciden con la serie armónica.



## QUE LO DETENGAN...

Artículo realizado por Rafael Hoyos Manchado

**El Dr. Mark Raizen y su equipo, de la Universidad de Austin en Texas, estudian cómo detener átomos en estado gaseoso para estudiarlos y controlarlos. Un problema físico-químico fundamental de los últimos 30 años.**

¿Podríamos detener a los átomos? Esta es la pregunta que se hizo, hace ya cinco años, el Dr. Mark Raizen, profesor de Física de la Universidad de Austin en Texas. Pero no era un tema en absoluto desconocido, ya que la detención de átomos en estado gaseoso para estudiarlos y controlarlos, ha sido un problema fundamental en la física de los últimos 30 años. Ya se sabía que mediante láseres, los átomos de ciertos elementos (como el sodio, el litio y el

Podríamos argumentar este comportamiento como un espectro de absorción del objeto.

Esta es la explicación al fenómeno conocido como “empatía”. Dos cuerpos, independientes entre sí, son capaces de vibrar al mismo tiempo percutiendo únicamente uno. Esto ocurre cuando el cuerpo que vibra emite una onda cuya frecuencia es permitida por el otro cuerpo, por lo tanto, al incidir dicha onda en el cuerpo en reposo, éste vibra como resultado de aplicarle la onda del primer cuerpo.

Este fenómeno es de vital importancia en la música, dado que constituye el sistema de afinación más exacto, y es el principio en el que se basan muchas técnicas de interpretación contemporáneas.

<sup>1</sup>Desde la Antigua Grecia, y hasta el Barroco siguió utilizándose este sistema de “justa afinación” para la música, por lo cual la ejecución musical quedaba muy limitada. Sin embargo, el actual sistema “atemperado”, divide una octava en 12 partes iguales, por lo que, aun habiendo ligeras desviaciones de la justa afinación, se consigue una unificación de todos los instrumentos y tonalidades.

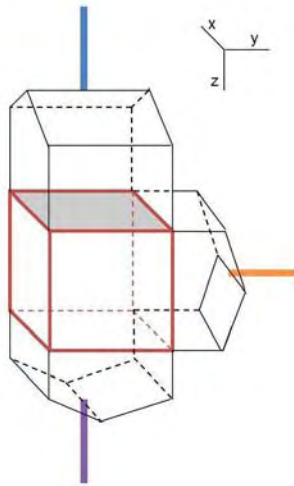
rubidio), podían ser congelados. Sin embargo, Raizen pensó que debía haber otros métodos que permitieran aplicar este procedimiento a muchos más elementos e incluso a moléculas.

Con este planteamiento, Raizen y su equipo se embarcaron en una investigación que aún les ocupa. Pero, detener un átomo no es algo sencillo teniendo en cuenta que, en estado gaseoso, estas partículas pueden



llegar a alcanzar velocidades de miles de kilómetros por hora y un enorme grado de desorden.

El primer método que utilizaron fue el llamado paredes de luz de un solo camino<sup>1</sup> y consistía en encerrar a los átomos en una caja en la que podían entrar pero no salir, hecha por un láser que se separaba en tres porciones. Estas a su vez se desdoblaban en dos láminas alineándose cada par, formando un cubo. Después lograron generar rayos supersónicos, partiendo de átomos o moléculas, y creando un rayo en el vacío, que poseía propiedades especiales. Así lograron decelerar partículas de helio ocho veces por debajo de su velocidad estándar. Pero aún, no habían conseguido su objetivo.



Figura

Fue entonces cuando el Dr. Raizen decidió hacer una visita al Centro de Electromecánica (CEM), y conoció a su director, Robert Hebner, que le puso al corriente de los últimos avances que allí llevaban a cabo. Uno de los proyectos que le mostró formaba parte de una investigación para el Departamento de Defensa de los Estados Unidos<sup>2</sup>, y se basaba en un dispositivo electromagnético llamado coilgun<sup>3</sup>, formado por 64 bobinas de cable de cobre. Su cometido era lanzar

proyectiles a miles de kilómetros por segundo, usando campos magnéticos pulsantes. Pero Raizen miraba la coligun con otros ojos. ¿Y si él lo utilizara a la inversa? ¿Era aquello posible?

En aquel momento (2006) él no lo sabía,

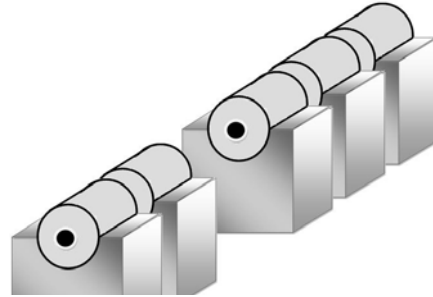


Figura 2. Coilgun atómica. (En el espacio vacío intermedio irían las demás bobinas).

pero ante la sorpresa de sus alumnos decidió crear su propia coilgun. Tras completar su construcción, lograron detener un rayo de neón metaestable. De este modo podían frenar cualquier átomo con un momento magnético permanente (que son muchos), y todos aquellos átomos que eran paramagnéticos. De nuevo la colaboración multidisciplinar y la intuición por las que aboga el Dr. Raizen le fueron útiles.

En 2008, lograron aunar todos los métodos descubiertos, añadiéndole uno más. El llamado: single-photon atomic cooling<sup>4</sup>, (que también puede aplicarse a algunas moléculas, con el nombre de single-photon molecular cooling<sup>5</sup>). Este proceso consta de dos partes. La primera consiste en la detención de un rayo atómico, mediante una coilgun. La segunda se basa en introducir estos átomos en una caja de paredes de un solo camino. Cuando pasan por esta barrera, disipan solamente un fotón, produciéndose un cambio irreversible en el potencial efectivo de las partículas, quedando atrapadas dentro de la caja. Este método es válido para partículas que puedan atraparse magnéticamente.

Con todo, podemos decir que los avances realizados por el equipo de Raizen han sido numerosos e importantes, y su aplicación extensa e indudable. Ellos mismos están orientando sus investigaciones hacia la detención del hidrógeno atómico, y sus dos isótopos: el deuterio y el tritio<sup>4</sup>. El hidrógeno, ha sido la “Piedra Rosetta” de los físicos durante muchos años, ya que su estudio sirve como ejemplo y como clave para un entendimiento general. Sin embargo, a pesar de ser el más simple y abundante de los elementos del universo, siempre ha creado grandes dificultades para ser atrapado y controlado. En cuanto a sus isótopos, el estudio de su espectroscopía más precisa es de gran interés físico-químico. Además el tritio, al ser el elemento radiactivo más simple, sirve para estudiar la desintegración beta e incluso

determinar la masa del neutrino<sup>6</sup>, algo en lo que Raizen trabaja actualmente.

Pero este equipo nos enseña algo más con todo esto. Nos demuestra que dada la ingente cantidad de información disponible, sólo trabajando en grupo y abarcando áreas relacionadas, podemos conseguir nuestro objetivo: el avance científico.

<sup>1</sup>M. G. Raizen, A. M. Dudarev, Q. Niu, and N. J. Fisch. *Physical Review Letter*. 94, 053003 (2005).

<sup>2</sup>Tim Green. *Further Findings* (Blog de la Universidad de Texas en Austin.). *Atom Stopper*.

<sup>3</sup>E. Narevicius, A. Libson, C. G. Parthey, I. Chavez, J. Narevicius, U. Even, and M. G. Raizen. *Physical Review Letter*. 100, 093003 (2008).

<sup>4</sup>E. Narevicius, A. Libson, C. G. Parthey, I. Chavez, J. Narevicius, U. Even, and M. G. Raizen. *Physical Review Letter*. 100, 093004 (2008).

<sup>5</sup>Edvardas Narevicius, S Travis Bannerman and Mark G Raizen. *New Journal of Physics* 11 (2009) 055046.

<sup>6</sup>M Jerkins, J R Klein, J H Majors, F Robicheaux and M G Raizen. *New J. Phys.* 12 043022 (2010).



## EXPERIMENTO DE LA DOBLE RENDIJA DE YOUNG

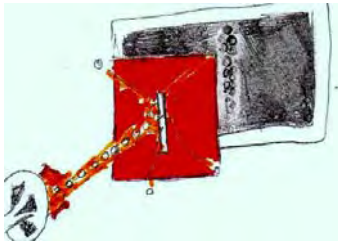
Artículo realizado por Javier Macho Rendón

**De cualquier manera que se mire, la Física no es sencilla. Y si nos movemos de la Física Clásica a la Cuántica, casi todo el mundo parece perdido. Sin embargo, incluso conceptos que a priori parecen complejos o paradójicos pueden ser fácilmente entendibles si utilizamos el rigor científico, criterios pedagógicos y cierta dosis de humor. Este es el caso de la dualidad onda-partícula.**

El experimento de la doble rendija de Young, fue realizado en un intento de dilucidar si la luz posee una naturaleza corpuscular u ondulatoria. La experiencia ha sido considerada fundamental a la hora de demostrar la dualidad onda-corpúsculo, una de las hipótesis de la Mecánica Cuántica. El experimento también lo podemos realizar con electrones, átomos o neutrones, produciendo patrones de interferencia similares a los obtenidos cuando se realiza con luz y mostrando, así, el comportamiento dual onda-corpúsculo que posee la materia. No obstante, como

más adelante veremos, existen una serie de limitaciones.

Para entender este experimento primero necesitamos saber cómo se comportan las partículas de materia. Consideremos primero la situación ficticia del disparo, contra una pantalla con una rendija vertical, de un objeto pequeño, pongamos como ejemplo canicas, y donde se puede observar cómo en la pared colocada detrás se distingue una única franja de impacto de las canicas que sobrepasan la rendija.



Figural: Esta representación simula la situación ficticia del disparo de pequeñas partículas por una sola rendija. Se observa una banda de impacto.

Si repetimos el mismo proceso, esta vez con dos rendijas paralelas y situadas a escasa distancia, discernimos una doble banda de impacto.

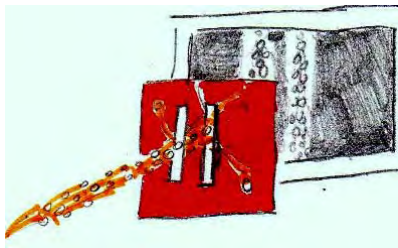
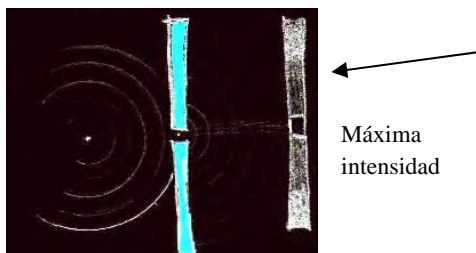


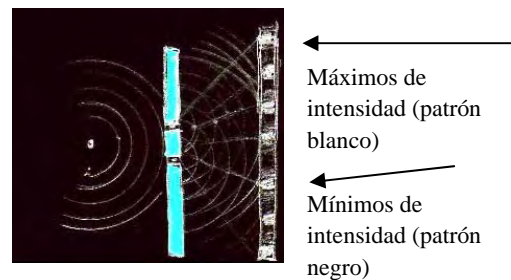
Figura 2: Simulación del disparo de canicas (partículas), a través de una doble rendija. Se observa una doble banda de impacto.

Ahora vamos a fijarnos en las ondas. Teniendo la misma pantalla de antes, con una rendija, y una pared detrás, imaginemos que hacemos pasar una corriente de agua, que se desplazará de forma ondulatoria. Las ondas alcanzan la rendija, se difractan y continúan propagándose hasta la pared posterior, donde se detecta un máximo de intensidad en línea con la rendija. La línea de brillo en la pared muestra esa intensidad, y es parecida a la línea que las canicas describen.



Máxima intensidad

Pero, cuando añadimos la segunda rendija, algo diferente ocurre. Si un máximo de onda encuentra el mínimo de otra, se cancelan. De esta manera, se crea un patrón de interferencia en la pared. Donde dos máximos de onda se encuentran se proyecta un máximo de intensidad, líneas brillantes; donde se cancelan, un mínimo, oscuridad, nada.



Máximos de intensidad (patrón blanco)

Mínimos de intensidad (patrón negro)

Así, cuando lanzamos objetos, es decir, materia, a través de dos rendijas, obtenemos dos bandas de impactos. Y con ondas, obtenemos un patrón de interferencia de muchas bandas.

Adentrémonos ahora en lo cuántico. El experimento original se realizó bombardeando las placas con fotones, pero es ciertamente asombroso observarlo cuando usamos, por ejemplo, electrones para comprobar el comportamiento subatómico. Un electrón es una pequeña porción de materia, como una “canica” diminuta. Imaginemos que disparamos un flujo de electrones a través de una rendija, se comporta exactamente igual que las partículas de materia, sólo aparece una única banda. Así que si disparamos estas partículas a través de dos rendijas, deberíamos obtener, como en las canicas, dos bandas... No obstante, no sucede así, sino que experimentalmente podemos observar cómo se produce un patrón de interferencias. Así que disparamos electrones, diminutas unidades de materia... ¡Pero obtenemos un patrón como el de las ondas! No como el de las pequeñas

“canicas” ¿Cómo? ¿Cómo pueden las partículas crear un patrón de interferencia como una onda? No tiene sentido, pero en realidad es uno de los descubrimientos más valiosos de la Física Moderna. Una explicación inicial fue: “Puede que esas pequeñas bolas estén rebotando entre ellas y creando ese patrón” Entonces decidieron disparar electrones uno a uno. “Es imposible que interfieran unos con otros”, se pensó. Pero después de un tiempo, el mismo patrón de interferencia parece volver a emerger. La conclusión fue irrefutable. El electrón aislado parte como una partícula, se convierte en una onda de probabilidad, atraviesa ambas rendijas e interfiere consigo misma para llegar a la pared como una única partícula. Pero matemáticamente ¡es aún más extraño! Va a través de las dos rendijas y a través de ninguna... y va a través de una sola y a través de la otra solamente. Todas estas posibilidades están en superposición entre ellas.

Completamente desconcertados por esto, se decidió observar y ver qué rendija atraviesa realmente. Pusieron un dispositivo medidor al lado de una rendija para ver cuál de las dos atravesaba y “let it fly”. Pero el mundo

cuántico es mucho más misterioso de lo que pudieron imaginar. Cuando lo observaron, el electrón volvió a comportarse como una pequeña canica, y produjo el patrón de las dos bandas, no el patrón de interferencia con muchas bandas. El propio acto de medición o de observación de la rendija que el electrón atraviesa supone que sólo atraviese una, no ambas. El electrón decide actuar de forma diferente, como si supiera que está siendo observado... Y fue en ese momento cuando los físicos se adentraron de forma inexorable en el extraño mundo de los eventos cuánticos. ¿Qué es la materia? ¿Partículas u ondas? ¿Y ondas de qué? ¿Y qué tiene que ver un observador con todo esto? El observador colapsa la función de onda simplemente observando. Esto es, probablemente, una de las más relevantes consecuencias de la Física Cuántica. El observador como tal, no es algo objetivo independiente a lo observado; forma parte, más bien, del sistema, y ha de ser estudiado a su vez. Otro factor más a tener en cuenta, a fin de cuentas.

Fascinante y sugerente, no por ello menos real.



## LA FÍSICA CUÁNTICA Y LA CIENCIA FICCIÓN

Artículo realizado por Ángela Bella Carreño

Incluso acompañada de la ciencia ficción la palabra física cuántica sigue asustando, y lo hace porque a nuestro entender es algo alejado de la realidad que conocemos, de aquella que podemos ver a simple vista, la macroscópica. Sin embargo, lejos de ser cierto se podría decir que la mecánica cuántica es más real incluso que la mecánica clásica, ya que atiende al mundo

de los átomos y las partículas subatómicas, y al fin y al cabo, son éstas las que constituyen cada cosa real del mundo en el que vivimos. No obstante, la física cuántica no ha revuelto sólo nuestras ideas Newtonianas para explicar la realidad, sino que ha atravesado las fronteras de la literatura fantástica y se ha hecho notar en un nuevo subgénero, la ciencia ficción.

Recordemos así a George Gamow, físico y además un clásico de este subgénero, que pone a nuestro alcance el complejo mundo de la mecánica cuántica a través de los sueños de su personaje más conocido, el intrépido señor Tompkins en su país de las maravillas<sup>1</sup>. Por ello, si hacemos un recorrido cronológico a través de muchas de las obras pertenecientes a este género podemos ver cómo han evolucionado las teorías cuánticas, es decir, como hemos llegado de los “paquetes” energéticos de Planck a la antimateria predicha por Dirac.

Quedan lejos novelas como *La chica en el átomo de oro* escrita por Cummings en 1919 o *Submicroscópico* de S.P. Meek, publicadas en una fecha en la que la mecánica cuántica apenas tenía unos años de vida, y centrándose ambas en el descubrimiento de un mundo subatómico al que descienden sus descubridores.

Conforme la mecánica cuántica va alcanzando su madurez son numerosos los temas físico-cuánticos tratados en las novelas. En *Universo monolítico* de Robert J. Sawyer, mientras se está llevando a cabo un experimento de aceleración de partículas, concretamente hadrones, con el fin de descubrir el bosón de Higgs, algo extraño sucede y la conciencia humana se proyecta veinte años hacia el futuro durante unos minutos. En este tiempo, todos los aparatos electrónicos dejan de funcionar y la explicación que da la obra es que en ese período no hay forma de colapsar la función de onda de la realidad, atribuyéndole esa capacidad a la conciencia humana, es decir, ante todos los posibles estados con distinta probabilidad que nos proporciona una función de onda es la conciencia quien determina que se observe uno en concreto (interpretación de Copenhague). Un paso más allá se da en *Cuarentena*, de Greg Egan, los observadores no sólo pueden colapsar la función de onda, sino que lo

pueden hacer de forma selectiva, eligiendo la superposición de los estados que les resulten más favorables a sus intereses. Al comienzo de la obra una especie de “burbuja” de procedencia desconocida rodea el sistema solar, aislando a todos sus habitantes. Muchos años después Nick Stavrianos, el protagonista, investiga la extraña desaparición de una niña, Laura, que se encontraba recluida en un centro de salud mental, tras eliminar todas las posibilidades sólo puede pensar que Laura se esfumó a través de las paredes y que quizás sus “poderes” se deben a que su nacimiento coincide con la aparición de la “burbuja”. Por otro lado, sus investigaciones le llevan a descubrir los planes de una malvada secta llamada “El Conjunto” cuyas maquinaciones pueden alterar la mismísima realidad.

¿Cómo es posible que Laura desapareciera atravesando las paredes? La explicación no es que fuese un fantasma como puede hacernos pensar este hecho sino el efecto túnel<sup>2</sup>. Este efecto es el fenómeno mediante el cual una partícula penetra en una barrera potencial, entendida en la física cuántica como un estado energético análogo a una “colina”. Si la función de onda de la partícula describe la posición de ésta perteneciente al flanco adyacente al que supuso su punto de partida, existe cierta probabilidad de que se haya desplazado “a través” de la estructura.

Pasamos ahora a uno de los temas estrellas que han servido de inspiración a muchas obras, los agujeros de gusano, cuyo nombre no es una simple coincidencia sino que análogamente a como un gusano atraviesa una manzana, estos agujeros hipotéticamente atraviesan el universo en que vivimos, teniendo siempre un orificio de entrada y otro de salida por el que la materia podría desplazarse de un lado a otro al igual que lo hace el gusano. Una clara

representación de un agujero de gusano aparece en la película *Stargate* de Dean Devlin, en ella, mientras se está realizando una excavación en Egipto, los protagonistas descubren una enorme rueda de metal y se dan cuenta de que al girarla de una determinada forma, se abre un portal (agujero de gusano) para viajar a otro planeta que se encuentra en el extremo opuesto de la galaxia. Mucho más explícito aparece en la novela *Contact* de Sagan, en la que los habitantes de la estrella Vega envían a la Tierra un mensaje (en forma de números primos) que contiene la información para construir una nave de un sólo pasajero para viajar a través de un agujero de gusano, la protagonista, Ellie viaja con una segunda máquina secreta a Vega llevando consigo una videocámara que pruebe su experiencia, pero al regresar a la Tierra se da cuenta de que lo que tiene grabado son dieciocho horas de interferencias, cosa que resulta muy extraña ya que en el tiempo que estuvo fuera en la Tierra sólo pasaron unos segundos, esto nos lleva a pensar que, además, en estos agujeros se supera la velocidad de la luz modificándose, así, la variable tiempo. Como se plantea también en *Star Trek: "Espacio profundo 9"*, cuyo argumento radica en el descubrimiento de un agujero de gusano en el que sus habitantes están fuera de la dimensión espacio-tiempo conocida. En todos los casos se produce una conexión entre dos puntos muy alejados del espacio, llevándonos a otro de los temas predilectos de la ciencia ficción la interpretación de múltiples universos paralelos. En *La llegada de los gatos cuánticos* de Frederick Pohl, un grupo de científicos consiguen crear túneles que llevan a los personajes a realidades alternativas, dándose el caos cuando los habitantes de este universos se encuentra con las personas que podrían haber sido en otra realidad paralela.

Aparte de todo ello los artefactos utilizados en muchas obras de ciencia ficción son dignos de analizar ya que están estrechamente relacionados con el mundo cuántico, por ejemplo el motor de curvatura de la mítica serie *Star Trek* también conocido como motor warp, nos lleva a hablar del empuje que recibe el mismo nombre: el empuje warp<sup>3</sup>, es una forma teórica de propulsión a velocidades superiores a la de la luz provocando la distorsión del espacio-tiempo que "acercará" a la nave a su punto de destino rodeándola con una burbuja denominada warp. En la serie se reconoce que el motor de curvatura fue inventado en la Tierra por Zefram Cochrane utilizando un antiguo misil nuclear modificado para viajar en el espacio creando esa burbuja y obteniendo la energía de la reacción materia-antimateria. Además es curioso cómo los tripulantes descienden a los distintos planetas a través de la teletransportación, aunque la serie no especifica si es transporte de información, materia o de ambos. En el primer caso, se enviaría la localización de cada partícula que compone al viajero para "ensamblar" una estructura idéntica en el punto de llegada, lo que chocaría con la imposibilidad de determinar la posición exacta de una partícula sin perturbar el sistema como enuncia el principio de incertidumbre de Heisenberg. Pero el segundo caso, no resuelve el problema, sino que plantea uno mayor, ya que si es la materia lo que se transporta se podrían hacer copias de los viajeros, y ¿qué ocurriría con sus almas?

Por último, mencionaremos la película *Alicia en el país de los cuántos* de Robert Gilmore, el propio autor subtitula la obra como una alegoría a la física cuántica. Nos introduce de lleno en el mundo al que la protagonista, Alicia, llega tras atravesar el espejo, un mundo habitado por protones, neutrones, electrones y demás partículas

cuánticas. Nos intenta explicar el comportamiento de la antimateria como habitantes desobedientes que van en contra del resto, viajando hacia atrás en el tiempo y con el poder de atravesar la materia.



Figura1: gato Cheshire sacado de <http://elextranomundodevictoria.blogspot.com>

Para ayudarnos a imaginar las dimensiones subatómicas y ratificar la extensión del



## EL ESPÍN, UN “GIRO” A LA TEORÍA CUÁNTICA

Artículo realizado por Rubén de Dios Barranco

**El espín, en la mayoría de los casos, es el número cuántico del que nadie se acuerda. Sin embargo, es una propiedad atómica de gran importancia en el mundo real que puede llegar a tener diversas aplicaciones en las nuevas tecnologías.**

El espín es una propiedad física característica de las partículas subatómicas que indica el momento angular característico de cada una de ellas, el cual es un valor fijo. Esta propiedad es intrínseca de cada partícula, al igual que su masa, por ejemplo. El espín fue descrito por el científico germano-americano Ralph Kronig<sup>1</sup> en el primer cuarto del siglo XX. Llegados estos años, los químicos de la época se dieron cuenta de que, para describir completamente los electrones de un átomo, debían definir un nuevo número cuántico que indicase su campo magnético, generado por el giro de los electrones sobre sí mismos (como el movimiento de rotación terrestre en la mecánica clásica), y a este campo magnético lo denominaron espín. Aunque en realidad, el giro de los

mundo que describe, los quarks, la medida fundamental en física de partículas aparece representada en la historia por la figura de los hermanos Quarks. Al igual que en nuestro mundo, los habitantes que Alicia conoce también piden préstamos, pero no de dinero sino de energía, que hacen que aparezca nuevas partículas y desaparezcan otras. Y como no, el gato Cheshire que podía desaparecer por partes dejando ver sólo su amplia sonrisa, nos recuerda la paradoja del gato de Schrödinger.

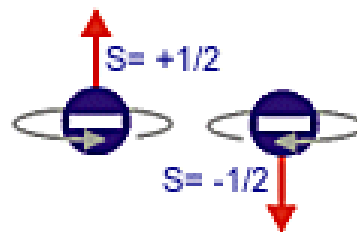
1: *El país de las maravillas*, George Gamow (1940)

2: efecto túnel, definición tomada de Wikipedia

3: empuje warp, la información expuesta sobre el empuje warp y el motor de curvatura de Star Trek está tomada de Wikipedia

.

electrones sobre sí mismos era una suposición hecha con el fin de explicar algunas propiedades del espectro del hidrógeno, que más tarde verificaron O. Stern y W. Gerlach<sup>2</sup>.



En la imagen se pueden ver dos electrones con espines antiparalelos. Este concepto debe ser tenido en cuenta cuando hablamos del principio de exclusión de Pauli (dos electrones por orbital con espines antiparalelos) y al hablar del magnetismo de una sustancia (dos electrones con espines paralelos dan un mayor magnetismo). Fuente imagen:

[www.liceopas.com](http://www.liceopas.com).

Al ver que con el espín se conseguía describir con mayor precisión las propiedades de los electrones, pronto se aplicó este nuevo concepto al resto de partículas subatómicas (protones, neutrones, etc.).

Pero, ¿cómo podría un simple número mejorar el conocimiento sobre una partícula? Pues bien, este número nos proporciona información sobre el momento angular de una partícula, su sentido de giro y su campo magnético. Pero no debe asociarse este momento angular al de, por ejemplo, un planeta en rotación, porque el concepto de espín es exclusivamente cuántico.



Ralph Kronig, introductor del espín en la mecánica cuántica. Fuente imagen: <http://astronomos.net>

Para diferenciarlo del momento angular clásico, hablaremos de una serie de propiedades del espín. La primera de estas propiedades es que está cuantizado, es decir, no puede tomar cualquier valor. El espín siempre será un múltiplo entero de la expresión  $\hbar/2$ , donde  $\hbar$  es la constante de Dirac ( $h/2\pi$ ). Otra de sus propiedades es que al realizar una medición del espín en diferentes direcciones, sólo existen dos valores iguales, aunque con signo contrario, los cuales son sus proyecciones en una misma dirección. Por último, la magnitud del espín, independientemente de la dirección, es única para cada partícula. Por ejemplo, para los electrones, sólo existe  $s = 1/2$  y, siguiendo la propiedad anterior, el

mismo valor pero con signo contrario,  $s = -1/2$ . Esto contrasta con la mecánica clásica, donde el momento angular varía dependiendo de la velocidad de giro de un cuerpo sobre sí mismo.

Para seguir ahondando en el conocimiento que tenemos sobre el espín, hablaremos sobre el teorema de la estadística del espín, el cual nos define dos tipos de partículas: los fermiones y los bosones. Los fermiones se caracterizan por tener un espín semientero y porque, al estudiar un grupo de fermiones, vemos que sus funciones de ondas son antisimétricas, por lo que este tipo de partículas sigue el principio de exclusión de Pauli y la estadística de Fermi-Dirac, que es la forma de contar estadísticamente los estados de ocupación en un sistema de fermiones. Todo lo contrario ocurre con los bosones, que tienen un espín entero y que, al estudiarlos en grupo, podemos ver que sus funciones de ondas son simétricas. Esto hace que sigan la estadística de Bose-Einstein, pero no cumplan el principio de exclusión de Pauli, lo que produce un efecto conocido como condensación de Bose-Einstein, el cual es la base para la fabricación de láseres. Algunos ejemplos conocidos de fermiones son los electrones, los protones o los neutrones, y de bosones son muy conocidos los fotones o las partículas alfa. Pero es solamente cuando estudiamos los fermiones o los bosones en grupo cuando es aplicable este teorema. Además, sabiendo esto, podemos saber más sobre algunos fenómenos, como la superfluidez de las partículas bosónicas al encontrarse a bajas temperaturas (su estado fundamental de energía) o el hecho de que los sistemas fermiónicos, aun al llegar al cero absoluto de temperatura, conservan cierta cantidad de energía, por lo cual el sistema ejerce una presión externa, presente también a temperaturas diferentes de cero. Este fenómeno es responsable de



que algunas estrellas masivas no colapsen a causa de su propia gravedad.

En nuestra vida diaria, aunque no lo creamos así, el espín puede llegar a tener diversos efectos, como la magnetorresistencia gigante utilizada en los discos duros o el funcionamiento de los láseres, del que ya hemos hablado. Las últimas investigaciones tecnológicas están intentando aprovechar las propiedades del espín en la electrónica, un campo que está empezando a conocerse como espintrónica. En unas declaraciones recogidas por el diario [www.laflecha.net](http://www.laflecha.net), el Premio Nobel de Física Albert Fert predice que, en a penas una década, la espintrónica podría sustituir a la electrónica convencional, lo que permitiría un enorme desarrollo en el campo de las telecomunicaciones<sup>3</sup>. También se está investigando cómo utilizar el espín en futuras computadoras cuánticas, en las que el espín de un sistema aislado pueda servir como bit cuántico (qubit),

reemplazando los bits de ordenador que todos conocemos y convirtiendo las computadoras cuánticas en herramientas mucho más potentes. Si estas investigaciones llegasen a buen puerto, no sólo se renovarían los fundamentos de la informática, sino que se conseguirían procesadores más eficientes y eficaces que los procesadores actuales basados en el silicio.

<sup>1</sup> “Un joven PhD de la Universidad de Columbia, Ralph Kronig, que había pasado dos años estudiando en Europa, había asumido muchos meses antes que Goudsmit y Uhlenbeck la idea del espín del electrón. Esto se lo había expuesto a Pauli, con el objeto de conocer su pensamiento sobre el tema, la respuesta que recibió fue tajante: ridículo”. <http://www.astrocosmo.cl> 02/06/2002.

<sup>2</sup> “Pero, ¿es evidente la existencia del espín del electrón? Aunque se diseñó con otro propósito, parece que un experimento realizado por Otto Stern y Walter Gerlach en 1920 proporciona esta prueba. Se vaporizó plata en un horno y se hizo pasar un haz de átomos de plata a través de un campo magnético no uniforme. El haz se desdobla en dos.” *Química General*. Petrucci, Harwood, Herring. 8ª edición.

<sup>3</sup> Noticia: “La espintrónica sustituirá a la electrónica en una década, según el Nobel de Física Albert Fert”. [www.laflecha.net](http://www.laflecha.net) 18/09/2009.



## EN LOS LÍMITES DEL SISTEMA PERIÓDICO

Artículo realizado por Nieves Lara Ureña

**Un logro muy importante en Química ha sido el poder clasificar los elementos conocidos mediante el Sistema Periódico.**

Todos los elementos con número atómico comprendido entre 1 y 92, excepto cuatro (tecnecio, prometio, astato y francio), se encuentran en ciertas cantidades en la Tierra, mientras que los que tienen número atómico mayor que 92 son artificiales y se obtienen a partir de reacciones nucleares.

En los años treinta del siglo pasado comienza la historia de la creación de nuevos elementos. Dos grupos de científicos, encabezados por E. Fermi y O. Hahn, bombardearon núcleos de uranio con

neutrones para conocer más sobre la naturaleza interna del átomo.

Mientras que Hahn y su colaboradora descubrieron la fisión nuclear, Fermi intuyó que si el neutrón era absorbido por el núcleo de uranio en vez de romperlo, conseguiría átomos del elemento de número atómico siguiente al uranio. Siguiendo esta intuición, científicos de la universidad de Berkeley descubrieron en 1940 el elemento de número atómico 93, Neptunio.

La mayoría de los elementos transuránidos han sido descubiertos por dos grupos de investigadores; por un lado la mencionada universidad de Berkeley de California, y por otro, una sociedad investigadora con sede en Darmstadt, Alemania, que es la “Gesellschaft für Schwerionenforschung”.



Figura 1: Tabla Periódica de los elementos

El primer grupo descubrió los elementos con números atómicos comprendidos entre el 93 y el 106, aunque la “paternidad” de algunos de ellos la discuten con científicos rusos del Instituto Nuclear de Dubna (Rusia).

A partir de 1980, el grupo de Darmstadt ha descubierto seis nuevos elementos, del 107 al 112, siendo el elemento 112 el último al que la IUPAC ha asignado nombre. Dicho

elemento se denomina Copernicio, y su símbolo químico es Cn, en honor al científico y astrónomo polaco Nicolás Copérnico<sup>1</sup>. El resto de los elementos conocidos (hasta el 118), no tienen un nombre permanente, sino que se les asignan unos nombres temporales hasta que otro laboratorio confirme el descubrimiento y la IUPAC apruebe su nuevo nombre.

La creación de nuevos elementos químicos tropieza con serias dificultades. Los últimos elementos fabricados tienen una vida extraordinariamente corta por lo que no se puede conocer mucho sobre ellos. Por tanto podemos preguntarnos si es posible seguir descubriendo nuevos elementos pesados de forma indefinida o si estamos llegando a los límites del Sistema Periódico.

<sup>1</sup>“El nuevo elemento químico 112 tiene nombre: Copernicio” ABC, 25/02/10.

Fig1. Sacada de <http://jumanjisolar.com>  
[www.galeanojav.wordpress.com](http://www.galeanojav.wordpress.com)  
[www.astrocosmo.cl](http://www.astrocosmo.cl)  
[www.pagerankstudio.com](http://www.pagerankstudio.com)  
[www.gobiernodecanarias.org](http://www.gobiernodecanarias.org)  
[www.amazings.com](http://www.amazings.com)  
[www.solociencia.com](http://www.solociencia.com)  
[www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)  
[www.cienciakanija.com](http://www.cienciakanija.com)

## DESCUBRIMIENTO DEL CHIP FOTÓNICO

Artículo realizado por Miguel Ángel Sánchez Romero

**Se ha presentado en el festival británico de la ciencia un modelo de chip fotónico que permitirá la producción de ordenadores cuánticos ultrarrápidos. Aún hacen falta mejoras del ámbito técnico aunque conseguir que trabaje a unas condiciones de temperatura y presión normales ha supuesto un gran avance para el desarrollo de estos ordenadores.**

En este año 2010 se ha presentado en el festival británico de la ciencia el chip fotónico, que funciona a base de energía luminosa en vez de con electricidad. Este avance permitirá el desarrollo de ordenadores cuánticos ultrarrápidos que nos

permitirán tratar más información y hacerlo a velocidades mayores.

Lo que supone de novedoso es que las partículas que lo componen no siguen el funcionamiento habitual a través de bits, es decir, están en uno de dos estados (0 o 1)

sino que tienen la capacidad de estar en varios estados simultáneamente. Esta multifuncionalidad la podemos explicar según la aquella parte de la física que describe la capacidad de las partículas subatómicas de estar en varios sitios al mismo tiempo y por tanto desempeñar una función en cada uno de ellos. Estos bits cuánticos llamados Q-bits los definimos como la información que somos capaces de almacenar en un sistema cuántico con dos estados, el 0 y el 1, sin embargo, la diferencia con los bits que conocemos, como antes se ha comentado, es que aparte de estos dos estados los Q-bits poseen varios estados intermedios que no son ni 0 ni 1, sino los dos a la vez. Por tanto la aleatoriedad de la posición del Q-bit implica que estos sean más frágiles que el sistema actual. La contrapartida es que sería más difícil de copiar y por tanto nuestra información estaría más segura. Sin embargo, la decoherencia de los Q-bits supone un gran problema para la computación cuántica, basada en que la interacción de los sistemas físicos con otros provoca que se deshagan los estados de superposición de los Q-bits, es decir, el acoplamiento del qubit con el ordenador provoca en el mismo cambios que a priori resultan incontrolables (pérdida de la

coherencia) provocando que el sistema entero falle<sup>1</sup>.

Aunque sigan existiendo deficiencias en este sistema el desarrollo de este chip capaz de trabajar a unas temperaturas y presiones normales ha supuesto un gran avance para la ciencia actual que supone que la espera para el desarrollo de ordenadores cuánticos se reduzca de unos 25 años a unos 5. Las grandes posibilidades que ofrece toda esta tecnología han llevado a inversiones de grandes cantidades de dinero por gobiernos, empresas y servicios de inteligencia confiando en que la tecnología cuántica será la base de la industria de las tecnologías de la información de este siglo XXI. Las enormes cantidades de dinero que se pueden llegar a mover en inversiones sobre la propiedad intelectual motivan a pensar: ¿qué mueve más?, el dinero (necesidad comercial) o el deseo de conocimiento y desarrollo de tecnologías para el bien del ser humano. En este ámbito existen multitud de opiniones, desde que la propiedad privada intelectual no debería de privatizarse y debería ser de uso común para el resto de la población hasta el polo opuesto que defiende la necesidad de la privatización.

“del bit al qubit” por Alberto Galindo Tixaire  
(<http://teorica.fis.ucm.es/~agt/conferencias/1oct9web.pdf>)



## EL EFECTO PANTALLA

Artículo realizado por Fco. Javier Rueda Córdoba

**Los electrones se sitúan en diferentes capas en el átomo. Algunos se encuentran cerca del núcleo, y otros más alejados. La configuración electrónica del átomo (que, según Bohr, distribuye los electrones en orden creciente de energía) se ve afectada por esta hecho. Ello da lugar al llamado efecto pantalla.**

El valor total de la carga nuclear de un átomo se puede calcular como:  $Z^* = Z - S$ , siendo  $Z^*$  la carga nuclear efectiva,  $Z$  el número de protones y  $S$  la constante de apantallamiento.

La mecánica cuántica describe los orbitales de los átomos mediante la ecuación de ondas<sup>1</sup>. Sin embargo, esta ecuación solo tiene solución matemática exacta para el átomo de hidrógeno e iones hidrogenoides (átomos de un solo electrón). En los átomos polielectrónicos se realizan aproximaciones que proporcionan una correcta descripción cualitativa de la corteza.

Uno de los métodos de aproximación es el de las constantes de apantallamiento de Slater<sup>2</sup> ( $S$ ), método que solo tiene en cuenta la capa de valencia para las ecuaciones de ondas, por lo que las funciones de onda aparecen muy simplificadas.

Los valores de dichas constantes pueden ser calculados con las Reglas de Slater: (1) Para los electrones más externos,  $S$  es cero. (2) 0.35 por cada electrón del mismo grupo ( $n$ ) excepto del  $1s$ , que es 0.30. (3) Si consideramos un electrón de un orbital  $s$  o  $p$ , 0.85 por cada electrón de número cuántico principal ( $n-1$ ), y 1.0 por cada uno más interno. (4) Si consideramos un electrón de un orbital  $d$  o  $f$ , 0.35 por cada electrón del mismo y 1.0 por cada uno de los electrones más internos.

Los orbitales obtenidos de este modo describen razonablemente la corteza de los

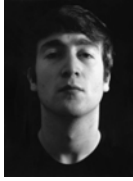
átomos polielectrónicos. Los cálculos se apoyan en dos hipótesis, el poder penetrante de los orbitales (orbitales de mismo número cuántico principal con mayor poder penetrante si tienen menor número cuántico secundario), y el Apantallamiento del núcleo.

El efecto de apantallamiento puede ser definido como una reducción de la carga nuclear efectiva ( $Z^*$ ) de la nube de electrones debido a la diferencia en las fuerzas de atracción de los electrones con el núcleo.

Si tomamos un átomo con un solo electrón, este contiene la carga total del núcleo. Sin embargo si hay más electrones entonces, según la configuración electrónica, los electrones en orbitales más cercanos al núcleo son más atraídos a la carga positiva nuclear. Pero los electrones en los orbitales más alejados, aunque atraídos hacia la carga nuclear positiva, son repelidos por la carga negativa de los electrones intermedios. Por esta razón, hay una reducción palpable en la carga nuclear efectiva de un átomo. Del interior al exterior atómico, la carga irá disminuyendo, conteniendo los electrones más externos la menor carga nuclear.

<sup>1</sup>Propuesta por Erwin Schrödinger en 1926.

<sup>2</sup>John Clarke Slater (1900–1976).



## EL GATO DE SCHRÖDINGER

Artículo realizado por Javier Revello Sánchez

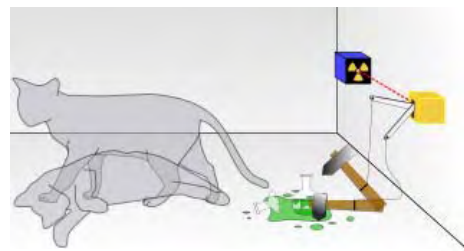
**El este artículo se detalla el experimento teórico que Schrödinger diseñó para hacer patentes los problemas de la interpretación de Copenhague de la física cuántica.**

El experimento del Gato de Schrödinger, o paradoja de Schrödinger, es un experimento teórico diseñado por el físico austriaco Erwin Schrödinger en 1935. Su intención al diseñarlo era poner de manifiesto los errores de la interpretación de Copenhague (o Copenhaguen Interpretation) de la mecánica cuántica; uno de los pilares básicos de este campo del saber es la función de onda, por la cual se calcula la probabilidad de que un electrón esté en un sitio o a una determinada velocidad. Esta interpretación postulaba que el estado de dos sistemas (como dos partículas subatómicas), que hubieran interactuado en algún momento pero que ahora se encontrasen separadas y sin un estado definido, se colapsaría a un estado definido cuando alguna de ambas partículas fuera medida. Este fenómeno se conoce como “colapso de la función de onda”.

Schrödinger se propuso demostrar cuán absurda era esta interpretación. Para ello, propuso un hipotético escenario en el que un gato se encontraba encerrado dentro de una cámara de acero junto con un contador Geiger en el que había un poco de sustancia radiactiva lo suficientemente pequeña como para que, pasado el plazo de una hora, hubiese idénticas probabilidades de que uno de los átomos decayera o no lo hiciera. Si dicho átomo decaía, el tubo contador se descargaría y, mediante un mecanismo, activaría un martillo que rompería un pequeño frasco de ácido cianhídrico, altamente nocivo. De esta forma, si se abandonaba todo el sistema durante una hora, uno diría que el gato sigue vivo

siempre y cuando ningún átomo hubiese decaído. Esto se puede expresar matemáticamente de una forma en la que el gato estaría muerto o vivo a partes iguales.<sup>1</sup>

En su artículo publicado en la revista alemana *Naturwissenschaften* (“Ciencias Naturales”)<sup>2</sup>, Schrödinger explicaba además que una indeterminación restringida al ámbito atómico se convertiría en una indeterminación en el ámbito macroscópico, que podría entonces ser resuelta mediante observación. De esta forma, se evitaba tener que aceptar un modelo “borroso” para explicar una realidad observable y concreta. En otras palabras: para saber si el gato seguía vivo o muerto, había que mirar dentro de la cámara.



Representación gráfica del experimento teórico de Schrödinger.

Este experimento propuso la pregunta: ¿Cuándo deja un sistema cuántico de existir en la forma de una superposición de estados y se convierte en uno u otro? Si el gato sobrevive, sólo recordará haber seguido vivo. Sin embargo, experimentos derivados de la interpretación de Copenhague requerían que objetos macroscópicos, como

gatos o sillas, no tuvieran únicamente una descripción clásica.

Con este experimento teórico, Schrödinger puso de manifiesto temas como la asunción de la realidad; en palabras de Einstein: "Eres el único (Schrödinger) físico contemporáneo que ve que uno, si es honesto, no puede pasar de la asunción de la realidad.... Nadie duda que la existencia del gato es independiente del acto de observación".<sup>3</sup>

En definitiva, la paradoja del gato de Schrödinger es un hecho señalado de la

química-física del siglo XX y un magnífico ejemplo de lo que la imaginación puede conseguir. Por otro lado, lo que nadie ha preguntado es qué le parece al gato todo este asunto.

1. Faye, J (2008-01-24). "Copenhagen Interpretation of Quantum Mechanics". Stanford Encyclopedia of Philosophy. The Metaphysics Research Lab Center for the Study of Language and Information, Stanford University. <http://plato.stanford.edu/entries/qm-copenhagen/>. Retrieved 2010-09-19.

2. Schrödinger, Erwin (November 1935). "Die gegenwärtige Situation in der Quantenmechanik (The present situation in quantum mechanics)". Naturwissenschaften.

3. <http://www.jstor.org/pss/687649>



## EL UNIVERSO Y SUS ESTRELLAS

Artículo realizado por Iván Morales

**El término Universo hace referencia a todo aquello que existe físicamente. En este sentido, se incluyen todas las formas de la materia y la energía, las leyes físicas que las gobiernan, y la totalidad del espacio y del tiempo. En él podemos encontrar: Galaxias, Constelaciones, Estrellas, Planetas, Satélites y otros muchos componentes aún desconocidos. Parece un concepto fácil de entender, pero ni los astrónomos, ni los físicos ni los químicos de nuestro mundo son capaces de conocerlo por completo. En este artículo abordamos el estudio de uno de sus componentes más comunes: las estrellas.**

En la ventana hacia el universo veremos los diferentes tipos de estrellas que se encuentran en este sistema. Destacamos las estrellas compactas, las estrellas de neutrones, las estrellas de preones, las estrellas de quarks y, por último, los cuántares que se consideran estrellas por su alta luminosidad propia.

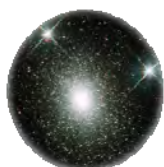


Figura : Estrellas del universo<sup>1</sup>.

La estrella compacta refiere al conjunto de todas las estrellas, es decir, estrellas de neutrones, estrellas de preones, enanas

blancas, estrellas de quarks, etc. Estas estrellas conforman el punto final de la evolución estelar. Cuando una estrella brilla pierde energía. Esta energía es perdida por la superficie y es compensada, a su vez, por la producción de energía en el interior de la estrella por medio de la fusión nuclear. Cuando la estrella ha perdido su energía, la presión del gas en el interior no puede soportar el peso de la estrella, y ésta se colapsa en un estado más denso, originándose una estrella compacta.

La estrella de neutrones están compuestas principalmente de neutrones, y de otro tipo de partículas tanto en su corteza sólida de hierro, como en su interior, que puede contener tanto protones como electrones.

Los púlsares son un tipo de estrella de neutrones que emiten radiación periódica y poseen un campo magnético intenso. Las estrellas de neutrones pueden girar sobre sí mismas; un punto de su superficie puede estar moviéndose a velocidades de hasta 70.000 km/s. De hecho, se expanden en su ecuador debido a esta velocidad vertiginosa y a su potente fuerza centrífuga. Todo ello también implica que estas estrellas tengan un tamaño de unos pocos miles de metros, entre 10 y 20 kilómetros.

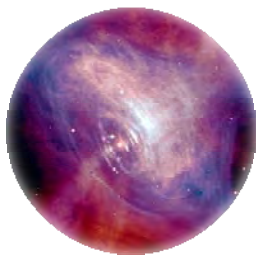


Figura: Púlsar.<sup>1</sup>

La estrella de preones es de las estrellas más destacadas del universo. Una estrella de preones es una estrella compacta formada por preones, unas partículas subatómicas que compondrían los quarks y leptones. Se cree que las estrellas de preones tienen densidades enormes, aproximadamente de  $10^{20}$  g/cm<sup>3</sup>. Las densidades son tan gigantescas, que una estrella de preones que tuviera la masa de la Tierra tendría el tamaño de una pelota de tenis. La existencia de las estrellas de preones podría explicar algunos de los problemas que actualmente se debaten a lo largo del mundo. Uno de esos problemas es: la densidad crítica. Es la densidad que debió haber tenido el universo para poder formarse, la cual no concuerda con la cantidad de materia visible que observamos. Para resolverlo, recurrimos a la hipótesis de la materia oscura. Se llama materia oscura a la materia "hipotética" de composición desconocida que no emite o refleja suficiente radiación electromagnética para

ser observada directamente con los medios técnicos actuales pero cuya existencia puede saberse a partir de los efectos gravitacionales que causa en la materia visible, tales como las estrellas o las galaxias.

Las estrellas de quarks, tienen densidades muy altas y se pueden encontrar en el interior de estrellas de neutrones o bien componer la totalidad de una estrella. Aunque no se ha observado materia que pueda ser asociada a este tipo de estrellas, se sabe que están compuestas completamente de quarks. Los quarks son los constituyentes fundamentales de la materia junto a otro tipo de partículas, los leptones. Varias especies de quarks se combinan de manera específica para formar partículas importantísimas como los protones y los neutrones.

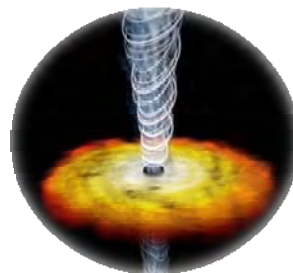
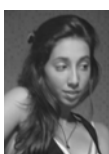


Figura: Quásar.<sup>1</sup>

Finalmente, un cuásar o quásar es una fuente astronómica de energía electromagnética, que incluye radio frecuencias y luz visible. Los primeros quásares fueron descubiertos con radiotelescopios a finales de 1950. Están extremadamente lejos, y son muy luminosos, lo que explica por qué se pueden ver a pesar de la distancia a la que se encuentran. Se cree que son núcleos activos de galaxias jóvenes en formación. Se conocen más de 200.000 quásares. El quásar que aparece más brillante en el cielo es el 3C273 de la constelación de Virgo. A

una distancia de 10 pársec (unos 33 años luz), este objeto brillaría en el cielo con mayor fuerza que el Sol y su luminosidad es 2 billones de veces mayor que la del Sol o cien veces más que la luz total de una galaxia media como la Vía Láctea.

A fin de cuentas, todo esto deja de ser una ínfima parte del universo y se consolida como uno de los puntos clave para el estudio del Universo y del Big-Bang. Desde este punto de partida ,conocido como Big-



## LOS GASES ¿NOBLES?

Artículo realizado por Julia P. B.

**“Ligas menos que los gases nobles”, una antigua expresión que compara la por mucho tiempo supuesta reactividad nula de estos elementos con la habilidad para encontrar pareja, parece quedarse obsoleta. A pesar de que muchos hemos estudiado que este grupo de la tabla periódica no forma compuestos con los elementos de otro, desde hace varias décadas se sabía de la existencia de algún compuesto de xenón.**

Situados en el decimotercero grupo de la tabla periódica, los gases nobles nunca han sido tan conocidos como otros elementos: Se aislaron por primera vez a finales del siglo XIX gracias a los experimentos con nitrógeno atmosférico de William Ramsay. La primera característica que se observó en ellos fue su estabilidad química y baja reactividad, por lo que se pensó que no formaban ningún compuesto e incluso sirvieron de modelo teórico para establecer la teoría del enlace de Lewis.

Estos elementos, gases monoatómicos, incoloros e inodoros a temperatura ambiente, poseen sus capas electrónicas s y p completas (en el caso del helio sólo la s), elevadas energía de ionización y bajas afinidades electrónicas, por lo que no forman compuestos con facilidad y constituyen el grupo menos reactivo de la tabla periódica. No obstante, a medida que descendemos en el grupo, los elementos

Bang, que empezó hace 14 millones de años existen las estrellas, todas las mencionadas, y todo lo que se encuentra ahí fuera y con ellos se empieza a escribir de forma progresiva una bonita historia a la que llamamos evolución y, más concretamente, vida.

1.Imágenes obtenidas directamente desde Google imágenes.

2.Información obtenida con desde diferentes URL de [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com).

tienen más capas de electrones que hacen que la atracción que lo más externos de éstos sufren por acción de las cargas positivas del núcleo sean más débiles y, por tanto, que los gases más pesados puedan ser ionizados con mayor facilidad que los ligeros. Por esta razón, tal y como predijo Pauling en 1933, la formación de compuestos de los gases nobles requiere, por una parte, que el átomo de gas noble tenga un número atómico alto y, por otra, que los átomos con los que forma el compuesto con él sean muy electronegativos (flúor, oxígeno).

Hasta hoy, sólo se han conseguido compuestos de los tres elementos más pesados: Kriptón, xenón y radón. De ellos, el xenón, que presenta cuatro posibles estados de oxidación (+2, +4, +6 y +8), sobresale por su vasta química mientras que del kriptón se conocen pocos compuestos y los isótopos del radón son altamente



radiactivos, por lo que su estudio es sumamente complicado.



Figura 1: Los gases nobles se han utilizado para diversos fines, el He, por ejemplo, sirve para inflar globos y neumáticos de aeronaves, pero también como atmósfera inerte en la metalurgia o para la obtención de silicio y germanio ultrapuros.

Hasta 1962 los únicos compuestos aislados de los gases nobles eran los de inclusión física, los llamados clatratos o compuestos jaula, en los que los gases nobles quedan atrapados en el seno de las redes moleculares de sustancias tanto inorgánicas como orgánicas, para lo cual deben tener la medida idónea para encajar en las cavidades del compuesto que los acoge.

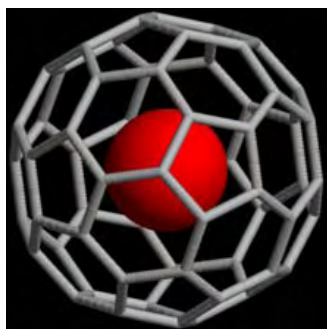


Figura 2: Los gases nobles también pueden formar fullerenos endohédricos, es decir, quedar atrapados en una molécula de  $C_{60}$ . En este caso, no sólo los gases más pesados caben en el compuesto: Se han descubierto complejos endohédricos tanto de argón, kriptón y xenón como de helio.<sup>1</sup>

Muy discutidos son los compuestos por coordinación a bajas temperaturas, como  $Ar-BF_3$  o  $HgHe_2$  (obtenido por bombardeo de electrones), de los cuales no se puede

afirmar que sean verdaderos compuestos químicos; o los hidratos, que se consiguen comprimiendo gases nobles en agua por lo que se crean fuerzas dipolo (agua) – dipolo inducido (gas noble) y se obtiene, sobre todo con los átomos más pesados, un compuesto del tipo: Gas noble-  $nH_2O$ . Algunos científicos dudan acerca de la existencia real de los hidratos.

La hipótesis de Pauling no se comprobó experimentalmente hasta el año 1962, gracias a Neil Bartlett. Este científico descubrió que el hexafluoruro de platino,  $PtF_6$ , altamente oxidante, ionizaba al  $O_2$  transformándolo en  $O_2^+$ . Ya que las energías de ionización de  $O_2$  a  $O_2^+$  y de Xe a  $Xe^+$  son similares ( 1165 y 1170 KJ/mol), intentó la reacción de Xe con  $PtF_6$ . El resultado fue un compuesto complejo,  $Xe(PtF_6)_x$ , donde x es 1 ó 2.

Poco después del logro de Bartlett, Howard Claassen sintetizó el primer compuesto de dos elementos de un gas noble, el tetrafluoruro de xenón,  $XeF_4$ , al someter una mezcla de ambos elementos a altas temperaturas. Ahora, además, se conocen  $XeF_2$  y  $XeF_6$ , que pueden prepararse por síntesis directa a partir de los elementos, los cuales dan un producto diferente según las proporciones molares de los reactivos y las condiciones de presión y temperatura. Los tres fluoruros son sólidos de color blanco, hidrolizables, agentes fluorantes fuertes y oxidantes muy potentes.

Igualmente, existen dos óxidos de xenón,  $XeO_3$  y  $XeO_4$ . El primero procede de la hidrólisis de  $XeF_6$ , y de él se obtienen los perxenatos ( $XeO_6^{4-}$ ), compuestos de los más oxidantes, que al ser tratados con ácido sulfúrico, proporcionan el otro óxido de xenón,  $XeO_4$ . La gama de compuestos del xenón es sorprendente, pudiéndose hablar de centenares de ellos. Presenta enlaces con O, N, C, Au, haluros y con él mismo: El

compuesto  $\text{Xe}_2\text{Sb}_2\text{F}_{11}$ , por ejemplo, contiene un enlace Xe-Xe, el enlace elemento-elemento más largo que se conoce (308,71 pm). En cuanto al resto del grupo, se sabe que el radón reacciona con el flúor para dar lugar a fluoruro de radón,  $\text{RnF}_2$ , que en estado sólido brilla con una ligera luz amarilla. El flúor también se combina con el kriptón y el argón ( $\text{KrF}_2$  y  $\text{HArF}$ ).

A partir de la síntesis de los compuestos de este grupo la visión que se tenía de ellos ha sufrido un cambio radical y de creer en su inercia han pasado a convertirse en un objeto de interés para muchos estudiosos del tema, ya sea por la naturaleza de sus enlaces, por sus propiedades o por las posibles aplicaciones de sus compuestos.

Hasta ahora, los compuestos de los gases nobles se han utilizado como agentes oxidantes o como manera de almacenar los elementos de forma más fácil de manipular. Ahora, el reto está en conseguir aplicaciones en diversos campos de la industria y la medicina y que las combinaciones de los gases nobles con los elementos sean lo menos contaminante y perjudicial posible.

<sup>1</sup> Información disponible en las páginas web de Chemistry Explained y Wikipedia.

-Fuentes consultadas para la realización del artículo:

Wikipedia: (<http://es.wikipedia.org>)

Página web universidad de Murcia: [www.um.es](http://www.um.es)

Chemistry Explained : ([www.chemistryexplained.com](http://www.chemistryexplained.com))

Las imágenes provienen del buscador Google.

## RESONANCIA MAGNETICA NUCLEAR Y LESIONES ORGÁNICAS

Artículo realizado por Estrella Gómez Bentolila

**La RMN posee un poderoso imán que atrae a los protones que están contenidos en los átomos de hidrógeno que conforman los tejidos humanos, los cuales, al ser estimulados por las ondas de radio frecuencia, salen de su alineamiento normal para poder ser visualizados en imágenes por los especialistas en radiología.**

La resonancia magnética es uno de los más recientes avances tecnológicos de la medicina para el diagnóstico preciso de múltiples enfermedades, aún en etapas iniciales.

Un sistema de RMN está constituido por un complejo conjunto de aparatos emisores de ondas electromagnéticas, antenas receptoras de radio frecuencias y ordenadores que analizan datos para producir imágenes detalladas, de dos o tres dimensiones. Estas imágenes nos permiten detectar, o descartar, alteraciones en los órganos y los tejidos del cuerpo humano, evitando así procedimientos molestos y agresivos.

Para producir imágenes sin la intervención de radiaciones ionizantes, a diferencia de los equipos de rayos convencionales, el escáner y la medicina nuclear, (rayos gamma o X), las imágenes de RMN se obtienen al someter al paciente a un campo electromagnético con un imán de unos 1.5 Teslas, equivalente a 15 mil veces el campo magnético de nuestro planeta.

Este poderoso imán interacciona con los protones que están contenidos en los átomos de hidrógeno que conforman los tejidos humanos, los cuales, al ser estimulados por las ondas de radio frecuencia, salen de su alineamiento normal. Cuando el estímulo se suspende, los protones regresan a su estado magnético

original, liberando energía que se transforma en señales de radio para ser captadas por un ordenador que las convierte en imágenes, que describen la forma de los órganos.

Para que nos hagamos una idea de la cantidad de energía que circula en un sistema de resonancia magnética, pensemos que la fuerza electromagnética de estos aparatos se mide en gauss y teslas. El gauss equivale al poder de la gravedad en la Tierra y un Tesla, a 10 mil gauss ó 10 mil veces el campo electromagnético terrestre.

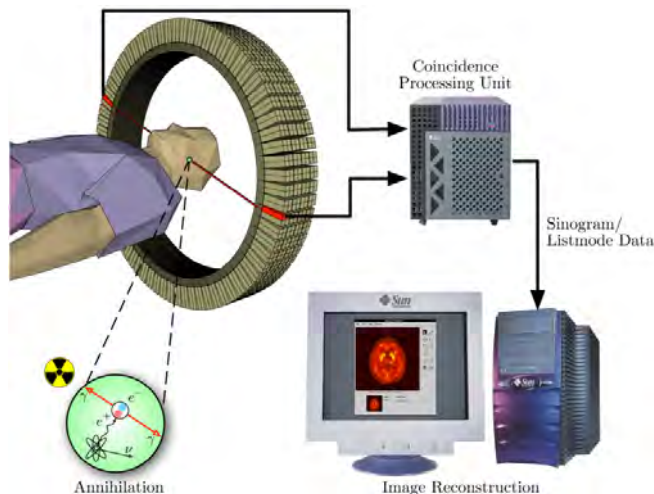
El equipo se encuentra dentro de un cuarto forrado de cobre en su interior para evitar la interferencia de cualquier onda de radio frecuencia que pudiera llegar del exterior. A esto se le conoce como *Jaula de Faraday*.

El magneto, que es el corazón del sistema, está encerrado en un cubo de plástico. No se permiten materiales ferrosos, porque la gran fuerza de atracción podría ocasionar accidentes.

Para que el imán súper conductor no se caliente, pues el proceso sube la temperatura a  $+269^{\circ}$  centígrados, el magneto se forra con hilo súper refrigerado, el cual enfría el sistema a  $-269^{\circ}$  centígrados, para lograr contrarrestar el calor y brindar una temperatura normal al paciente.

La refrigeración se logra introduciendo en tuberías especiales sustancias refrigerantes conocidas como criogénicos; éstos pueden ser helio o nitrógeno líquidos, de manera similar a los sistemas refrigeradores de casa.

Finalmente debemos de tener en cuenta que las aplicaciones más frecuentes de la RMN se encuentran ligadas al campo de la medicina, la bioquímica y la química orgánica, constituyendo uno de los principales avances científicos que se han dado en la medicina en el último cuarto de siglo.



En una pantalla aparece la imagen, la cual es fotografiada por una cámara digital, para producir placas con calidad láser que son interpretadas por los médicos especialistas.



## GRAFENO: LA PANACEA TECNOLÓGICA

Artículo realizado por Enrique Gamero Estévez

**El grafeno es un material formado por carbono, de un átomo de grosor. Este material desarrolla una serie de propiedades que le permiten ser el sustituto de muchos materiales actuales, posibilitando un desarrollo tecnológico en diversos campos.**

El grafeno es el material más bidimensional que existe formado por la más delgada lámina de carbono posible, de tan solo un átomo de grosor. Más concretamente, es una lámina plana formada por la unión de átomos de carbono con hibridación  $sp^2$ , mediante enlaces covalentes formando una red cristalina en forma de panal de abejas.

El grafeno, se descubrió cuando dos físicos: Geim y Novoselov (lo que les valió el Premio Nobel de física de 2010), a partir de una mina de lápiz de grafito, consiguieron ir retirando láminas de carbono hasta lograr una lámina cuyo grosor era de un átomo y que poseía gran estabilidad e increíbles propiedades. Esto, permitió extender estos intentos a otros materiales que pueden resultar útiles en nuestra vida diaria.

El carbono en estas condiciones, pese a su extrema delgadez, desarrolla unas extraordinarias propiedades. El grafeno, es muy resistente y un gran conductor tanto de electricidad (similar al cobre) como de calor (superior a otro material conocido).

También, posee otra serie de características que lo dotan de una gran posibilidad de desarrollo y aplicación en el mundo actual como: una alta elasticidad, la posibilidad de reaccionar químicamente con otras sustancias, la capacidad de soportar la radiación ionizante, la ligereza y el consumo de electricidad mínimo al actuar como conductor.

Además de todas estas propiedades tiene dos cualidades físicas que lo hacen muy útil, como son: su aspecto transparente y su gran densidad (pues ni el átomo gaseoso más pequeño, el helio, puede atravesarlo).

El grafeno tiene otra ventaja que es su fácil obtención. Los métodos que se utilizan para aislarlo son normalmente la deposición química de vapor o la laminación.

Si nos fijamos ahora en su importancia en el mundo actual, esta radica tanto en el desarrollo tecnológico que ha posibilitado como en las confirmaciones de teorías cuánticas.

En cuanto a la confirmación de teorías cuánticas, gracias a su estructura, se han podido comprobar diversas hipótesis cuánticas, como la de los fermiones de Dirac, el efecto Hall cuántico o el efecto de localización de Anderson.

En el mundo tecnológico sus aplicaciones son infinitas, pues este material se presenta como sustituto del silicio en los distintos dispositivos electrónicos.

Es tal el avance, que el grafeno ha ocasionado que ya se han diseñado e ideado nuevos sistemas y aparatos basados en él como:

- Transistores de grafeno, estos gracias a la integración del grafeno pueden alcanzar frecuencias de hasta 300 GHz, hasta ahora imposibles de alcanzar, pues los materiales

anteriormente utilizados no permitían una frecuencia mayor a 100 GHz. Este primer paso, permitirá desarrollar el mismo dispositivo en televisiones, ordenadores,...

- Motores eficientes para los aviones supersónicos, esta eficiencia se consigue añadiendo pequeñas láminas de grafeno al combustible, optimizando el rendimiento del motor y reduciendo la contaminación y el daño ambiental. Este paso, favorecería a su integración en los combustibles diesel, que posibilitaría la mejora del rendimiento del combustible y una menor contaminación del ambiente por parte de los coches, aviones, etc.



Pantalla<sup>1</sup> y reloj<sup>2</sup> electrónicas, ambas fabricadas con grafeno. Lo que le otorga una gran rapidez de manejo y eficacia. Además la presencia del grafeno le da las cualidades de flexibilidad que aparecen en la fotografía.

- Chips de grafeno, que permiten una

mayor rapidez y una mayor funcionalidad en los ordenadores y sistemas electrónicos que los utilicen. Además, gracias a su reducido tamaño permite el ahorro de espacio.

- Energías alternativas, como la energía solar, pues gracias a sus propiedades de transparencia y su conductividad, lo hacen un componente capaz de reemplazar los electrodos quebradizos de óxido de indio y estaño en la formación de placas solares.

Se ha visto que el carbono en estas condiciones, presenta una gran estabilidad, lo que permite enterrar la idea de que los materiales en este estado son muy inestables, abriendo este descubrimiento la puerta al estudio de otros materiales similares, tan útiles como este. Haciéndonos ver los grandes avances teóricos y tecnológicos que están por llegar.

*Bibliografía: la información ha sido tomada de diversas fuentes:*

- *Revista electrónica: Tendencias 21.*
- *Es.wikipedia.org/wiki/Grafeno.*
- *Artículo del País, realizado por Miguel Calzada el 6/8/2010.*
- *Artículo de La Razón, el 5/8/2010.*
- *Artículo del ABC, realizado por A. Acosta*
- *Información de creativedream..*

<sup>1</sup> *fotografía tomada de: creative2010.wordpress.com/*

<sup>2</sup> *fotografía tomada de: zoonoticias.com/*



## UN CIELO A COLOR

Artículo realizado por Álvaro Lorenzo

Desde que nacemos vemos cómo el color azul del cielo va cambiando a lo largo del día hasta llegar al negro de la noche, pasando por las tonalidades rojizas del atardecer. Sin embargo al ser un hecho al que nos hemos acostumbrado no solemos plantearnos el por qué ocurre esto. Y es que para explicarlo habría que analizar los fenómenos que están presentes en nuestro día a día pero a los que no prestamos atención como las propiedades de la luz, su interacción con la atmósfera o el funcionamiento del propio ojo humano.

En el caso de la luz hay que saber que ésta es una onda corpuscular que como cualquier onda presenta una serie de longitudes de onda. En concreto la que emite el sol se encuentra entre la región del

en su totalidad. Otros materiales son capaces de reflejar tan solo una parte del espectro y absorber otra, como por ejemplo un objeto de color naranja que refleja longitudes de onda que rondan los 590 y 610nm, absorbiendo el resto del espectro y haciendo que el naranja sea el color que captan nuestros ojos.

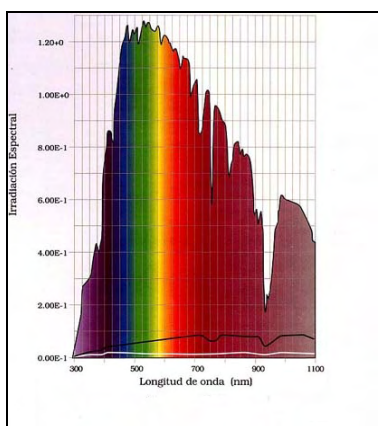


Figura 1. Muestra el espectro de irradiación solar en la región del visible. "http://www.america.com.uy/productos/index.php?In dexId=137"

infrarrojo y la ultravioleta (300nm y 1100nm), siendo la región del visible la única que puede ser apreciada por el ojo humano (400 y 700nm). Así pues vemos los objetos de un color u otro según la longitud de onda que estos son capaces de reflejar siendo por ejemplo el negro la ausencia de color ya que corresponde a materiales que no son capaces de reflejar ninguna de las longitudes de onda que corresponden a los colores ya que las absorben prácticamente



Figura 2. Nos muestra la los colores en los que se descompone la luz blanca al hacerla pasar por un prisma. "http://wwwmatius.blogspot.com/"

Por tanto, lo que nos ayuda a entender en cierta medida por qué cambia el color del cielo es el hecho de saber que el ojo interpreta un color según la longitud de onda que le llega reflejada. Sin embargo hay que tener en cuenta que la atmósfera está formada por un conjunto de fluidos como gases y agua además de contener diversos componentes sólidos o partículas en suspensión. Es por ello que la luz se

difracta cuando atraviesa esta capa debido al choque con sus componentes.

Este comportamiento se puede apreciar de forma experimental haciendo pasar una luz blanca a través de un prisma. Se observa entonces que la luz se descompone en los colores del arcoíris, encontrándose como primer color el rojo y como último el violeta.

Y es que la luz sufre difracción de modo que sufren una mayor desviación aquellas longitudes de onda que sean más corta y menor aquellas de mayor longitud. Este es el motivo por el cual el color rojo se encuentra en uno de los extremos del arcoíris (es la parte de la región del visible de mayor longitud de onda) mientras que el violeta es el color que se encuentra en el otro extremo (siendo el de menor longitud de onda).

Cuando la luz del Sol atraviesa la atmósfera para llegar hasta nosotros, la mayor parte de la luz roja, anaranjada y amarilla (longitudes de onda largas) pasa sin ser casi afectada. Sin embargo, buena parte de la luz de longitudes de onda más cortas (azul y violeta) es dispersada por las moléculas gaseosas del aire. Por ello durante el día al mirar al cielo nos llega reflejada la luz que ha sido dispersada y que es en su mayoría azul, dándole este color al cielo. En cambio, la luz que nos llega directamente del Sol ha perdido parte de su color azul, por eso el Sol se ve amarillento.

Sin embargo esta explicación no plantea qué pasa con colores como son el violeta que también se dispersa o con colores como el naranja o el rojo que nos llegan directamente desde el Sol.

Y es que para comprender lo que vemos no podemos sólo estudiar los fenómenos que tienen lugar con la luz y la atmósfera, sino

que debemos comprender además el funcionamiento del ojo humano y sus limitaciones, ya que nosotros no tenemos la capacidad de percibir cada longitud de onda con la misma sensibilidad. De hecho el ojo humano alcanza su máximo grado de sensibilidad durante el día para la longitud de 555nm (verde-amarillo) y 507nm (verde-azulado) durante la noche. Esto, junto con el hecho de que la luz solar posee una mayor cantidad de azul que de violeta explica que veamos el cielo de color celeste y no violeta o que veamos el sol de color amarillo y no rojo o naranja (a excepción del amanecer y el atardecer).

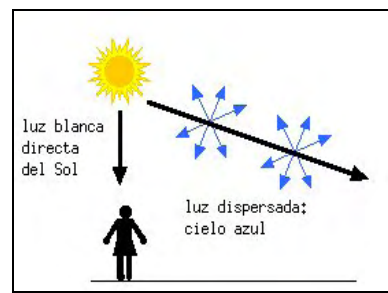


Figura 3. Indica la dispersión que sufren las longitudes de onda corta al atravesar las moléculas gaseosas de la atmósfera.

"<http://www.fcaglp.unlp.edu.ar/~scellone/Divul/CieloAzul/CieloAzul.html>"

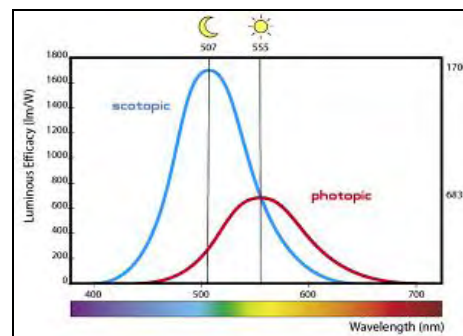


Figura 4. Esta gráfica representa la sensibilidad del ojo humano a cada longitud de onda según si se trata del día o la noche. "

[http://www.taringa.net/posts/ciencia-educacion/7226934/El-Efecto-Purkinje\\_-Como-ve-nuestro-ojo-en-la-oscuridad.html](http://www.taringa.net/posts/ciencia-educacion/7226934/El-Efecto-Purkinje_-Como-ve-nuestro-ojo-en-la-oscuridad.html)"

Durante el atardecer sin embargo, ocurre que el cielo se va tornando a rojizo

alrededor del sol de igual forma que este pasa de amarillo a rojo. Esto se debe a que durante el amanecer y el atardecer los rayos de luz solar deben atravesar la atmósfera de forma diagonal (atravesando mayor espesor), por lo que la luz sufre una mayor dispersión, perdiéndose los colores de onda muy corta como el azul y potenciándose las longitudes de onda más larga como las que proporcionan tonalidades anaranjadas.

Finalmente tras la puesta de Sol la luz que nos llega durante la noche es la que viene de las estrellas lejanas y reflejada por la luna. Por ello la intensidad es mínima y esto hace que el cielo se vea negro por la ausencia de luz (los días sin luna) o negro azulado (los días de luna llena) si la intensidad lumínica es algo mayor ya que el

ojo humano durante la noche es más sensible a las tonalidades azules perdiendo en parte la percepción del resto de colores.

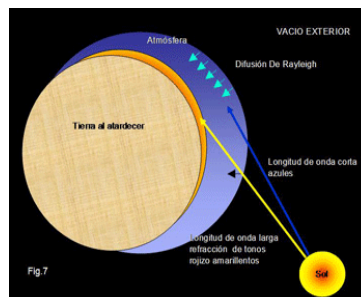


Figura 5. Muestra como los rayos de luz atraviesan diagonal durante el amanecer y el atardecer. "http://www.redoe.com/ver.php?id=103"



### ¿SERÁ QUE TODO ES QUÍMICA?

Artículo realizado por María Gallardo Gómez

**El mundo es química, todo es química dicen. Tanto nuestro cuerpo como nuestra mente: química. Incluso el amor, eso tan bonito, esas cosquillas en el estómago, es química. El mundo es química, ¿y nosotros? Nosotros somos átomos.**



Figura 1: ¿y nosotros?

Átomos. Qué palabra. En algún sitio leí una vez que “el mundo gira moviendo átomos”, ellos son los responsables de todo, de que

se escriba esto y de que tú lo leas, de que te muevas, de que respires, de que sientas, de que quieras, de que te estremezcas, del infinito. Si ellos no hacen todo eso, si no interaccionan unos con otros, si dejan de girar, el mundo se para. Nosotros nos paramos.

Átomos que están en todas partes, nos invaden, nos rodean, nos aprisionan, nos inundan y nos llenan. ¡Qué digo! Todo son átomos y muchas veces pasamos de un día a otro sin plantearnos qué hay en nuestro entorno, asumiendo la rutina, sin dejarnos fascinar por cosas tan simples, o tan



complejas. No podemos separar de los átomos nuestra personalidad ni nuestro pensamiento.

Naturalmente, existen distintos tipos de átomos, formados por un núcleo de protones y neutrones, rodeado por electrones girando; el número de electrones de un átomo influye en sus propiedades. Los electrones de los átomos se van colocando en las distintas capas, que llamamos orbitales, no como las de los planetas, no, sino siendo en realidad zonas donde es más probable encontrar al electrón, nubes de densidad electrónica.

Cuanto más orbitales tiene el átomo conteniendo electrones, más complejo es éste, siendo el más simple el átomo de hidrógeno, con un solo protón en el núcleo y un electrón en el orbital de menor energía. Estamos tan habituados a ellos, que a veces no somos del todo conscientes del poder que los átomos tienen sobre nosotros.

Hablamos de ellos, los clasificamos, estudiamos y utilizamos como si fueran eso, simplemente partículas. Pero, ¿tenemos todos algo en común con estas pequeñas partículas que vayan más allá del mero componente estructural de nuestro físico?

Desde el bostezo más trivial hasta el pensamiento más complejo está determinado por los átomos. ¿Somos entonces nosotros comparables a los átomos? No es extraño que haya algo de ellos inherente a nuestra personalidad.

Normalmente, los átomos por sí solos son inestables, y tienden a perder o ganar electrones para alcanzar una configuración electrónica estable, la del gas noble más próximo: dos electrones en el caso del Helio y ocho para los demás. Esta configuración la consiguen encontrando a

su “media naranja atómica”, un átomo adecuado para la interacción.

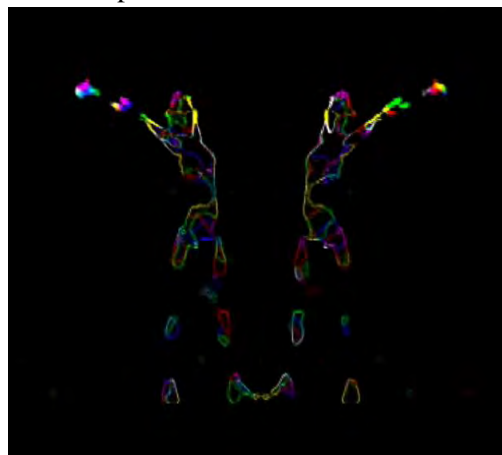


Figura 2: Imagen que muestra cómo un átomo puede estar en dos sitios a la vez. Sugiere la forma de una persona.

Los gases nobles, con su configuración de “capa cerrada” son prácticamente inertes, no interaccionan, no se relacionan. Podría ser de ese tipo de personas que evitan relacionarse o mantener contacto con alguien, que creen que por sí mismas se bastan. Puede que tengan mucha estabilidad interna, pero también serán los que se sienten más solos. Los gases nobles son químicamente útiles, pero personalmente aburridos.



Figura 3: dibujo que muestra a dos personas “enlazantes”. Recuerda por su simetría a la imagen anterior del átomo

Los átomos que resultan más interesantes son los que se mantienen activos, los que más reacciones producen. Los que nos

mantienen vivos. Nosotros, al igual que ellos nos relacionamos y buscamos a nuestra “mitad” por así decirlo, cada sodio busca a su cloro, o a su otra molécula de oxígeno, ¿por qué no? Así, con ese otro átomo, persona, conseguimos más estabilidad, porque puedes tener multitud de cosas, multitud de electrones orbitando a tu alrededor, pero no merecen de verdad la pena si no tienes alguien con quien compartirlas.

Pero no todas las longitudes de ondas que se emiten son de color de rosa. Hay átomos que duelen, personas radiactivas que nos hacen daño. Podemos o queremos pensar que a veces que no lo hacen adrede, pero ¿acaso al uranio le importan mucho los átomos que constituyen la materia de su alrededor? Yo no lo creo.

¿Y los orbitales? Ah sí. ¿Quién sabe lo que pasa por nuestra cabeza, por esa nube electrónica alrededor del núcleo? Nuestros

pensamientos, o electrones, son los que determinan nuestra forma de ver el mundo, de interactuar con él.

Cada átomo tiene características diferentes, al igual que nosotros, y es obvio que no hay dos iguales. Para comprender el mundo en el que vivimos es necesario comprender a las personas que lo forman y que nos rodean, al igual que para asimilar la magnitud de nuestro universo tenemos que ser conscientes de los átomos que lo componen.

Y para todas las cosas que puedan quedar sin respuesta, podemos limitarnos a los estados elementales aún no descubiertos.

1 Dibujo propio.

2 [http://www.pool.org.au/video/anna\\_kingston/atoms](http://www.pool.org.au/video/anna_kingston/atoms). (Imagen: mapa de densidad electrónica obtenido por difracción de rayos x).

3 <http://art-canyon.com/category/alfred-gockel-2/>.



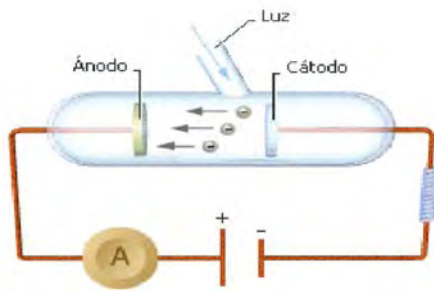
## APLICACIONES DEL EFECTO FOTOELÉCTRICO: LA CÉLULA FOTOELÉCTRICA

Artículo realizado por Raquel Martel Guedes

**El efecto fotoeléctrico descubierto por Hertz en 1887, supuso un punto de inflexión en la física de la época, ya que se demostraron las limitaciones de la física clásica, dando paso con ello, a la física cuántica. Sin embargo, no sólo significó esto, sino que con el descubrimiento de tal efecto se han podido desarrollar múltiples aplicaciones como la de la célula fotoeléctrica, en la que no entraremos a lo largo de este artículo.**

La célula fotoeléctrica no es más que un componente electrónico basado en el efecto fotoeléctrico, compuesto por un ánodo y un cátodo recubierto de un material fotosensible, como el Cesio. Este recubrimiento ha de ser extremadamente sensible a la luz ultravioleta, cerca de los rangos infrarrojo y visible del espectro electromagnético. De este modo, cuando la

luz incide sobre el cátodo se produce una liberación de electrones que se dirigen hacia el ánodo creándose un flujo de corriente proporcional a la intensidad de la radiación.



Esquema del funcionamiento de una célula fotoeléctrica simple.

Existen diversos tipos de células fotoeléctricas:

- De gas: aquellas que usan un gas argón, u otro tipo de gas inerte a una presión muy baja para obtener una mayor sensibilidad.
- De vacío: se componen de un gas de llenado o válvula electrónica de vacío en el que están montados el ánodo y el cátodo.
- Multiplicador de electrones: este tipo de células contienen además de los dos electrodos, una serie de discos de metal denominados dynodes, los cuales están dispuestos estratégicamente en el interior del tubo de electrones para amplificar la emisión de la corriente eléctrica.

De igual forma, atendiendo al ámbito de uso de estos dispositivos, se distinguen tres tipos de dispositivos:

- ❖ De control: sirven para la detección de luz en aplicaciones como sistemas de alarma, apertura de puertas automáticas y controles de semáforo.
- ❖ De medición: se usan sobre todo en los pirómetros de temperatura de color.
- ❖ De reproducción audio-visual: incluyen básicamente sistemas de sonido.

A continuación comentaremos con más detalle algunas de estas aplicaciones:

- Accionamiento de un electroimán: la luz proveniente de una lámpara incide

sobre una célula y se produce una corriente. Esta corriente se usa para poner en marcha un electroimán, el cual atrae a un interruptor y mantiene abierto otro circuito eléctrico. Así, cuando una persona pasa entre la lámpara y la célula, se interrumpe el flujo de electrones, lo que hace que el interruptor no sea atraído por el electroimán y se cierra el circuito. Esto a su vez induce el funcionamiento de un motor capaz de abrir y cerrar una puerta automática, controlar una escalera eléctrica o un sistema de alarma.

- Reproducción de sonido: una lámpara ilumina a través de una lente la banda sonora de una película. El flujo que absorbe la banda sonora incide sobre una célula fotoeléctrica que convierte las variaciones de intensidad luminosa en intensidad de corriente que a su vez se amplifican y accionan altavoces.
- Célula solar: se trata de una célula fotovoltaica utilizada para producir energía eléctrica a partir de la radiación solar. Sin embargo, por poseer un voltaje tan pequeño 07-0.8 V, se han de asociar varias células solares hasta formar un panel que resulte eficiente.

Para concluir, cabe destacar que pese a la gran utilidad que presenta el dispositivo aquí descrito, las técnicas no han alcanzado la madurez necesaria, por lo que hoy en día muchas vías de investigación siguen trabajando para intentar reducir los costos de la electricidad, aumentar la resistencia de los materiales, etc. Por lo que esperamos que sólo sea cuestión de tiempo, poder sacarle el máximo partido a las células fotoeléctricas.

Referencias usadas para escribir este artículo:  
Microsoft Students, [www.lujar.info](http://www.lujar.info),  
[www.natureduca.com](http://www.natureduca.com)



Artículo realizado por Aurora Ruiz

## LOS METALES PESADOS

**Últimamente en todos los temas relacionados con la contaminación del medio ambiente, se emplea cada vez más el término metales pesados resultante, de la utilización y liberación de sustancias químicas. Este concepto se asocia de manera general a un conjunto de elementos, a los cuales se les atribuye diversos efectos de contaminación, toxicidad o ecotoxicidad.**

No existe una definición concreta para describir a los metales pesados, pero se refiere a ellos como un conjunto de elementos, incluyendo también algunos de sus compuestos, que suelen ser de carácter metálico, aunque también comprenden un cierto número de elementos semimetálicos e incluso no metálicos, y tienen un alto grado de contaminación, toxicidad o ecotoxicidad. Los criterios utilizados normalmente para definir a los metales pesados son la densidad, el peso atómico y la masa atómica. Estos elementos suelen tener una densidad comprendida entre 4 g/cm<sup>3</sup> y 6 g/cm<sup>3</sup> aproximadamente. Con respecto a las otras dos características suelen ser elementos con un elevado peso atómico y una alta masa atómica.

Los elementos más conocidos dentro de este grupo son el mercurio, el cadmio, el plomo, el cromo, el zinc, el selenio y el arsénico, siendo el arsénico un semimetal y el selenio un no metal. Estos elementos tienen una gran diversidad de efectos sobre

el ser humano, por ejemplo, el mercurio a una exposición a nivel local ocasiona irritaciones en la piel y en la mucosa, insensibiliza la piel y en dosis muy altas puede colapsar el aparato digestivo y llegar a producir la muerte. Otros ejemplos son el plomo y el mercurio. El plomo puede producir trastornos de conducta, dolores musculares y dolores óseos, provocar enfermedades como el cáncer, afectaciones en los nervios e incluso llegar a la muerte. El mercurio es un contaminante global que provoca gingivitis, alteraciones psicológicas y abortos naturales.

Pero aunque parezca que los metales pesados suponen un gran peligro contra la vida, esto no es así en todos los casos, ya que muchos de estos elementos son utilizados para beneficio humano e incluso algunos son micronutrientes esenciales para la vida de diversos seres vivos. Para ello las concentraciones deben ser las adecuadas.



## ANTIMATERIA: CUANDO EL ELECTRÓN ES POSITIVO

Artículo realizado por José Juan Aparicio Sánchez

**Si eres de los que piensa que todo lo que existe tiene su lado positivo y su lado negativo, que todo se ve como un yin-yang, no se te hará extraño creer en la antimateria, el antónimo de la materia: positrones, antiprotones, antineutrones... la química de las partículas tradicional, pero del revés.**

Aunque pueda parecer un término acuñado recientemente y de nuestro tiempo, el término “antimateria” fue ya usado a finales del siglo XIX por Arthur Schuster (conocido físico británico) en dos curiosas cartas<sup>12</sup> que envió a la famosa revista Nature. En ellas, Schuster lanzó hipótesis sobre los antiátomos, sistemas solares formados íntegramente por antimateria y discutió la posibilidad de la aniquilación entre materia y antimateria, algo que era poco más que una broma para los tiempos en los que formuló tales hipótesis.

Schuster fue el primer “loco” que se aventuró a hablar sobre este nuevo campo de las partículas, pero la teoría moderna sobre antimateria tuvo que esperar hasta 1928, con una carta escrita por Paul Dirac (uno de los padres de la mecánica cuántica). Así pues, Dirac dedujo, basándose en un análisis matemático de las propiedades inherentes a las partículas subatómicas así como en la ecuación de ondas de Schrödinger, que cada partícula debería tener su 'antipartícula'. Así pues, debería haber un 'antielectrón' idéntico al electrón, salvo por su carga, que sería positiva, y no negativa, y un 'antiprotón' con carga negativa en vez de positiva.

Pero, ¿qué es la antimateria en sí? ¿De qué está compuesta? A día de hoy, podemos establecer y resumir que la antimateria está compuesta por las tres partículas subatómicas opuestas a las que conocemos

en el estudio de partícula de materias tradicional:

**Positrones (antielectrones):** es la antipartícula correspondiente al electrón tradicional. Es tan estable como el electrón, de hecho, es idéntico al electrón en todos sus aspectos (masa, tamaño, etc), excepto en su carga eléctrica, y es que posee carga positiva. En noviembre de 2008 se anunció que se habían sintetizado positrones en cantidades nunca antes conseguidas en el Laboratorio Nacional Lawrence Livermore<sup>3</sup>.

**Antiprotones:** antipartícula correspondiente al protón tradicional. Al igual que ocurre con el positrón, es idéntico en todos sus aspectos al protón, pero difiere en que posee una carga eléctrica negativa. El antiprotón fue experimentalmente confirmado en 1955 por los físicos Segre y Chamberlain de la Universidad de California<sup>4</sup>.

**Antineutrón:** antipartícula correspondiente al neutrón. Similar al neutrón en todas sus características, se diferencia de éste en que está formando por antiquarks (los quarks son las partículas que forman los protones, electrones y neutrones) y que su momento magnético es negativo, al contrario que el del neutrón (que es positivo). Fue descubierto en 1956 en un experimento de colisión entre protones, un año después del descubrimiento de los antiprotones<sup>5</sup>.

Tal y como se puede observar, la principal diferencia que poseen las antipartículas es que su carga eléctrica y su momento magnético difiere por completo del de su partícula correspondiente. Otra característica común a estas antipartículas es su tiempo de vida media, que no va más allá de la millonésima de segundo debido a que el choque con su partícula correspondiente produce el proceso conocido como aniquilación, que da lugar a la desaparición de ambas y a la emisión de energía en forma de rayos gamma.

La teoría de la existencia de estas antipartículas es bastante sólida y está comprobada experimentalmente, ¿pero de dónde surgió esta antimateria? ¿Hay a día de hoy antimateria “libre” en el universo? Casi toda la materia observable desde la Tierra parece estar hecha de materia (valga la redundancia) en lugar de antimateria. Muchos científicos opinan que esta predominancia casi total de la materia sobre la antimateria es el resultado de un desequilibrio en la producción de materia y antimateria en los estadios tempranos del universo (proceso llamado bariogénesis): de esta manera, en el inicio del universo debería haber siempre una partícula más de materia por cada billón de pares materia-antimateria.

Sin embargo, no sería del todo complicado averiguar si en ciertas partes del universo hay antimateria o no. Como se ha comentado antes, el choque de una antipartícula con su partícula correspondiente da lugar a la emisión de rayos gamma, por lo tanto, aquellas zonas del universo con gran concentración de energía en forma de dicha radiación podría ser una fuente de antimateria. Pero tampoco hace falta irse “tan lejos” para encontrar antimateria: cuando los rayos cósmicos de alta energía impactan contra la atmósfera terrestre se producen pequeñas cantidades

de antimateria que rápidamente son aniquiladas al entrar en contacto con la materia.

A pesar de todo esto, la forma más “rápida” de producir antimateria es artificialmente, empleando para ello aceleradores de partículas y laboratorios dedicados exclusivamente a ello. Sin embargo, producir antimateria requiere un enorme esfuerzo económico, siendo el “material” más caro de conseguir: se estima que para producir 10 miligramos de positrones sería necesaria una inversión de unos 250 millones de dólares, ya que sólo unos cuantos positrones son producidos en cada reacción dentro del acelerador de partículas. Son muchos los inconvenientes a la hora de producir antimateria aparte de su elevado coste económico. La creación de una ínfima cantidad de ésta requeriría de una enorme cantidad de energía: sólo se podría recuperar una billonésima parte de la empleada para producirla. Otro de los principales problemas que presenta la antimateria es su almacenamiento, ya que ésta no se puede almacenar en recipientes “convencionales” formados por materia, sino que hay que emplear un campo electromagnético para tenerla confinada en pequeños volúmenes.

Si se solucionasen algunos de estos inconvenientes, la antimateria sería una de las principales bazas del futuro energético debido a su alta densidad en energía (el CERN<sup>6</sup> comentó que con la ínfima cantidad de antimateria que habían producido, podrían iluminar toda una ciudad durante unos minutos). Pero como siempre ocurre con estos temas, la ficción se ha adelantado a la realidad, y ya podemos encontrar la antimateria en libros, películas y videojuegos.

El caso más reseñable se encuentra en el conocido libro de Dan Brown “Ángeles y

demonios”, donde van un paso más allá y exponen el peligro que podría suponer el empleo de la antimateria para fines terroristas, la cual podría dar lugar a la aniquilación de ciudades completas. En películas tan taquilleras como “Avatar”, podemos ver que la antimateria se emplea como combustible para las naves, y en cómics e historietas como “El eternauta” se emplean pilas de antimateria para realizar viajes en el tiempo.

La ciencia avanza constantemente y a pasos gigantescos, lo que lleva a pensar que quizás, en un futuro no muy lejano, la

antimateria se convierta en una de nuestras principales fuentes de energía. Quizás dentro de 100 años en nuestra factura de la luz venga la cantidad de positrones, antiprotones y antineutrones que hemos consumido a lo largo del mes.

1 [www.nature.com/nature/journal/v58/n1503/pdf/058367a0.pdf](http://www.nature.com/nature/journal/v58/n1503/pdf/058367a0.pdf)

2 [www.nature.com/nature/journal/v58/n1513/pdf/058618a0.pdf](http://www.nature.com/nature/journal/v58/n1513/pdf/058618a0.pdf)

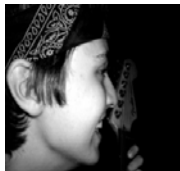
3 [www.llnl.gov/news/newsreleases/2008/NR-08-11-03.html](http://www.llnl.gov/news/newsreleases/2008/NR-08-11-03.html)

4 [www.lbl.gov/Science-](http://www.lbl.gov/Science-Articles/Archive/sabl/2005/October/01-antiproton.html)

Articles/Archive/sabl/2005/October/01-antiproton.html

5 [en.wikipedia.org/wiki/Antineutron](http://en.wikipedia.org/wiki/Antineutron)

6 CERN: European Organization for Nuclear Research



## TEORÍA M Y LOS UNIVERSOS MEMBRANA

Artículo realizado por Juan Titos Aranda

**La teoría M nace como compendio de teorías anteriores y su objetivo es unificar todas aquellas preexistentes, constituyéndose a modo de un rompecabezas y formando universos membranas que actualmente no tienen respuestas claras; por ello, aun no podemos hablar de la Teoría del Todo.**

Stephen Hawking, ilustre físico y divulgador de esta teoría defiende que no podemos enfocar la cosmología del pasado hacia el futuro (es decir la historia va avanzando hacia delante acorde con el tiempo) ya que no sabemos qué forma en particular tuvo el universo en sus primeros compases, por lo que es mejor trabajar del presente hacia el pasado, retrotrayendo desde el estado actual las historias que pueden contribuir a la obtención de una idea “clara” (es decir, interpretable). Esto quiere decir que las historias del universo dependen de lo que está siendo medido, al revés de la idea habitual de que el universo tiene una historia objetiva. Por tanto, podemos decir que el universo tiene varias historias, todas ellas probabilidades, y todas ellas diferentes entre sí, muchas en las que

el universo se colapsa, otras en las que el universo tiene una existencia muy breve, o quizás algunas en las que “la luna esté hecha de queso azul” (tal como dice Hawking). Esto, estudiado desde un punto positivista (tal y como lo trata Hawking), son teorías que se corresponderían con modelos matemáticos para describir las observaciones, y no tienen por qué identificarse con la realidad. Siguiendo estas interpretaciones positivistas, el crisol de historias obtenidas conduce a un estado con un espacio interno dado, definiendo un modelo matemático consistente. Hay un modelo matemático para cada espacio interno, y por lo tanto, un número muy elevado de universos posibles. Estos resultados son una decepción para los creyentes y partidarios de una Teoría M

unificadora, que no predice el número de dimensiones extensas del universo o el espacio interno que determina las magnitudes físicas que observamos, sino que usamos éstos para seleccionar las historias que contribuyan a un fin.

La Teoría M concibe al mundo en una probabilidad de 10 dimensiones espaciales y una temporal, es decir 11 dimensiones; aunque el valor de esta probabilidad puede parecer insignificante ya que no vivimos en 10 dimensiones y solo somos conscientes de las cuatro dimensiones restantes, grandes y planas. La idea era que 7 de las dimensiones espaciales se arrollarían sobre sí mismas a un tamaño tan reducido que nos sería imperceptible, por lo cual solo advertiríamos las 3 restantes. La forma del minúsculo espacio interno formado por las siete dimensiones arrolladas, determinaría valores de magnitudes físicas como la naturaleza de las interacciones entre partículas o la carga del electrón.

Todo esto implicaría un universo membrana, es decir, una membrana cuadrimensional en un espacio-tiempo de una dimensionalidad elevada donde la materia y las fuerzas no gravitatorias estarían confinadas. Así, todo lo que no fuera gravitación se comportaría como si estuviese en cuatro dimensiones lo que concuerda con el principio antrópico (el universo debe resultar adecuado para la existencia de vida inteligente). Lo aún no resuelto es el problema de la fuerza de la gravedad; que se presenta como una fuerza muy débil, que no es comparable a un nivel cuántico; su energía tiende a disiparse de las dimensiones adicionales a las ya conocidas; es decir la gravedad atravesaría todo el volumen del espacio-tiempo de dimensionalidad superior, lo que supondría un comportamiento diferente al resto de fuerzas y se diseminaría por las dimensiones adicionales disminuyendo con

la distancia a una velocidad mayor a la esperada. Aunque también podría ser que la gravedad fuera muy fuerte, pero que su diseminación en las dimensiones adicionales nos la hiciera parecer muy débil a distancias suficientemente grandes en la membrana en que vivimos.

Las membranas son infinitas y se dice que cada una corresponde a un universo, por tanto podemos deducir que puede haber universos paralelos. A juicio de muchos físicos, el universo es una membrana esférica, cuyos bordes forman ondulaciones en constante movimiento. Dichos universos tendrían un comportamiento parecido a las burbujas formadas por el agua cuando ésta entra en ebullición, que crecen o se encogen a medida que las nuevas moléculas de agua se van uniendo a las de vapor pudiendo llegar a un tamaño crítico que les impide perder tamaño. Los universos membrana también tienen tendencia a crecer una vez alcanzado un tamaño crítico, expandiéndose en todas dimensiones (efecto Doppler). Las membranas al estar en movimiento pueden chocar y como consecuencia se puede producir un big-bang, fenómeno que puede volver a ocurrir, si no suceden ya, en el resto de universos.

Los universos membrana y la teoría M son un tema candente de investigación, ya que en la teoría M todos los elementos quedan determinados por la solidez matemática y da lugar a una gama completamente especulativa de posibilidades y comportamientos; además, ofrece una posible unificación que reuniera tantos siglos y años de ciencia en una única Teoría total que nos permitiera explicar el universo y todo aquello que lo rodea. Aun así, ni todo está aceptado ni la mayoría de las hipótesis autenticadas, pero es la única candidata a ser la teoría de las teorías; es decir, la teoría Madre.





Artículo realizado por Beatriz Lara

## MIRANDO LOS ÁTOMOS CON LUPA

**¿Podemos imaginar con relativa facilidad ese universo microscópico en el que se origina nuestra vida? ¿Podemos concebir las sucesivas divisiones de la materia hasta llegar al átomo y sus subpartículas, además de todo el vacío que hay entre ellas? Gracias a la técnica de la microscopía electrónica ultrarrápida, que se ha comenzado a desarrollar en los últimos años, podemos comprender mejor este mundo cuántico.**

Ya en la Grecia clásica algunos filósofos presocráticos, como fueron Demócrito y su preceptor, Leucipo, enunciaron la teoría atomista y en la India, Kanada propuso que todo está compuesto por partículas<sup>1</sup>. Desde aquellos primeros intentos de aproximarse a una verdad, que aún hoy se nos escapa, se han sucedido un gran número de investigaciones y experimentos que han logrado ahondar algo más en ello. Una de las más recientes aportaciones a este campo de la ciencia es la microscopía electrónica ultrarrápida, la cual parece sacada de una película de ciencia ficción, ya que “filma” procesos que ocurren a nivel nanoscópico ( $10^{-9}$  m) en un intervalo de tiempo muy pequeño, en femtosegundos ( $10^{-15}$  s). Esta unidad es la mil billonésima parte de un segundo; es, respecto a un segundo, lo que un segundo a 32 millones de años. En un femtosegundo la luz recorre sólo 0,3 milésimas de milímetro<sup>2</sup>. Se llama “microscopía electrónica en cuatro dimensiones”, ya que utiliza el microscopio electrónico y consigue imágenes a través del espacio y del tiempo<sup>3</sup>.

Buscamos su origen en el Premio Nobel de Química, Ahmed Zewail, quien a mediados de la década de los ochenta del siglo pasado diseñó el láser de femtosegundo<sup>2</sup>. Dicho láser deja ver cómo los átomos de una molécula se mueven durante una reacción química, es decir, cómo aparecen y desaparecen las especies químicas durante los estados de transición<sup>4</sup>.

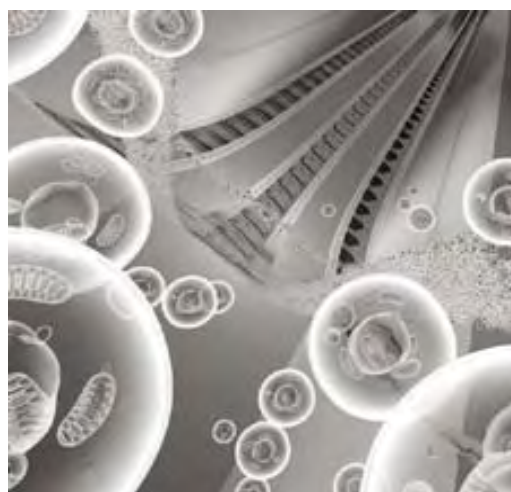


Figura 1: Imagen que representa un espacio nanoscópico en un femtosegundo  
(Vid <http://www.scientificamerican.com/article.cfm?id=filming-the-invisible-in-4d>)

La mencionada tecnología fusiona la metodología estroboscópica del láser de femtosegundo con la microscopía electrónica pulsada de transmisión<sup>5</sup>. Concede la oportunidad de analizar, debido a la fuerte interacción electrón-materia, reacciones de moléculas aisladas o sobre superficies y la dinámica estructural de transiciones de fase en capas sólidas delgadas. Además, es capaz de discernir la secuencia de enlaces químicos que se rompen a lo largo de una reacción química y que depende del acoplamiento entre la dinámica electrónica y la nuclear de cada átomo de las moléculas involucradas<sup>6</sup>.

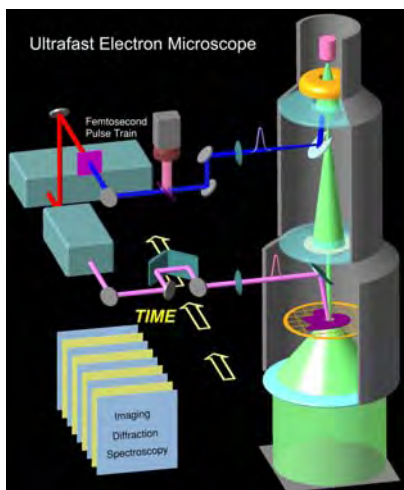


Figura 2: Microscopio electrónico 4D (Vid. <http://www.pnas.org/content/102/20/7069/F1.expansion.html>)

Para que puedan crearse las imágenes completas se necesita realizar el experimento de manera sistemática. A su vez, cada fotograma se forma a partir de miles de disparos individuales tomados en tiempos definidos de un modo muy preciso. Su originalidad radica en que se usa un único electrón en vez de utilizar muchos. Cada pulso sonda tiene un electrón (se puede controlar su trayectoria y lograr que

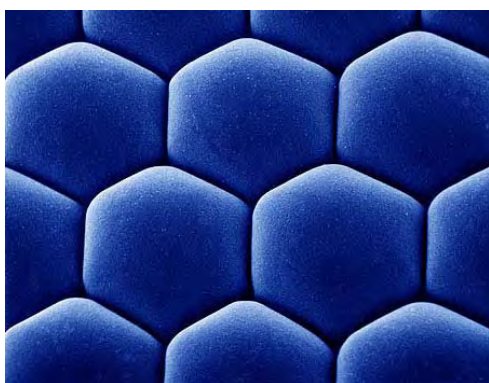


Figura 3: Fotograma de elementos anoscópicos con microscopía 4D (Vid. <http://www.investigacionyciencia.es/Articulos00.asp>)

llegue a la muestra en un punto concreto) y proporciona un “punto de luz” en la imagen final<sup>3</sup>. Y cuando pasan millones de electrones es cuando podemos reconstruir la película a cámara “ultralenta” de lo que ocurre a escala atómica<sup>2</sup>.

Sus aplicaciones se extienden a muchas disciplinas dispares tales como: la biología, con cuestiones aún sin resolver como cómo es el plegamiento tridimensional de las proteínas; la física, que desconoce cómo se produce el fenómeno de la superconductividad de altas temperaturas; la ciencia de materiales, con el diseño de nanomáquinas o células fotovoltaicas más baratas y eficaces; en la medicina, con la fabricación de fármacos; en mineralogía; etc<sup>3</sup>.

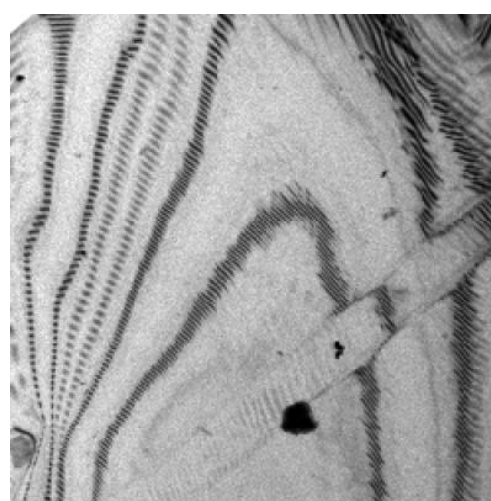


Figura 4: Fotograma de “nanodrumming” de grafito mediante microscopía electrónica 4D (Vid. [http://www.nanotech-now.com/news.cgi?story\\_id=31437](http://www.nanotech-now.com/news.cgi?story_id=31437)). Para ver filmes en 4D: <http://www.scientificamerican.com/blog/post.cfm?id=nanomovies-ultrafast-electron-micro-2010-08-11>.

Uno de los estudios realizados por el profesor de física del Instituto de Tecnología de California, Zewail, dentro de la dinámica de materiales, es sobre el grafito. En él se examinaba la reacción de los nanocristales cuando un pulso láser incidía sobre ellos generando oscilaciones en las capas de grafito (“nanodrumming”), con lo que se han elaborado conclusiones nuevas y prácticas<sup>3</sup>.

En España, el grupo de Abderrazzak Douhal indaga en las moléculas individuales, con trabajos que ayudan a entender cómo cambia la conformación de

una molécula individual y, por tanto, su estructura cuando se hallan internadas en nanocavidades o nanoporos moleculares (como “jaulas”). Sirve, por ejemplo, para trasladar fármacos a los órganos necesarios dentro del organismo o en fotovoltaica<sup>2</sup>.

La microscopía electrónica en 4D abre un marco de exploraciones que contribuirán a averiguar incógnitas de la vida nanoscópica e incrementar nuestro conocimiento sobre lo que nos rodea o nos constituye.



## SORPRENDENTE RELACIÓN

Artículo realizado por Macarena Fernández Chacón

**Científicos estadounidenses han descubierto que existe un paralelismo entre las ecuaciones matemáticas que describen el movimiento de los cuerpos celestes y las ecuaciones que describen los niveles energéticos de los electrones.**

Los sistemas dinámicos estudian los movimientos entre varios cuerpos celestes a partir de las fuerzas gravitacionales, que a veces crean una especie de autopista tubular denominada túneles gravitacionales. Si una sonda entra en uno de dichos túneles, puede aprovechar ese impulso para recorrer unas distancias muy grandes sin consumir demasiada energía. La misión Génesis hizo dicha hazaña, regresando en 2004 material recogido de un cometa. Los ingenieros pudieron establecer así con exactitud el momento y el lugar más adecuado con el fin de que la sonda penetrara en uno de estos túneles y lo aprovechara como fuente de energía.

Las ecuaciones que se emplearon para determinar la trayectoria de la sonda Génesis se corresponden también con una

<sup>1</sup> Vid. “[Atomismo](#)”, *Diccionario Enciclopédico Hispano-Americano*

<sup>2</sup> Vid. Mónica G. Salomone: “[El tiempo de una mil billonésima de segundo](#)”, *EL PAÍS*, 28 de julio de 2009

<sup>3</sup> Vid. Zewail, Ahmed H.: “Microscopía electrónica ultrarrápida”, *Investigación y Ciencia*, nº 409, Octubre 2010

<sup>4</sup> Vid. “[Átomos visibles](#)”, *EL MERCURIO*, 14 de octubre de 1999

<sup>5</sup> Vid. Santamaría Antonio, Jesús: “Explorando los límites materiales: más rápido, más pequeño, más complejo”, *Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 2008

<sup>6</sup> Vid. Santamaría Antonio, Jesús: “Cronoscopia de imágenes del mundo microscópico: hacer cine con moléculas”, *Real Academia de Ciencias* y “[Publicado en Science: Zewail y el seguimiento paso a paso de la ruptura de enlaces en una reacción química](#)”, *Francis (th)E mule Science's News*, 9 de Abril de 2010

buena descripción de los fenómenos que se producen a escala atómica, por ejemplo, en los estados de transición, barreras de energía que condicionan la velocidad de los cambios provocados por las reacciones químicas.



Imagen 1: Representación del Sistema Solar sacada de la biblioteca pléyades.

La teoría de los estados de transición ha servido para estudiar la ionización atómica o las agrupaciones atómicas en la formación molecular. Esta sorprendente relación entre

el movimiento de los cuerpos celestes y los niveles energéticos de los electrones ha sido descubierta por científicos estadounidenses, que afirman que las teorías matemáticas que describen las barreras de energía de los estados de transición son las mismas que las que describen las autopistas gravitacionales del universo.<sup>1</sup>

Así mismo este paralelismo no solo se queda entre los movimientos de los cuerpos celestes y las que describen los electrones, sino también en su estructura. Los electrones, los protones y los neutrones son las tres partículas fundamentales que componen el átomo, el cual asemeja a un sistema solar en miniatura donde los electrones (pequeños planetas) giran a grandes velocidades alrededor de un núcleo



Artículo realizado por Juan Guillermo Silva Espinosa

## LA CATÁSTROFE DEL ULTRAVIOLETA

**Uno de los problemas científicos más significativos del siglo XX fue la llamada “catástrofe del ultravioleta”. Esta “catástrofe” no tiene nada que ver con la muchas veces comentada destrucción de la capa de ozono, que provoca la llegada de radiación ultravioleta, si no a un dilema que intrigó a los científicos de finales de siglo XIX y que sentó las bases de la teoría cuántica.**

Todo comenzó con la observación del comportamiento de los cuerpos a altas temperaturas. Todo material, a medida que aumenta la temperatura, irradia luz a una longitud de onda que depende de la temperatura. Una determinada emisión electromagnética viene caracterizada, entre otros parámetros, por su longitud de onda. Así, la luz visible es una combinación de radiaciones de diferentes longitudes de onda, esto es, distintos colores. Por ejemplo el color verde corresponde al intervalo comprendido entre 500 y 580 nm.

El fenómeno en el cual fue descrita la

(Sol) compuesto por multitud de partículas neutras y partículas positivas; neutrones y protones (Figura 2). ¿Casualidad o causalidad?

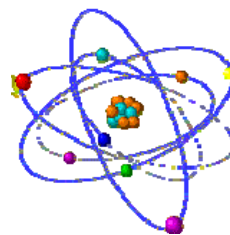


Imagen 2: Representación de un átomo, sacada de <http://roble.pntic.mec.es>

1.- Información perteneciente a la revista *Tendencias Científicas*, cuyo artículo es autora Yaiza Martínez el 22/10/05.

2.- Información perteneciente a la revista científica *Conciencia Tecnológica*, cuyo artículo es autor Jorge Medina Valpuesta, publicado en el año 2001, siendo el número 18 de dicha revista.

“catástrofe del ultravioleta” es conocido como incandescencia. Podemos apreciarlo al encender una bombilla antigua: su filamento se torna rojo, luego cambia a naranja y finalmente emite luz blanca.

Los científicos querían un modelo único que explicase este fenómeno y optaron por el llamado “cuerpo negro”. Un “cuerpo negro” es aquel que absorbe en todas las longitudes de onda. Por ejemplo una hoja de lechuga no absorbe la longitud de onda correspondiente al verde, debido a la clorofila que contiene. Por ese motivo refleja esta radiación y nos parece verde. Un cuerpo negro se vería negro porque

absorbe todas las longitudes de onda. Esta simplificación permite analizar mejor su emisión en función de la temperatura, que era lo que trataban de explicar los científicos del periodo anterior a la llegada de la Teoría Cuántica.

Los datos experimentales referidos al cuerpo negro contenían dos leyes relevantes. La ley de Stefan-Boltzman, que nos dice que la intensidad de una radiación se incrementa de manera proporcional a la cuarta potencia de la temperatura. Y la ley de Wien, según la cual la longitud de onda correspondiente a la máxima intensidad es inversamente proporcional a la temperatura. En este punto los científicos sólo esperaban que alguien relacionase de manera definitiva los tres factores: longitud de onda, energía y temperatura. Y todos estaban de acuerdo en seguir los principios de la física clásica para el comportamiento de la emisión de los cuerpos. Este fue el pensamiento seguido por Rayleigh que es el pionero en el estudio de la radiación del “cuerpo negro”. Él dedujo una expresión que predecía un incremento de la intensidad de la emisión a medida que se incrementa la frecuencia (bajas longitudes de onda). Sin embargo, las medidas experimentales evidencian un descenso de la emisión a longitudes de onda corta (ver figura). Esta es la llamada “catástrofe del ultravioleta”.

Como se observa, conforme a la teoría clásica, cualquier objeto negro sin importar la temperatura sería capaz de emitir radiación ultravioleta, ya que un oscilador (los átomos del cuerpo) puede oscilar con cualquier energía incluso a bajas temperaturas. Por tanto, no existiría la oscuridad y cualquier objeto caliente a temperatura ambiente emitiría radiaciones cancerígenas. La incapacidad de la teoría clásica para explicar este efecto resultó frustrante para la comunidad científica, que

pensaba que había alcanzado las máximas cuotas de conocimiento con las leyes de Newton y Maxwell.

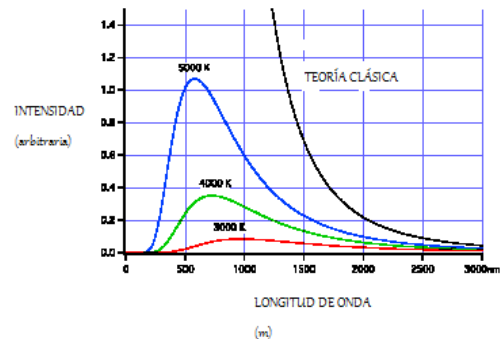


Figura: variación de la longitud de onda, frente a la intensidad. En colores se representa el comportamiento real de las radiaciones, mientras que en negro lo predicho por la teoría clásica. De Wikipedia, la enciclopedia libre.

Era necesaria una revolución de pensamiento, y fue un científico alemán, Max Planck, compañero de Einstein, quien propuso que la energía se emite en forma de paquetes o cuantos, y la relacionó con la frecuencia de onda del oscilador, mediante su famosa ecuación

$$E = h \cdot \nu$$

Donde  $h$  corresponde a la constante de Planck, y es equivalente a  $6.63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ . Este es un valor casi despreciable y por eso mismo en todos los experimentos era desestimada. Sin embargo, Planck tuvo la intuición de predecir esta relación, lo que le acreditó el premio Nobel en 1918.

La ecuación nos indica que para que un oscilador de altas frecuencias pueda emitir radiación es necesario que alcance un nivel energético mayor que si lo fuera de bajas frecuencias, como la luz visible. Dado que el requerimiento energético no está disponible a bajas temperaturas entonces los cuerpos no emiten radiación ultravioleta y la “catástrofe del ultravioleta” fue explicada.



## TEORÍA DE LA RELATIVIDAD – DILATACIÓN DEL TIEMPO

Artículo realizado por Pablo Rodríguez Gómez

**El tiempo siempre ha sido un concepto difícil de definir. En la física de Galileo y Newton, se asume un tiempo absoluto, que fluye sin relación con ningún factor externo, en todos los sistemas de referencias. Pero Albert Einstein echó por tierra esta definición con su teoría de la relatividad.**

La teoría de la relatividad incluye dos teorías (la de la relatividad especial y la de la relatividad general). La primera trata de la física del movimiento de cuerpos cuando no hay fuerzas gravitatorias. La segunda teoría habla de una gravedad que reemplaza a la de Newton pero coincide con ella en campos gravitatorios débiles. En definitiva, la esencia de la teoría de la relatividad postula que la percepción del espacio y el tiempo depende del estado del observador o es relativa a él. Si dos observadores se mueven relativamente uno al lado del otro a distinta velocidad (aunque si la diferencia entre ellas es mucho menor que la velocidad de la luz, es despreciable), se obtienen diferentes medidas de tiempo y espacio a la hora de describir los mismos eventos. Sin embargo, las leyes físicas que los rigen serán las mismas. Por lo tanto, las ecuaciones que los relacionan tendrán la misma forma.

Gracias a la teoría de la relatividad, se puede observar un fenómeno conocido como “dilatación del tiempo”, que escapa a la lógica humana. El experimento para comprobar este hecho es el siguiente:

Dos observadores se encuentran en el vacío del espacio, y se mueven uno respecto al otro a velocidad constante. Uno tiene un reloj que está formado por dos espejos paralelos separados a una distancia determinada, y un rayo de luz que rebota de espejo en espejo indefinidamente. Cada vez que el rayo rebota, es un “tic” del reloj.

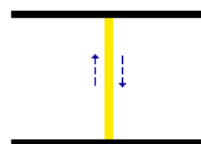


Figura 1: Sistema de referencia del observador que posee el reloj. La luz viaja a 300.000 km/s, y como la distancia entre los espejos permanece constante, todos los “tics” tardan el mismo tiempo.

Supongamos que el segundo observador ve al primero cuando pasa justo delante de él, de izquierda a derecha. De ese modo, la trayectoria que sigue el rayo de luz desde el punto de vista del segundo observador es distinta.



Figura 2: Sistema de referencia del segundo observador.

Por lo tanto, este segundo observador ve que el rayo de luz recorre una distancia más grande que la que separa los espejos. Hay dos posibilidades: o bien el rayo viaja más rápido, o bien tarda más tiempo. El rayo no puede ir más rápido, ya que uno de los postulados de la teoría de la relatividad es que la luz viaja siempre a la misma velocidad (300.000 km/s); así que el rayo tarda más de ir de espejo a espejo. Por lo tanto, en el sistema de referencia de este segundo observador, el reloj del primero no hace “tic” cada segundo si no que va más lento. El tiempo se “dilata”. Y lo mismo

ocurre con todas las interacciones que se producen no sólo el reloj. Todo va más lento, incluido el primer observador, y por ejemplo, los latidos de su corazón.

En definitiva, para el segundo observador el tiempo pasa más rápido (por ejemplo, cuando el primero ha viajado durante 5 minutos han transcurrido 6 minutos para el segundo). Cuanto más rápido viaje el primer observador, más tiempo tardará el rayo de luz en colisionar contra los espejos:



## DE LA ALQUIMIA A LA QUÍMICA MODERNA

Artículo realizado por Patricia Serrano

**Evolución de la alquimia antigua a la química que conocemos. Los símbolos alquímicos usados para hacer referencia a elementos, reacciones, procesos y compuestos químicos. La clasificación de las sustancias y tipos de procesos según la alquimia. La piedra filosofal actual.**

La alquimia fue una práctica pseudocientífica, vinculada fuertemente a ciertas corrientes filosóficas, que combinaba elementos de muchos campos del saber. Fue desarrollada en las regiones de Persia, Mesopotamia, la India, China, Egipto, Grecia, el Imperio Romano, el Imperio islámico y más tarde en Europa, hasta el siglo XIX. A partir del comienzo de la Época Moderna, la alquimia occidental evolucionó para dar lugar a la química actual. Hoy en día, bastantes sustancias, herramientas y procesos alquímicos han sido útiles en la industria metalúrgica, química y farmacéutica.

En contra de la creencia más extendida, los alquimistas no sólo intentaban convertir los metales “viles” como el mercurio o el plomo, en oro, ni únicamente buscaban la piedra filosofal, sino que estudiaron los distintos elementos, procesos químicos y cambios de la materia. Además, crearon

así, el tiempo pasará mucho más rápido para el segundo observador. Esto podría servir como un buen método antienvejecimiento: alguien que ha pasado tiempo viajando por el espacio a la velocidad de la luz, al volver a la Tierra se daría cuenta de que todos sus conocidos han envejecido más que él. Lo que para él puede ser una hora, para los demás es un siglo. De hecho, se adentraría 100 años en el futuro.

símbolos para hacer referencia a las diferentes sustancias y reacciones químicas en sus libros y manuscritos. Estos símbolos alquímicos y la clasificación de los elementos son la versión antigua de los símbolos químicos actuales y de la tabla periódica.

Cada alquimista empleaba sus propios símbolos o utilizaba combinaciones de otros anteriores. Los símbolos y clasificaciones descritas a continuación son las usadas por Paracelso (1493-1541), un célebre médico conocido por ser el primero en ver la necesidad de combinar los conocimientos químicos y médicos para elaborar medicamentos y tratar enfermedades. Para él, las tres bases y lo que representaban eran: azufre (principio vital, anónimo e inconsciente) cuyo símbolo era  $\blacktriangle$ ; mercurio  $\text{☿}$  (alma y conciencia) y sal (cuerpo, lo sólido, la materia). Los cuatro elementos eran: fuego





oro (con 79 protones) y transmutar más elementos en otros diferentes, empleando para ello reacciones nucleares. De esta manera se logró lo que tanto habían deseado e intentado muchos alquimistas a



Artículo realizado por Andrés Sanz Morejón

## MARIE CURIE Y LA RADIOACTIVIDAD

**Al hablar de Marie Curie no solo se hace acerca de una de las mentes más extraordinarias y audaces de la historia, sino también de una mujer luchadora y perseverante que demostró, junto a otras, que las mujeres pueden llegar a niveles intelectuales que estaban reservados antiguamente al género masculino.**

Marie Curie, Marja Skłodowska, (conocida también como Marie Skłodowska-Curie) nació el 7 de Noviembre de 1867 en Varsovia y murió el 4 de Julio de 1934 cerca de Salanches, Francia. Por aquellos años, Polonia estaba invadida por Rusia. Marie fue la más pequeña de su familia, tuvo 4 hermanos y hermanas. Su padre, Władysław Skłodowski, se dedicaba a la enseñanza en un liceo, impartiendo matemáticas y física. Su madre, Bronisława Boguska, fue una gran pianista, cantante y maestra.



La vida de Marie no fue fácil ya que la situación económica y social de la Polonia de su época no era buena. Vivió en Varsovia hasta los 24 años, edad a la que marchó a París para ampliar y continuar sus estudios en la Universidad de la Sorbona, inscribiéndose en una doble licenciatura de

lo largo de la historia, eso sí, sin necesidad de la piedra filosofal, sino del progreso de las ciencias.

matemáticas y física. Entre 1893 y 1894 se licencia en ambas siendo la segunda y la primera de su promoción respectivamente. En 1894, Marie Skłodowska conoce a una persona que resultará determinante para el desarrollo de su vida y de la ciencia, Pierre Curie, el cual era profesor de física y que contraerá matrimonio con Marie en 1895. Tras conseguir la doble licenciatura, Marie asume el desafío de conseguir un doctorado, algo que solo había conseguido una mujer previamente: Elsa Neumann.

Tanto Marie como Pierre acordaron que el tema del doctorado debía ser la investigación de las misteriosas radiaciones desconocidas producidas por las sales de uranio, fenómeno descubierto por el físico Henri Becquerel. Este físico había conseguido detectar un nuevo tipo de radiación emitida por las sales de uranio. Observó que al colocar una placa fotográfica no expuesta a la luz y envuelta en papel negro junto con un compuesto del elemento pesado uranio, la película fotográfica quedaba impresionada como por la luz visible o ultravioleta (o por los rayos X recientemente descubiertos por Röntgen). Dedujo que el uranio debía producir algún tipo de radiación desconocida la cual

atravesaba el papel hasta alcanzar y afectar a la emulsión fotográfica. Este fenómeno fue llamado radioactividad. La existencia de tal fenómeno era incierta, un misterio sin resolver. Es por ello, que Marie decide trabajar en este nuevo campo de la física, apoyada por su marido Pierre Curie.



Uno de los primeros descubrimientos de Marie respecto a la radioactividad (término que fue utilizado inicialmente por ella) fue que los residuos de pechblenda (un mineral de uranio) emiten más radioactividad que el propio uranio. De este hecho, Marie y Pierre dedujeron que la pechblenda contenía algún otro material radioactivo desconocido hasta la época.

Tras arduos trabajos, descubrieron que el Torio emitía el mismo tipo de radiación que el Uranio. También observaron que la fuerza de esta radiación desconocida no dependía del tipo de compuesto utilizado, sino de la cantidad de compuesto. Esto fue desconcertante. Dedujeron que esta radiación era un fenómeno ligado al interior del átomo, lo que fue toda una revolución para la física de la época. Tras la exposición del tema del doctorado, “Investigaciones sobre las sustancias radioactivas” ante el tribunal, recibió mención cum laude.

Otra de las muchas contribuciones de los Curie a la Ciencia fue el descubrimiento del Polonio (Junio 1898) y del Radio (Diciembre 1898). La intención de Marie al elegir el nombre “Polonio” fue la de centrar

la atención internacional en la situación de opresión que se vivía en su país natal. Tras todos estos estudios, los Curie reciben el Premio Nobel. En el año 1906 es elegida por la Universidad de París para impartir clases. Era la primera vez que una mujer ejercía de profesora en dicha universidad. En ese mismo año, fallece Pierre, quedando Marie muy afectada por la pérdida.

La expectación de la sociedad y del mundo científico ante la elección de Marie como profesora en la universidad, provocó que la sala estuviera a rebosar, quedándose muchos fuera del aula magna por falta de espacio. La clase impartida por nuestra protagonista fue magnífica y en ella trató el tema de la radioactividad.

La Sorbona y el Instituto Pasteur fundaron una institución llamada “Instituto Curie de Radio”. Este instituto se encargaba de la investigación de la radioactividad, de diversas investigaciones biológicas y del estudio del cáncer. Marie donó el gramo de radio que había conseguido obtener junto con su marido Pierre a esta institución, en la cual pasaba la mayor parte del tiempo.

Durante la primera Guerra Mundial, Marie se desplazó por los campos de guerra con el llamado “Petit Curie”, un coche que contaba con un dispositivo con el que hacer radiografías a los heridos de guerra. Su hija Irene (la cual recibió el Nobel en 1935 por el descubrimiento de la radioactividad artificial) la ayudó cuando cumplió los 18 años.

Marie donó dos gramos de radio a la investigación científica. En 1921, Marie visitó los Estados Unidos con la intención de recaudar fondos para su investigación. El recibimiento fue triunfal. Las mujeres de este país, reunieron el dinero suficiente para darle a Marie otro gramo de radio.

El final de la vida de Marie fue agónico, debido a las numerosas enfermedades que sufrió como consecuencia del contacto directo con sustancias radioactivas. Perdió la vista y el 4 de Julio de 1934 murió cerca de Salanches, Francia, como consecuencia de una anemia aplásica. En 1995, el Gobierno francés decidió trasladar sus restos al Panteón de París, siendo así la primera mujer en ser enterrada en este simbólico lugar, reservado hasta entonces a los hombres.



Artículo realizado por Iván Reyes Torres

## ACELERADORES DE PARTÍCULAS: ¿LOGRO O AMENAZA?

**Durante los últimos años la frase “aceleradores de partículas” ha estado en boca de mucha gente, a veces con admiración, otras con prudencia e incluso con histeria pero... ¿realmente se sabe de que se habla? ¿En qué consisten? ¿Para qué sirven? ¿Qué nos aportan y qué nos aportaran en un futuro? ¿Existen riesgos reales? En el siguiente artículo se trata este amplio tema (aunque de forma resumida), intentando dar una visión objetiva sobre todo lo relacionado con ellos.**

En ciencia, los aceleradores de partículas (de alta energía) son, básicamente, instrumentos de experimentación que utilizan campos electromagnéticos para acelerar partículas atómicas y subatómicas cargadas eléctricamente hasta alcanzar grandes energías (aunque a escalas subatómicas) y velocidades (cercanas a las de la luz), confinándolos en rayos bien definidos para luego colisionarlas entre sí con el objeto de estudiar su comportamiento o de demostrar o refutar alguna teoría o hipótesis físicas. El noble objetivo final es descubrir los secretos de la materia y de la formación de nuestro universo.

Para las investigaciones más básicas de la dinámica y estructura de la materia, el espacio y el tiempo, los físicos buscan el más simple tipo de interacciones en la energía más alta posible. Partículas

Marie Curie no solo fue importante para la ciencia, sino también fue un símbolo para toda la sociedad, y en especial para las mujeres, un ejemplo de generosidad, lucha, trabajo y sacrificio a través del cual ha escrito su nombre con tinta de oro en los libros de historia por haber cambiado el mundo y la ciencia.

La información ha sido obtenida de Wikipedia  
Las fotografías han sido sacadas de Google imágenes.

elementales como electrones, protones y neutrones se aceleran a velocidades de hasta el 99% de la velocidad de la luz y colisionan a las más altas energías que el hombre conoce. En estos choques se generan nuevas partículas subatómicas cuyo tiempo de vida es ínfimo, pero suficiente para poder estudiarlas. De esta forma, se implican energías de muchos gigaelectrovoltios (GeV) e interacciones entre los más simples tipos de partículas: leptones (electrones y positrones), quarks, fotones, gluones... etc.

Los experimentos entre estas partículas subatómicas más simples disponibles implican las interacciones entre, en primer lugar, leptones entre sí, y segundo, de leptones con los nucleones (que están compuestos de quarks y gluones). Para estudiar las colisiones de los quarks entre sí, los científicos recurren a las colisiones

de nucleones, que en la alta energía, es útil considerar como interacciones entre los quarks y los gluones que los componen. Además, los físicos nucleares y los cosmólogos pueden utilizar haces de núcleos atómicos desnudos, despojados de electrones (es decir, iones), para investigar la estructura, las interacciones y propiedades de los propios núcleos, y de la materia condensada a muy altas temperaturas y densidades, como podría haber ocurrido en los primeros momentos del Big Bang. Estas investigaciones implican a menudo realizar colisiones de núcleos pesados (de los átomos como el hierro o el oro).



Figura 1: Vista interna de uno de los componentes de un acelerador de partículas de alta energía.

En los aceleradores de campo oscilante, a fin de acelerar partículas a energías más elevadas (que la que alcanzan los aceleradores electrostáticos, más simples), las técnicas implican más de una fuente de alta tensión, pero no estática, sino oscilante. Los electrodos pueden ser dispuestos para acelerar las partículas en una línea (aceleradores lineales) o un círculo, en función de si las partículas están sujetas a un campo magnético, mientras que se aceleran, cambiando así su trayectoria a una circular (aceleradores circulares).

En el acelerador circular, las partículas se mueven en un círculo hasta alcanzar la suficiente energía. La trayectoria de las partículas se hace circular mediante electroimanes. La ventaja de los

aceleradores circulares sobre los lineales (linacs) es que la topología en anillo permite la aceleración continuada de la partícula de tránsito. Por tanto, otra ventaja es que un acelerador circular es más pequeño que un acelerador lineal de potencia comparable (es decir, un acelerador lineal tendría que ser muy largo para tener la energía equivalente de un acelerador circular). El acelerador de partículas (circular) más grande y potente que existe es el Gran Colisionador de Hadrones, (en inglés Large Hadron Collider, LHC), ubicado en la Organización Europea para la Investigación Nuclear (CERN), cerca de Ginebra, en la frontera franco-suiza. Fue diseñado para colisionar haces de hadrones [1] de hasta 7 TeV de energía, siendo su propósito principal examinar la validez y límites del Modelo Estándar [2], el cual es actualmente el marco teórico de la física de partículas, del que se conoce su ruptura a niveles de energía altos.



Figura 2: Imagen que muestra la localización y extensión del LHC y del CERN.

Por otra parte, uno de los asuntos que más preocupa a la opinión pública es la posibilidad de que se generen agujeros negros en estos aceleradores, como consecuencia de las colisiones o de algún fallo en los sistemas. En el futuro, esta posibilidad puede surgir si ciertas predicciones de la Teoría de Supercuerdas son exactas [3]. Esta y otras posibilidades exóticas han dado lugar a problemas de seguridad pública que han sido

ampliamente denunciados en relación con el LHC, que comenzó a funcionar en 2008. Los diversos escenarios de posible riesgo han sido evaluados como "ningún riesgo concebible" en la última evaluación de riesgos elaborado por el LHC Safety Assessment Group. [4] Si se produce algún agujero, en teoría este sería tan pequeño (un micro-agujero negro) que, según las previsiones, debería evaporarse rápidamente aplicando radiación de Bekenstein-Hawking; pero esto está todavía sin confirmar experimentalmente.



Figura 3: Ilustración realizada por ordenador de un hipotético micro-agujero negro formado en el interior de un acelerador de partículas.

Si los colisionadores pueden producir agujeros negros, los rayos cósmicos (y en particular los rayos de ultra-alta energía cósmica, UHECRs) deben haber estado produciéndolos durante millones de años, pero aún no nos han hecho daño. [5] Se ha argumentado que, para conservar la energía y el momento, cualquier agujero negro creado en una colisión entre materia local y UHECR necesariamente se produciría en movimiento a una velocidad tal con respecto a la Tierra que debe escapar al espacio, ya que su acumulación y tasa de crecimiento debe ser muy lenta; mientras que en los agujeros negros producidos en colisionadores (con componentes de igual masa) habría alguna posibilidad de tener una velocidad menor que la velocidad de escape terrestre, y sería posible su posterior crecimiento.



Figura 4: Ilustración realizada por ordenador de un hipotético agujero negro de grandes dimensiones formado en la Tierra y sus consecuencias.

Sin embargo, ni siquiera en escenarios como las colisiones de UHECRs con las enanas blancas y estrellas de neutrones, la formación de un micro-agujero negro podría conducir a su rápida destrucción (la de la estrella y su entorno), dado que estos son (según se observa) comunes entre los objetos astronómicos. Así, si se formase algún micro-agujero negro estable, este debería crecer con demasiada lentitud para causar efectos macroscópicos notables en el curso de la vida natural del sistema solar.[6] Como conclusión, se debe ser muy precavido a la hora de operar con los aceleradores de partículas, pero, no hay motivo para alarmarse si se toman medidas necesarias y por tanto, hay que estar abierto a este nuevo mecanismo de investigación del universo.

1 <http://es.wikipedia.org/wiki/Hadr%C3%B3n>

2 [http://es.wikipedia.org/wiki/Modelo\\_est%C3%A1ndar\\_de\\_f%C3%ADsica\\_de\\_part%C3%ADculas](http://es.wikipedia.org/wiki/Modelo_est%C3%A1ndar_de_f%C3%ADsica_de_part%C3%ADculas)

3 An Interview with Dr. Steve Giddings <http://www.esi-topics.com/blackholes/interviews/SteveGiddings.html>

4 "Review of the Safety of LHC Collisions: LHC Safety Assessment Group" (PDF). <http://lsag.web.cern.ch/lsag/LSAG-Report.pdf>. "R. 5" Jaffe et al., Rev. Mod. Phys. 72, 1125–1140 (2000).". <http://arxiv.org/abs/hep-ph/9910333>.

6 Ellis J, Giudice G, Mangano ML, Tkachev I, Wiedemann U (LHC Safety Assessment Group) (5 September 2008). "Review of the Safety of LHC Collisions". "Journal of Physics G: Nuclear and Particle Physics. 35, 115004 (18pp). doi:10.1088/0954-3899/35/11/115004. CERN record. arXiv:0806.3414



## WATSON Y CRICK

Artículo realizado por Ana Malvis

**Mundialmente conocidos son los científicos Francis Crick y James Watson por su importante y destacada labor en el ámbito científico, puesto que fueron los descubridores de la estructura de doble hélice del ADN, lo que les permitió ganar el Premio Nobel de 1962.**

En 1951 el destino quiso que se encontraran en el laboratorio de Canvedish de la Universidad de Cambridge el biólogo estadounidense James Dewey y el biofísico británico Francis Crick, donde estuvieron trabajando hasta 1953. Basándose en los trabajos realizados en el laboratorio por el propio Crick el biofísico británico Maurice Wilkins, James Watson y Francis Crick desentrañaron la estructura de doble hélice de la molécula del ácido desoxirribonucleico (ADN). Estas investigaciones fueron cruciales ya que proporcionaron los medios para comprender cómo se copia y se transmite, de una generación a otra, la información hereditaria del ser humano.



Watson y Crick realizando sus experimentos con la estructura del ADN.

Sin embargo, no todo en esta historia repleta de éxito y descubrimientos fue tan sencilla como la mayoría de las veces nos

es contado. Antes de postular su teoría acerca de la estructura del ADN, estos dos científicos tuvieron varios intentos fallidos en su desesperada búsqueda, que no parecieron satisfacer a todos los científicos que en aquella época trataban de realizar el mismo descubrimiento, y entre los cuales podemos nombrar a Rosalind Franklin, Maurice Wilkins o Linus Pauling.

Es por ellos que a pesar del reconocimiento recibido, Watson y Crick han tenido que soportar múltiples críticas. Muchos especialistas de la materia consideraron que a pesar de las grandes aportaciones que hicieron ambos científicos, ese Premio Nobel que les fue concedido en 1962 no les pertenece del todo a ellos, puesto que su trabajo se basó en la recapitulación de resultados y descubrimientos que otros grandes científicos pudieron lograr con un menor número de datos y medios.

Cruciales y sin las cuales no se podría haber descubierto la organización de esta importante molécula, fueron las fotografías de Rayos X obtenidas por Rosalind Franklin y que se dice que fueron vistas por Watson y Crick antes de su publicación, cuando no tenían derecho a ello y en contra de la voluntad de la autora. He aquí la mayor controversia que se ha generado, puesto que fue la propia Franklin, quien además de aportar las fotografías, descubrió que las bases nitrogenadas que formaban parte de la composición del ácido nucleico debían estar en una estructura helicoidal e

incluso había calculado varios parámetros de la hélice, como la distancia o el período de repetición. Sin embargo, esta gran científica del King's College de Londres no obtuvo ningún tipo de reconocimiento a pesar de su decisiva intervención, lo cual no agrada a parte del mundo científico.

En cualquier caso, el hallazgo del modelo de la doble hélice del ADN ha sido uno de los descubrimientos científicos más ampliamente difundidos y su influencia ha



Artículo realizado por J.L. Araujo

## LAS TIERRAS RARAS

**Todos nosotros, en algún momento u otro de nuestra etapa de estudiantes, hemos debido de aprender el sistema periódico de los elementos. Pero normalmente nos hemos limitado a aquellos elementos que resultan básicos y más importantes, dejando de lado los de descubrimiento más reciente o aquellos de los que no se conocen por completo todas sus propiedades. Es aquí donde encontramos el grupo de las tierras raras. En este artículo vamos a intentar arrojar luz sobre estos elementos proporcionando algo de información general sobre sus propiedades.**

Las tierras raras son el conjunto de elementos de la tabla periódica que conforman orbitales 'f', concretamente la serie de los lantánidos y los actínidos (estas series obtienen su nombre del lantano y del actinio, los elementos a los que sigue la secuencia). Todos estos elementos son metales que pertenecen al grupo 3 de la tabla periódica, y se sitúan en el período 6 (lantánidos) y 7 (actínidos).

Ante todo debe quedar claro que el hecho de que estos elementos se denominen 'tierras raras' no implica que su presencia sea escasa en la Tierra: no son elementos raros, y su abundancia absoluta en la litosfera es relativamente alta. El término 'rara' surgió porque a principios del siglo XX, ante la dificultad de separar los elementos constituyentes de los minerales, éstos eran raramente utilizados para algo.

superado el ámbito puramente científico hasta convertirse en un icono cultural y social.

Comparable con grandes teorías como la de la evolución de Darwin, ese descubrimiento se ha convertido en el auténtico emblema de los logros científicos del siglo XX.

*Información extraída de Wikipedia y de la página web [www.biología.edu.es](http://www.biología.edu.es)*

Incluso el más escaso de ellos, el tulio, es más abundante que los altamente valorados oro o platino.

Uno de los lantánidos (prometio) y casi todos los actínidos también reciben el nombre de transuránidos, ya que no existen de forma natural, es decir, son sintéticos. Aquellos que sí aparecen en la naturaleza se suelen encontrar formando parte de algunos minerales económicamente importantes, tales como la bastnaesita, la loparita o la cerita. También se encuentran como elementos traza en minerales comunes en rocas (apatito, zircón, alanita), en los cuales reemplazan a los iones mayores. Las tierras raras no son muy solubles y tampoco tienen mucha movilidad en disoluciones acuosas.

Centrándonos un poco más en cada grupo, la mayoría de los elementos que componen

los lantánidos son difíciles de separar, ya que cuentan con propiedades parecidas y se encuentran en los mismos minerales. Dicha separación sólo se ha logrado con el desarrollo de las técnicas de intercambio iónico, utilizando la propiedad que tienen de formar complejos aniónicos. Son metales de brillo plateado que se oxidan rápidamente al contacto con el aire y son bastante reactivos. El estado de oxidación que adoptan todos en sus combinaciones es +3; además, en el caso de samario, europio, tulio e iterbio pueden adoptar +2, y en el caso de cerio, praseodimio, neodimio, terbio y disprosio +4. Se disuelven en agua y en ácidos, y reaccionan fácilmente con hidrógeno, cloro, oxígeno y nitrógeno.

Del grupo de los actínidos, hasta 1940 sólo se conocían el torio, el protactinio y el uranio. Al sintetizarse en 1944 el neptunio y el plutonio se comprendió que eran miembros de un grupo análogo al de los lantánidos. Sus propiedades químicas son muy parecidas entre sí y a las de los lantánidos, salvo que presentan mayor número de estados de oxidación, pues los electrones del orbital 5f (en los lantánidos se completa hasta el nivel 4f) están más alejados del núcleo. Sin llegar a ser escasos, los actínidos no son tan abundantes como los lantánidos, exceptuando el torio y el uranio. Son metales blanco plateados, reactivos que se oxidan rápidamente en contacto con el aire. Reaccionan con el agua y los ácidos desprendiendo hidrógeno. También lo hacen fácilmente con el hidrógeno, cloro, oxígeno y nitrógeno presentando diferentes estados de oxidación, aunque el estado +3 es común a todos ellos.

Las tierras raras resultan imprescindibles para desarrollar todas las tecnologías punta, entre las que podemos enumerar: cristales líquidos, células fotovoltaicas, materiales superconductores o láseres. Pero no todo se limita al desarrollo de nuevos productos tecnológicos, sino que también son esenciales en ciertos procesos. Por ejemplo el hecho de que todos los actínidos sean radioactivos propicia que sean utilizados en técnicas de radio-diagnóstico como fósforo en las pantallas de identificación de imagen. Además algunos lantánidos se utilizan como catalizadores en el craqueo del petróleo y como material luminoso en los televisores en color.

Las tierras raras también forman parte de nuestras vidas. Sin ir más lejos, el cerio se encuentra en la aleación que produce las chispas en los encendedores mecánicos. A medida que se descubran más utilidades de estos metales, se podrán utilizar en nuevos procesos y por tanto aumentarán considerablemente su valor. En este aspecto China aventaja al resto del mundo en cuanto a la explotación de tierras raras. China controla el 97% del mercado mundial de lantano, galio, paladio, y así hasta 17 metales en la naturaleza gracias no sólo a sus yacimientos, sino también a la mano de obra barata y a la posibilidad de explotación sin costes medioambientales.

*Información extraída de:*

<http://www.uam.es/docencia/elementos/spV21/sinmarcos/elementos/familias.html>

<http://www.elmundo.es/blogs/elmundo/nodoycredito/2010/10/22/la-guerra-de-las-tierras-raras.ht>





## LAS VERDADERAS FUERZAS

Artículo realizado por Juan Quintero Blanco

Todos, o al menos la mayoría, nos hemos preguntado alguna vez, cómo, en los átomos, puede haber tanto espacio vacío entre protones y electrones, si estos componen toda la materia. Es asombroso darse cuenta de que algo tan consistente como un sólido, realmente está lleno de grandes huecos en los que no hay nada. Entonces, ¿cómo podemos andar por el suelo, coger un lápiz o leer este propio artículo? La respuesta no es otra que la fuerza electromagnética. Simple y llanamente. Toda la materia es consistente gracias a las fuerzas electromagnéticas entre los protones y los electrones que se encuentran a su alrededor. Ninguna fuerza exterior puede superar a esta. Por ejemplo, para que la fuerza de la gravedad pueda hacernos atravesar la materia, superando así la fuerza entre protones y electrones mencionada, debería ser tan fuerte que la Tierra dejaría de ser un planeta y se convertiría en una estrella.

Y es que esto no acaba aquí, puesto que algunos podrían pensar que, ya que la fuerza electromagnética es tan sumamente potente, los protones no podrían estar unidos en el núcleo, ya que estos tienen todos carga positiva, ni tampoco tendrían por qué estar los neutrones todos en el núcleo, al tener carga neutra. Pero aunque

parezca mentira, es posible, y todo gracias a la acción de unas partículas llamadas gluones, que realizan una fuerza tan grande (llamada “fuerza fuerte”) para que los protones y neutrones permanezcan en el núcleo, que supera a la electromagnética.

Esto nos hace ver que fuerzas que antes creíamos insuperables, o al menos realmente potentes, como la mencionada fuerza de la gravedad, no son nada comparadas con estas fuerzas entre partículas, que pese a ser inmensamente pequeñas, se atraen a través de fuerzas realmente grandes. En la siguiente gráfica, por ejemplo, se muestra con diferentes datos las diferencias entre las cuatro interacciones fundamentales de la naturaleza, entre ellas las fuerzas mencionadas:

Interacción <sup>1</sup>	Teoría descriptiva	Mediadores	Fuerza relativa	Conducta con la distancia (r)	Alcance (m)
Fuerte	Cromodinámica cuántica (QCD)	gluones	$10^{38}$	$e^{-\frac{r}{\lambda}}$ $r^{-2}$	$10^{-16}$
Electromagnética	Electrodinámica cuántica (QED)	fotones	$10^{36}$	$\frac{1}{r^2}$	$\infty$
Débil	Teoría electrodébil	bosones W y Z	$10^{26}$	$e^{-m_{W,Z} r}$ $r^{-2}$	$10^{-18}$
Gravitatoria	Gravedad cuántica	gravitones (hipotéticos)	1	$\frac{1}{r^2}$	$\infty$

Tabla sacada de:

[http://es.wikipedia.org/wiki/Interacciones\\_fundamentales](http://es.wikipedia.org/wiki/Interacciones_fundamentales)

Y es que, como veis, el universo, tan inmenso como lo vemos, no es más interesante y más digno de estudio que el propio suelo que tenemos a nuestros pies.

## ELEMENTOS... ¿EXTRATERRESTRES?

Artículo realizado por Carlos Javier Sánchez

**¿Hay elementos químicos que aún no conocemos? la respuesta como muchas otras acerca del universo es un misterio. Para intentar resolver esta incertidumbre varios grupos de científicos trabajan desde hace años tanto en la creación artificial en los laboratorios como en la búsqueda de elementos lejos de las fronteras terrestres.**

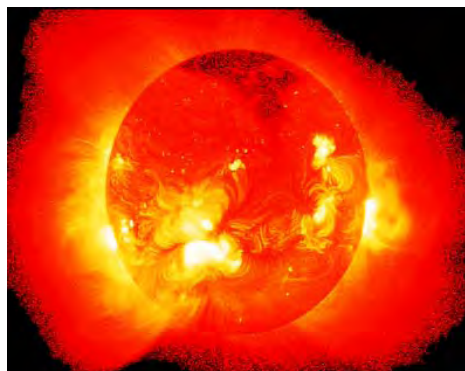
Para que podamos entender los descubrimientos de elementos químicos fuera de la Tierra, es necesario conocer el origen de los elementos. Hasta hace algún tiempo se consideraba que los elementos químicos ya estaban presentes en los comienzos del Universo, pero esta teoría no tenía ninguna clase de apoyo científico que la respaldase, por lo que hizo que multitud de científicos la cuestionaran hasta dar con otra teoría con más respaldo, que ahora vamos a explicar.

De acuerdo con estudios recientes en el campo de la astrofísica, la formación de los elementos ha sido lenta y gradual, de tal manera que primeramente se originaron los más livianos y más tarde, a través de procesos nucleares que han involucrado a sucesivas generaciones de estrellas, se originaron los elementos químicos más pesados.

De acuerdo con la teoría del Big-Bang, que hoy representa el punto de vista más acreditado sobre el origen del Universo, los procesos de fusión nuclear que se llevaron a cabo después de la primera gran explosión, sólo produjeron hidrógeno y helio. Después, a causa de la expansión, las temperaturas descendieron rápidamente y estos procesos se interrumpieron sin dar origen a elementos más pesados.

Fue necesario esperar el agregado de hidrógeno y helio en estrellas nuevas para ver, en el interior de estas, procesos de fusión nuclear y para asistir, por

consiguiente, a la creación de elementos cada vez más pesados: berilio, carbono, oxígeno, neón, hierro, etc, que tras la explosión de la estrella eran repartidos por todo el universo.

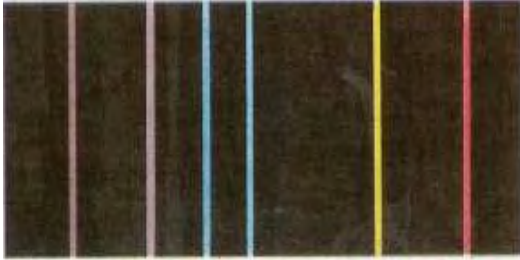


“imagen extraída de Taringa”

Se piensa que la producción de elementos químicos fue gradual, limitándose cada generación estelar a producir elementos de complejidad creciente y a diseminarlos en el espacio, proporcionando la materia que, a su vez, constituyó el punto de partida para sucesivos agregados estelares y otras formaciones. Este último punto aun esta en debate.

El origen de los elementos refuerza la teoría de la posible existencia de nuevos elementos en el espacio que aún están por descubrir. El universo visible es una fracción mínima del total y el universo al que alcanzan otras estrategias de estudio como la de los rayos X, u otras ondas no es muy superior en relación con la inmensidad del universo. Además según las últimas teorías el universo aún esta en expansión, y

por lo tanto las estrellas siguen muriendo y Los elementos son cada vez más pesados en su interior.



“Imagen extraída de intercentres.cult.gva.es, del espectro de absorción del Helio.

El mejor ejemplo es el Helio, descubierto por primera vez en la corona solar durante un eclipse en 1868. Tras estar probada su existencia comenzaron las investigaciones hasta que finalmente pudo ser aislado en la Tierra.

En la actualidad se esta intentando buscar más elementos, pero los últimos estudios muestran una clara dificultad, ya que el elevado número atómico de estos

surgiendo otras nuevas, algunas con “posibles” elementos los hace desintegrarse rápidamente. Un ejemplo son los elementos creados artificialmente en los laboratorios, como el elemento 115, que tras unos breves instantes de vida se descompone, emitiendo partículas alfa, en el elemento 113 y así sucesivamente hasta alcanzar elementos más estables de menor tamaño. En este artículo tenemos más información: <http://jmdd.lacoctelera.net/post/2006/02/06/descubiertos-elementos-115-y-113-la-tabla-periodica->

No obstante el universo es aún una caja de sorpresas para la humanidad por lo que los científicos no cejan en su esfuerzo por estudiarlo con más detalle. Y para ello es imprescindible conocer en su totalidad su composición, de ahí la importante labor de la búsqueda de los elementos “extraterrestres”



## INICIACIÓN A LA QUÍMICA GENERAL

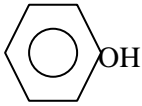
Realizado por Inés Maldonado Lasunción y Raquel Martel Guedes

### 1. Nomenclatura: nombrar y formular los siguientes compuestos:

- Cloruro de calcio:  $\text{CaCl}_2$ .
- Hidróxido de berilio:  $\text{Be}(\text{OH})_2$ .
- Ácido-2-bromobutanoico:  $\text{COOH-CHBr-CH}_2\text{-CH}_3$ .
- $\text{BaO}_2$ : Dióxido de bario.
- $\text{Pb}(\text{NO}_2)_2$ : Nitrito de plomo (II).
- $\text{CH}_2=\text{CH}_2$ : Etileno.

a) Hipoclorito de estroncio:  $\text{Sr}(\text{ClO})_2$ .

b) Óxido de níquel (II):  $\text{NiO}$ .

c) p-Nitrofenol: ----->  $\text{NO}_2$    $\text{OH}$

d)  $\text{K}_2\text{SO}_3$ : Sulfito de potasio.

e)  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$ : Cromato de plata.

f)  $\text{CH}_3\text{CHO}$ : Etanal o Acetaldehído

a) Carbonato de sodio:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ .

b) Sulfato de bario:  $\text{BaSO}_4$ .

c) 2,2-Dimetilbutano: ----->  $\text{CH}_3\text{-C} \begin{array}{l} \text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_2\text{-CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_3 \end{array}$

d)  $\text{Zn}(\text{OH})_2$ : Hidróxido de cinc.

e)  $\text{CaH}_2$ : Hidruro de calcio.

f)  $\text{CH}_3\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$ : Butilmetiléter.

a) Sulfato de amonio:  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ .

b) Óxido de cobre (I):  $\text{Cu}_2\text{O}$ .

c) 2-Yodopropano:  $\text{CH}_3\text{-CHI-CH}_3$ .

d)  $\text{NaClO}_2$ : Clorito de sodio.

e)  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ : Fosfato de calcio.

f)  $(\text{CH}_3\text{CH}_2)_3\text{N}$ : Trietilamina.

### 2. La vitamina C, cuya masa molar es 176.14 gr/mol está compuesta por C, H y O.

Una muestra de 50 gr de vitamina C contiene 20.45 gr de C y 2.29 gr de H.

Calcular:

a) Su fórmula empírica

b) Su fórmula molecular

a) Vitamina C:  $P_m = 176.14 \text{ gr/mol}$   
C, H, O

$$\begin{array}{l}
 m = 50 \text{ gr} \rightarrow m_C = 20.45 \text{ gr} \\
 \qquad \qquad \qquad m_H = 2.29 \text{ gr}
 \end{array}
 \left. \vphantom{\begin{array}{l} m = 50 \text{ gr} \\ m_H = 2.29 \text{ gr} \end{array}} \right\}
 \begin{array}{l}
 \% C = 20.45/50 \cdot 100 = 40.9 \% \text{ de C} \\
 \% H = 2.29/50 \cdot 100 = 4.58 \% \text{ de H} \\
 \text{Resto} = \% \text{ de O} \rightarrow 54.52 \% \text{ de O}
 \end{array}$$

Elemento / Operación	Dividimos los porcentajes entre la masa atómica	Dividimos entre el más pequeño	Multiplicamos por 3 para conseguirnos enteros
Carbono	$40.9 / 12 = 3.41$ átomos de C	$3.41 / 3.41 = 1$ át de C	= 3 át de C
Hidrógeno	$4.58 / 1 = 4.58$ átomos de H	$4.58 / 3.51 = 1.3$ át de H	= 4 át de H
Oxígeno	$54.52 / 16 = 3.41$ átomos de O	$3.41 / 3.41 = 1$ át de O	= 3 át de O

**Fórmula empírica  $\rightarrow C_3H_4O_3$**

b) Como sabemos que la masa molar de la vitamina C es  $176,14 \text{ g/mol}$ :

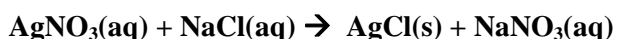
$$176,14 \text{ g/mol} = M(C_3H_4O_3)_n \quad ; \quad 176,14 = 3 \cdot 12 \cdot n + 4 \cdot 1 \cdot n + 3 \cdot 16 \cdot n \quad ; \quad 176,14 = 36n + 4n + 48n$$

$$176,14 = 88n \quad ; \quad n = 176,14/88 \approx 2$$

Por último, sustituimos  $n$  por  $2$  y obtenemos la fórmula molecular:



**3.El nitrato de plata y el cloruro sódico reaccionan en disolución acuosa conforme a la siguiente ecuación química:**



Se disuelven  $10\text{g}$  de nitrato de plata en  $100 \text{ ml}$  de disolución  $0,1$  molar de cloruro sódico

a) ¿Están los reactivos en proporción estequiométrica? Si no es así ¿cuál de ellos es el limitante?

b) ¿Cuánto cloruro de plata precipitará?

**c) Identifica el estado de oxidación de los elementos en cada uno de los compuestos involucrados.**

- a) Es evidente que los reactivos no se encuentran en proporciones estequiométricas ya que sus cantidades iniciales no corresponden con las relaciones molares de la ecuación química.

$$\frac{1 \text{ mol.de. AgNO}_3}{1 \text{ mol.de. NaCl}} = \frac{x \text{ mol.de. AgNO}_3}{0,01 \text{ mol.de. NaCl}} \rightarrow x \text{ debe ser } 0,01, \text{ sin embargo, calculando el n}^\circ \text{ de moles de NaCl comprobamos que hay menos moles de los que debería haber, por ello, este es el reactivo limitante.}$$

$$\text{Número de moles de AgNO}_3 = 10 \text{ g} / 190,87 \text{ g/mol} = 0,05 \text{ moles}$$

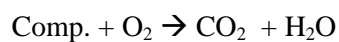
$$\text{Número de moles de NaCl} = M/V \rightarrow n = 0,1 \text{ M} / 100 \text{ ml} = 0,01 \text{ moles}$$

- b) Precipitará la cantidad de cloruro de plata que reaccione con los 0.01 moles de Cloruro de sodio, por tanto reaccionarán 0.01 mol de Cloruro de plata, lo que, multiplicado por el peso molecular nos da 1,43 gr de Cloruro de plata.

c) Estados de oxidación:

- a)  $\text{AgNO}_3$ : La Ag tiene n° de oxidación +1, el N +5, y el O -2.
- b)  $\text{NaCl}$ : El Na tiene n° de oxidación +1 y el Cl -1.
- c)  $\text{AgCl}$ : La Ag tiene n° de oxidación +1, y el Cl -1.
- d)  $\text{NaNO}_3$ : El Na presenta n° de oxidación +1, el N +5 y el O -2.

**4. Cuando se queman 2,57g de un compuesto orgánico, sólo contiene C, H, O, se producen 5,143g de  $\text{CO}_2$  y 0,9015g de  $\text{H}_2\text{O}$ . ¿Cuál será la fórmula empírica del compuesto?**



$$m(\text{CO}_2) = 5.143 \text{ gr} ; m(\text{H}_2\text{O}) = 0.9015 \text{ gr} ; m(\text{Comp}) = 2.57 \text{ g}$$

$$Pm(\text{CO}_2) = 44 \text{ gr} ; Pm(\text{H}_2\text{O}) = 18 \text{ gr}$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{44 \text{ gr CO}_2}{12 \text{ gr C}} = \frac{5.143 \text{ gr CO}_2}{x \text{ gr C}} &\rightarrow x = 1.4 \text{ gr de C} \\ \frac{18 \text{ gr H}_2\text{O}}{2 \text{ gr H}} = \frac{0.9015 \text{ gr H}_2\text{O}}{x \text{ gr H}} &\rightarrow x = 0.1 \text{ gr de H} \end{aligned} \right\} 2.57 \text{ g} - (0.1 \text{ g} + 1.4 \text{ g}) = 1.07 \text{ g de O}$$

Elemento / Operación	Dividimos los gramos entre la masa atómica	Dividimos entre el más pequeño	Multiplicamos por 4 para conseguir nos enteros
Carbono	$1.4 / 12 = 0.116$ átomos de C	$0.116 / 0.066 = 1.75$ át de C	= 7 át de C
Hidrógeno	$0.1 / 1 = 0.1$ átomos de H	$0.1 / 0.066 = 1.5$ át de H	= 6 át de H
Oxígeno	$1.07 / 16 = 0.066$ átomos de O	$0.066 / 0.066 = 1$ át de O	= 4 át de O

Fórmula empírica  $\rightarrow \text{C}_7\text{H}_6\text{O}_4$

5. Se toman 25 mL de un ácido sulfúrico de densidad 1,84 g/cm<sup>3</sup> y del 96% de riqueza en peso y se le adiciona agua hasta 250 mL. Calcule la molaridad de la disolución resultante. Identifica el estado de oxidación de los elementos en el ácido sulfúrico.

$$V_1 = 25 \text{ ml de H}_2\text{SO}_4$$

$$\text{Riqueza} = 96\%$$

$$d = 1.84 \text{ g/cm}^3$$

$$P_m \text{ H}_2\text{SO}_4 = 98 \text{ g}$$

$$M_1 = \frac{(1.84 \cdot 1000 \cdot 96 / 100 / 98) \text{ moles.de.solute}}{1 \text{ L.de.disolución}} ; M_1 = 18.02 \text{ M}$$

$$V_2 = 250 \text{ ml}$$

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$18.02 \cdot 25 = M_2 \cdot 250$$

$$M_2 = 1.8 \text{ M}$$

**H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>: El O tiene n° de oxidación -2, el S +6 y el H +1.**

**6. Calcula cuántos mililitros de ácido sulfúrico concentrado (con los datos del problema anterior) es necesario pipetear para preparar un litro de disolución 0.1M. Determina cuánto volumen de la disolución diluida necesitas para neutralizar 2 gramos de sosa (hidróxido de sodio).**

$$\text{ml de H}_2\text{SO}_4 \text{ } 18.02 \text{ M } \text{¿?}$$

$$\text{Para } 1 \text{ L} = 1000 \text{ ml}$$

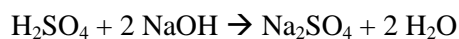
$$0,1 \text{ M}$$

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$V_1 \cdot 0.1 \text{ M} = 1000 \cdot 0.1$$

$$V_1 = 5.5493 \text{ ml de H}_2\text{SO}_4$$

$$P_m \text{ NaOH} = 40 \text{ g}$$



$$m = 2 \text{ g}$$

$$n = \frac{2 \text{ g}}{40 \text{ g}} = 0.05 \text{ moles.de.NaOH}$$



$$\frac{1\text{mol.H}_2\text{SO}_4}{2\text{molesNaOH}} = \frac{x.\text{moles.H}_2\text{SO}_4}{0.05\text{moles.NaOH}} \quad x = 0.025 \text{ moles de H}_2\text{SO}_4$$

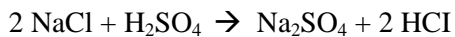
$$n/2 = M/V \rightarrow V = n/2 \cdot M \rightarrow V = 0.05 / 0.1 \cdot 2 \rightarrow V = 0.25 \text{ L}$$

7. Se prepara ácido clorhídrico por calentamiento de una mezcla de cloruro de sodio con ácido sulfúrico concentrado, según la reacción (sin ajustar):

$\text{NaCl} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{HCl}$ . Calcula:

- a) La masa, en gramos, de ácido sulfúrico del 90% de riqueza en peso que será necesario para producir 1 Tm de disolución concentrada de ácido clorhídrico del 42% en peso.  
b) La masa de cloruro de sodio consumida en el proceso.

Ajustamos la reacción:



$$Pm\text{H}_2\text{SO}_4 = 98 \text{ gr/mol}$$

$$Pm\text{HCl} = 36.5 \text{ gr/mol}$$

- a) 1 Tm = 1.000.000g de HCl

$$M(\text{HCl}) = 10^6 \text{ gr de HCl} \cdot 42\% \rightarrow m(\text{HCl}) = 4,2 \cdot 10^5 \text{ gr}$$

$$n = M/V \rightarrow n(\text{HCl}) = \frac{4,2 \cdot 10^5 \text{ gr}}{36.5 \text{ gr/mol}} = 1,151 \cdot 10^4 \text{ moles de HCl}$$

$$\frac{1\text{mol.de.H}_2\text{SO}_4}{2\text{moles.de.HCl}} = \frac{x\text{moles.de.H}_2\text{SO}_4}{1,515 \cdot 10^4 \text{ moles.de.HCl}} \quad x = 5.75 \cdot 10^3 \text{ moles de sulfúrico}$$

Moles · Pm = gr de sulfúrico

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 5.64 \cdot 10^5 \text{ gr de Sulfúrico puros} \rightarrow m/90\% = 6.26 \cdot 10^5 \text{ gr de Sulfúrico}$$

b) m(NaCl) consumido ¿?

$$P_m(\text{NaCl}) = 58.5 \text{ gr/mol}$$

$$\frac{2 \text{ moles.de.NaCl}}{1 \text{ mol.de.H}_2\text{SO}_4} = \frac{x \text{ moles.de.NaCl}}{5.75 \cdot 10^3 \text{ moles.de.H}_2\text{SO}_4} \quad \rightarrow \quad x = 1.151 \cdot 10^4 \text{ moles de NaCl}$$

$$x \cdot P_m = 6.73 \cdot 10^5 \text{ gramos de NaCl}$$