

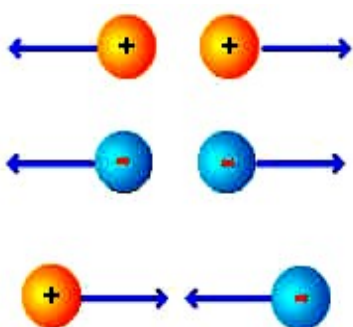
Yo, el universo y el modelo atómico

Entender la esencia de cómo es, íntimamente, un átomo, nos lleva a pensar en nuestra propia constitución y la del universo. Conocer su esencia nos permite sacar algunas conclusiones respecto de nosotros mismos.

En el siglo V antes de Cristo ya argumentaban una explicación a los fenómenos cotidianos de la naturaleza. Una de las corrientes filosóficas sostenía que todas las cosas del universo eran un continuo y que aunque la dividiéramos infinitamente, siempre podíamos encontrarnos un trozo más pequeño. Este concepto era sostenido a capa y espada, pues aceptar que había espacios vacíos entre partículas, era admitir que entre la creación de Dios, había espacios donde Él no había creado nada. La creación no era completa, Dios no era universal,... Otros, de los cuales Demócrito era uno de los representantes más conocidos, sostenían que el universo y todo lo que en él existía estaba formado por pequeñas partículas, que por sus giros, movimientos y combinaciones, formaban todo lo visible. Algo más pequeño que esas partículas no puede existir, por lo tanto esas partículas son indivisibles (átomos – a: sin – tomos: división).

Como notaron que había materiales que al ser frotados, se atraían y repelían unos con otros, tuvieron que admitir, más tarde, que estos a-tomos tenían partecitas más pequeñas que lo constituían y que le daban esa cualidad.

Los primeros materiales con los que hicieron experiencias (porque se notaba con más facilidad el fenómeno) fueron la médula de la planta de sauco y el ambar gris (en griego elektrón significa ambar), de allí proviene el nombre con el que se conoce en la actualidad a la electricidad.



Observando que sucedía con las fuerzas entre cargas se dedujo una ley que no era extraña por aquellas épocas entre los estudiosos del hermetismo, “La ley de atracción de los opuestos” (cargas opuestas se atraen y cargas iguales se repelen).

De aquella época hasta fines de la Edad Media, en el reinado del oscurantismo, no se avanzó en un pensamiento tendiente a explicar los fenómenos de la naturaleza. Durante todo ese periodo se dedicaron más bien a recolectar información y otorgar a cada acto el resultado de una voluntad divina que así lo disponía.

En 1785 Charles Augustin de Coulomb realiza algunas experiencias para tratar de medir las fuerzas entre las cargas. De estas experiencias logra deducir una ley que hoy lleva el nombre de “Ley de Coulomb” y que dice que aumentando la carga de los cuerpos o disminuyendo la distancia de separación entre los mismos, aumenta la fuerza (en el caso de la distancia cuadráticamente).

Coulomb escribió todo este comentario en una forma un poco más elegante :

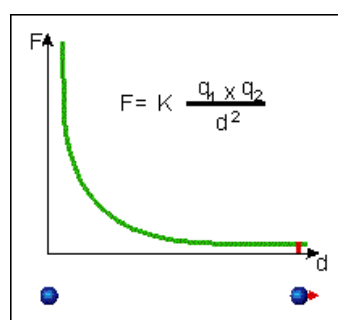
$$F = \frac{K \cdot q_1 \cdot q_2}{d^2}$$

Esta ecuación establece la relación entre: F es la fuerza de atracción

son las cargas eléctricas

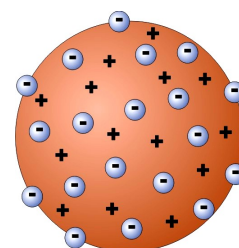
q_1 y q_2

d es la distancia



Si graficamos las fuerzas en función de las distancias nos queda una gráfica como la siguiente, en donde si nos acercamos al valor 0 (cero) de distancia la fuerza tomará un valor infinito.

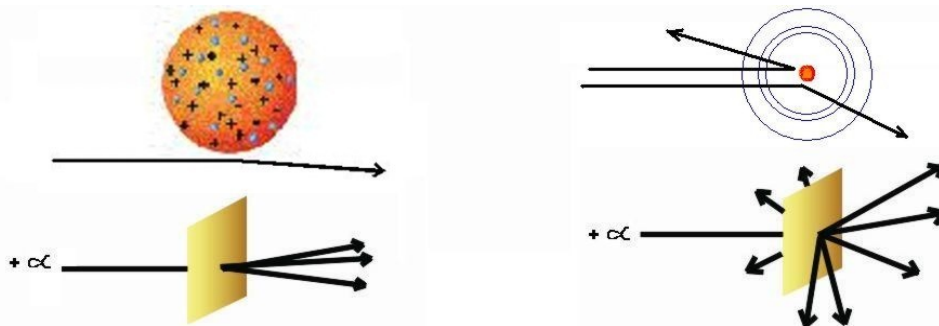
Cuando se trató de explicar estos fenómenos, se partió de la premisa de saber que la naturaleza estaba normalmente neutra, entonces esas cargas deberían encontrarse anulándose de a pares dentro de los átomos (los constituyentes de la naturaleza). Así fue como



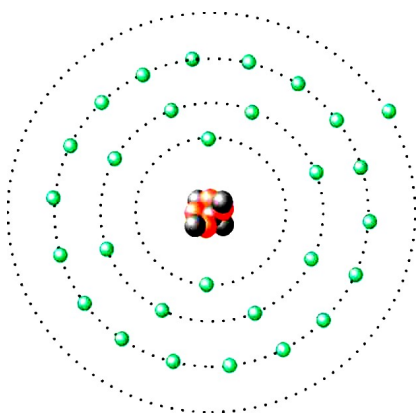
Thomson en 1898, presentó su modelo atómico, en donde cada átomo estaba constituido por cargas positivas distribuidas uniformemente en todo el interior y las cargas negativas pegadas en el exterior como “pasas en un pastel”.

El modelo del “pastel de Thomson” podía explicar perfectamente lo neutro de las cosas de la naturaleza, pues suponía igual valor de cargas positivas en la masa del átomo, como de cargas negativas pegadas en el exterior. También se hacía simple de entender el hecho de que al frotar materiales se le desprendieran electrones a los átomos y por lo tanto al tener faltante de cargas negativas, quedarán ionizados positivamente, o se le pegaran a él algunos electrones extras y se obtuviera así iones negativos.

Sir Ernest Rutherford en 1911 publicó sus trabajos tratando de probar la validez del modelo de Thomson pero sus trabajos le hicieron arribar a otras conclusiones. Pensando en un átomo con sus cargas tan distribuidas como las había supuesto Thomson, si le arrojara cargas positivas* estas deberían ser desviadas muy poco en caso de no pegarle al átomo, pues el equilibrio entre las cargas positivas y negativas anularía los efectos de repulsión, además la densidad de carga el átomo, sería bastante pequeña, pues su valor de positividad está distribuido en todo el volumen del átomo, por lo que pasar con una carga por uno de los bordes de este solo produciría una pequeña repulsión de la zona más cercana, mientras que la más alejada prácticamente no influiría en el paso de la carga . Para probarlo disparó con núcleos de helio (iones positivos) a una muy delgada lámina de oro (0,0004 cm) y colocó detectores para medir el rebote de las cargas. En el gráfico que sigue se observa en la parte superior, la interacción entre la partícula alfa y el átomo (modelo de Thomson a la izquierda y de Rutherford a la derecha), en la parte inferior, primer lugar lo que esperaba obtener al chocar contra la lámina de oro y en segundo lugar lo que obtuvo en realidad.



Lo esperado era que las cargas se desviarán solo un poco de su trayectoria ($1,4^\circ$), pues con una masa tan dispersa de cargas en todo el átomo, como proponía Thomson, las fuerzas no producían demasiado efecto. En su lugar el experimento arrojó resultados en donde las partículas salen dispersadas en todas direcciones, lo que hace pensar en que las cargas positivas son repelidas debido a que se acercaron a una distancia muy pequeña de una concentración de cargas mucho más masiva que en el modelo de Thomson. Rutherford propuso un modelo un poco más complejo donde las cargas positivas estarían concentradas en una zona reducida del centro de forma tal que las cargas positivas que se acercasen, como las disparadas por el experimento que él realizó, serían expulsadas con mayor fuerza. En este modelo los electrones deberían estar ubicados a gran distancia del centro y para que no sean atraídos por las cargas positivas del núcleo supusieron como posibilidad el que estuvieran girando y que la fuerza centrífuga los mantuviera en esa órbita.



Según este modelo los electrones debían estar ocupando órbitas con las siguientes progresiones :

2 electrones para la primera.

8 electrones para la segunda.

18 electrones para la tercera.

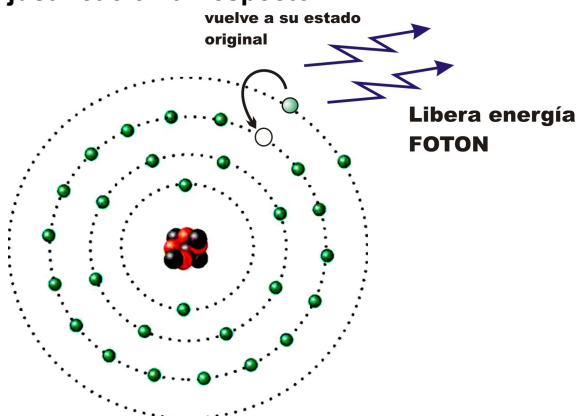
$2 \cdot n^2$ electrones para la “n” órbita

El dibujo nos muestra un átomo de cobre con 29 protones en el núcleo y 29 electrones en órbitas a su alrededor.

Debemos tener en cuenta que esto es solo un esquema ya que los electrones tienen 1860 veces menos masa que los protones y las distancias que los separan son mucho más grande, en proporción. Según los cálculos realizados por Rutherford, mientras el tamaño del átomo es de aproximadamente, 10^{-10} metros, el núcleo del átomo es del orden de 10^{-15} metros. Si con éstas medidas quisiéramos hacer una maqueta del átomo, y usáramos una escala 10.000.000.000 de veces más grande, el átomo sería una esfera de un metro, mientras que su núcleo un punto de una centésima de milímetro (mientras que al átomo lo aumentamos de 10^{-10} metros a $10^0 = 1$ metro, al núcleo lo aumentamos de $10^{-15} = 10^{-5}$ metros = 0,00001 metro = 0,01 mm) . En esa esfera, los electrones serían micro puntos de, casi, 2000 veces menos tamaño que un protón, con lo que no alcanzaríamos a ver, ni el núcleo, ni mucho menos los electrones; y nuestra maqueta se reduciría a imaginar una esfera de un metro de diámetro casi absolutamente vacías, sin que notemos la presencia de nada en su interior.

Las orbitas de los electrones y la luz

Observaciones muy simples mostraban que si calentáramos un alambre de cobre al fuego (por ejemplo), esta despidió una llama verde; mientras que si calentamos un trozo de hierro la llama es rojo amarillenta; igualmente, si calentamos una lámina de magnesio el color que despedida será rosado; los tubos fluorescentes que iluminan nuestras casas, deben ser pintados con un material blanco fluorescentes para que emita luz visible, pues el gas que contienen su interior emite ondas en la gama de los rayos ultravioletas, X., etc. que no producirían ninguna luminosidad que podamos percibir; la cabeza de un fósforo, mientras se consumen, emite un fuego rosado, mientras que al consumirse la madera el fuego es amarillento. Así podríamos encontrar miles de ejemplos, cada material emite un determinado tipo de ondas electromagnéticas (luz visible, o radiación en otra frecuencia), esto llevó a los científicos a pensar en una justificación al respecto.



Así pues, la justificación fue que al calentar un átomo (entregarle energía), sus electrones pasaban del orbital que se encontraba a uno de más energía (un orbital más externo), esto hacía que la átomo adquiriera determinada cantidad energía, dependiendo de la absorción que produjera en el salto del electrón.

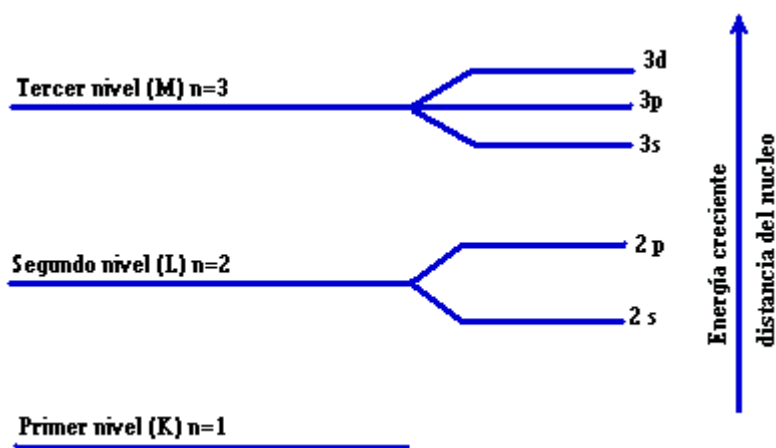
Igualmente, el electrón al volver a su orbital natural, desexcitándose, liberaría una cantidad de energía, también cuantizada, con el valor del energía correspondiente al salto desde el orbital externo a su orbital natural.

Esto se pudo observar al calentar distinto tipo de materiales, donde, al liberar luz, esta era emitida en algunos colores y no en otros. Esto mostraba a las claras que los orbitales y sus saltos tenían niveles de energía bien definidos.

La imagen que mostramos a continuación es el patrón de luz emitido por un gas al ser calentado.

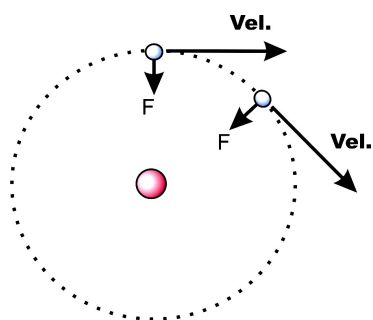


Con estas observaciones de por medio, Bohr adapta el modelo de Rutherford, agregándole el concepto de suborbitales en cada órbita, pues encuentra que los saltos de energía (los fotones) tenían valores bien definidos.



Así la primer órbita (K) tenía un solo orbital con dos electrones girando, la segunda órbita (L) tenía dos orbitales (el 2s y el 2p), la tercer órbita (M), tenía tres orbitales (3s, 3p y 3d), y así continuando con el resto de las órbitas y orbitales.

Esta idea de electrones girando en suborbitales fue aceptada por la comunidad científica, pero todos sabían que si bien el modelo servía para describir lo que pasaba, no podía explicar nada, pues contenía una contradicción intrínseca de las leyes de la física.



Por lo que ya sabemos de mecánica, si un electrón gira, significa que su velocidad está cambiando de dirección. Para que exista un cambio la velocidad es necesario que aparezca una aceleración. A esta aceleración la conocemos como aceleración centrípeta. También sabemos que toda aceleración que se realiza sobre una masa es debida a una fuerza ($F = m \cdot a$), en nuestro caso estamos hablando de la fuerza de atracción que genera el núcleo sobre el electrón. Pero toda fuerza que genera un movimiento está produciendo un trabajo (recordemos que $W = F \times d$). Ahora bien, si el electrón está produciendo un trabajo, entonces invierte algo de su energía para esto, lo que nos lleva a pensar que pierde energía. Esto tiene dos implicancias ilógicas dentro del modelo de Bohr, por un lado el electrón con

menos energía disminuirá el tamaño de su órbita y cada vez irá quedando más cerca del núcleo hasta que choque con él, por otro a liberar energía genera radiación hacia el exterior, lo que convertiría a todos los átomos en radiactivos. En realidad sabemos que ni los electrones se funden con su núcleo, ni todos los átomos del universo son radiactivos (eso nos incluiría a nosotros mismos).

¿Cómo solucionó Bohr este inconveniente de su modelo? Le quedaban dos caminos, o encontrar otro modelo atómico que explicara todos los fenómenos de la naturaleza y fuera coherente con las leyes físicas hasta entonces conocida (cosa bastante difícil de lograr en esa época, pues faltaban descubrir unas cuantas propiedades más de la naturaleza para poder lograrlo), o postulaba características de los átomos aun cuando fueran reñidas con las leyes físicas. Así lo hizo:

Postulado de Bohr: Los electrones, si se mantienen girando en su orbital, no pierden energía y por lo tanto no emiten radiación.

Un nuevo modelo... Cuántico

Pero la supuesta tranquilidad que había logrado darle a la ciencia el modelo de Rutherford – Bohr, que serviría para predecir como se unirán los átomos en una molécula (uniones iónicas, covalentes, metálicas), para predecir cuando un átomo será conductor o aislador, etc.; duró solo hasta que nuevas experiencias mostraron que las cargas eléctricas en muchos casos se podían comportar con las mismas características de una onda.

Esos saltos de energía que realizaba un electrón al pasar de órbita en órbita, a los que llamábamos fotones, generaron nuevas implicancias a la hora de entender el universo.

En primer lugar, toda la energía que interactuaba con un átomo era eliminada o emitida por este en forma de fotones, y estos fotones tenían una energía bien determinada que correspondía al salto de energía que producía el electrón. Luego : toda la energía del universo está dividida en pequeñas partecitas o paquetes de energía Era necesario construir un nuevo modelo, no reñido con las leyes conocidas.

Así pues, surge la teoría cuántica, que nos dice que si todo el universo está formado por átomos, y éstos actúan de filtro a la energía, de forma tal que siempre nos devolverán la energía cuantizada, dicho de otra

forma, si cada vez que un átomo absorbe energía, la toma en cantidades discretas, iguales a la energía necesaria para producir un salto de un orbital a otro, y luego la devuelve en idéntico valor (un paquete de energía llamado fotón), toda la energía del universo está dividida en pequeños paquetes o cuantos. Volvamos a plantearlo, la energía que hasta ahora la creíamos como un continuo, donde podríamos obtener valores infinitamente pequeños, y aún así seguir los dividiendo; toma valores exactos y bien determinados, está formada por pequeños paquetes de energía o cuantos. En especial el cuanto de luz se denomina fotón.

Pero la luz es una onda electromagnética con una frecuencia de oscilación bien determinada y de acuerdo al tipo de salto de energía que realizaba un electrón, era el color (o la frecuencia) de luz emitida.

Ridberg encontró que estas frecuencias respondían a una ecuación en la que, haciendo variar dos números enteros se obtenían las predicciones para cada una de estas líneas espectrales.

Estos números dieron origen a las predicciones de los lugares en que debían encontrarse los orbitales los sub orbitales de los electrones en los átomos, pues determinaban con exactitud los saltos dados por los electrones para liberar dicha energía. Esta información fue la que incorporó Bohr en su modelo.

Por su parte Max Plack encuentra una relación entre la energía y la frecuencia de los fotones.

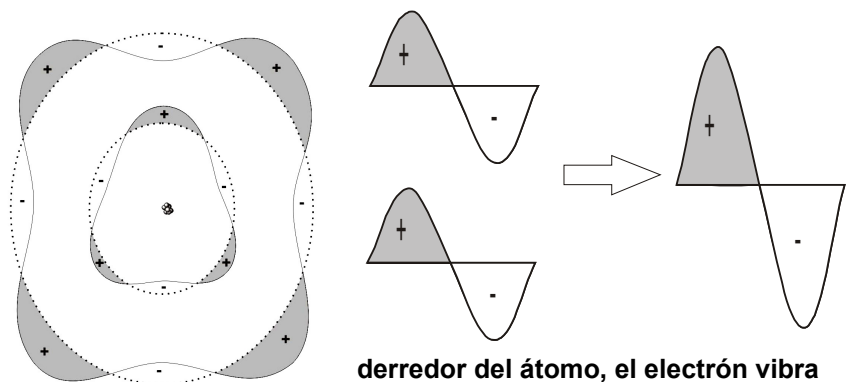
$$\text{Energía de un fotón} = h \times \text{Frecuencia de la luz emitida} \quad (E = h \times \text{frec.})$$

donde: $h = \text{Constante de Planck} = 6,62 \cdot 10^{-27} \text{ erg. seg}$

Pero una afirmación como esta hacia replantearse un viejo concepto. ¿el electrón es una partícula?

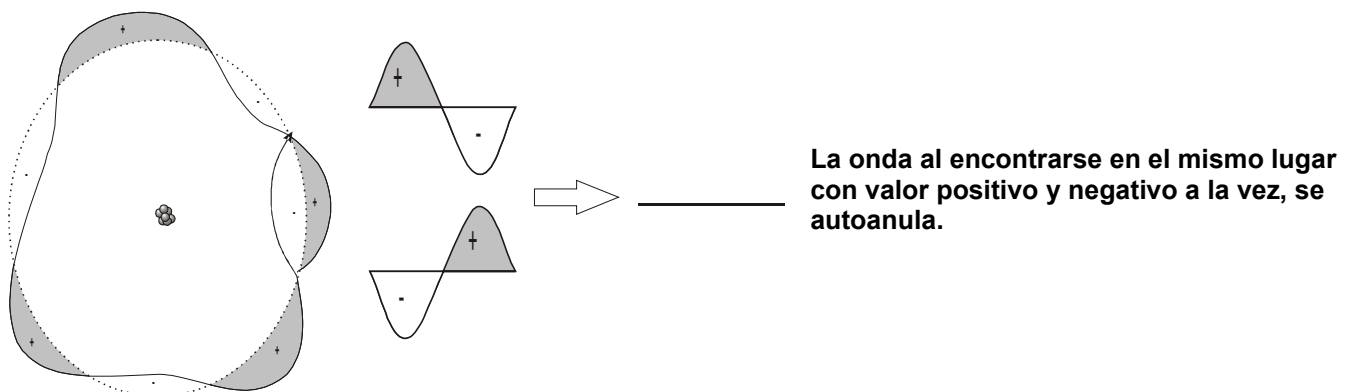
Por estar en el lugar en que está, tiene un cierto nivel de energía, y si la afirmación de Plank es verdadera, por tener energía tiene características de onda con una frecuencia de vibración asociada. Calcularon, pues, la frecuencia que caracterizaba al electrón y lo pensaron vibrando en el orbital.

Increíblemente el orbital es el lugar donde el electrón vibra armónico, y el resto de los lugares posibles en inarmónicamente.



derredor del átomo, el electrón vibra

Aquí representamos el orbital 3 (donde entran perfectamente tres oscilaciones) y el orbital 4. Entre medio de esos dos orbitales no podría encontrarse el electrón pues no hay forma de generar una onda que tenga entre 3 y 4 oscilaciones y que no se autodestruya (sea inarmónica).



La onda al encontrarse en el mismo lugar con valor positivo y negativo a la vez, se autoanula.

Einstein, por su parte, también encuentra que los cuerpos en reposo poseen una energía intrínseca, lo que deja expresado en la famosa fórmula por la que se lo conoce:

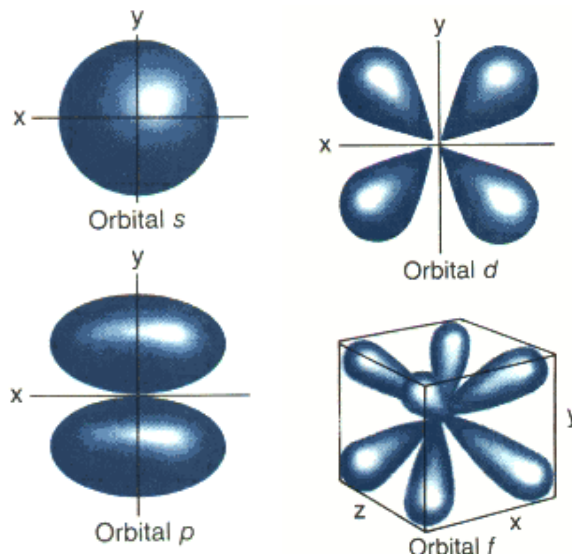
$$E = m \cdot c^2$$

todo esto nos está hablando de que la masa tiene una relación directa con la energía, y ésta por su parte con la frecuencia de la onda, por lo que, hablar de masas en los cuerpos, o hablar de su onda asociada, es exactamente lo mismo.

Por último, Schrödinger, encuentra una relación un tanto compleja, desde el punto de vista matemático, pero que relaciona la masa, su onda asociada, la energía y la posición.

Resolviendo esta ecuación se encuentra ahora que las posibles posiciones de los electrones han cambiado mucho respecto del modelo de Bohr. Ahora las descripciones sólo nos permiten establecer la mayor o menor probabilidad de que un electrón (onda) sea armónica en un determinado lugar.

Los lugares de probabilidad de encontrar un electrón en los sub orbitales no sería "caminitos orbitales por donde una partícula (electrón) gira sin producir radiación", sino que tendrán ahora las siguientes formas de los lugares de mayor "probabilidad" de encontrar la manifestación de la onda (electrón).



Algunas conclusiones

Es inevitable, después de haber visto todos los trabajos que se fueron realizando para determinar cómo es el átomo, que nuestra primera conclusión sea:

¿Somos un cuerpo material?

Como nosotros estamos constituidos por átomos y estos son vibraciones, nosotros somos el resultado de un conjunto de vibraciones. Somos vibración. Nos manifestamos en este lugar porque en otro, la suma de nuestras ondas dan un valor destructivo o anulador, y en el lugar que nos manifestamos es donde estamos en armonía o nuestras ondas al sumarse dan una onda armónica resultante.

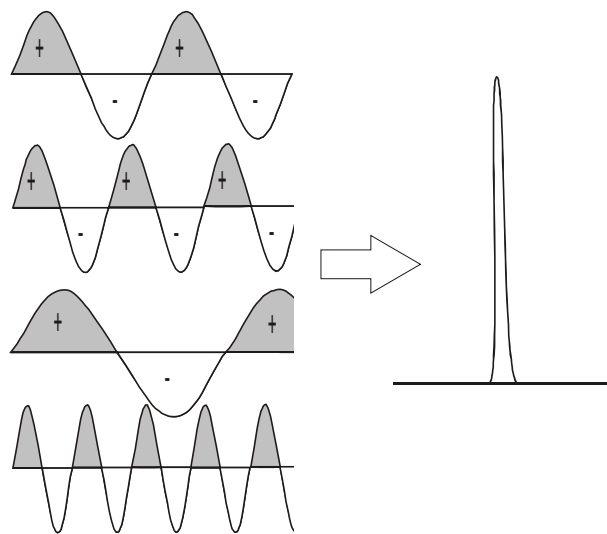
¿Dónde estamos en realidad?

Si tiráramos una piedra al mar, ¿en qué lugar estará localizada la onda que esta produce?. La respuesta inevitable es: En todas partes. Pues nosotros también, vibramos en todas partes del universo, solo que en este lugar es donde se produce nuestro estado constructivo, de armonía o de no anulación.

Con esto, es esperable que cualquier información que recojan las ondas en cualquier parte del universo, estén presentes en su manifestación, o sea nosotros. Esto es, somos uno con el universo.

¿Cuál es nuestra relación con el universo?

Aquí debemos agregar algunos detalles de información para poder responder inobjetablemente esta pregunta.



Si nosotros somos una manifestación de la superposición de ondas, y en otros lugares del espacio no nos manifestamos, ¿Cuáles deben ser las ondas que nos constituyen, para lograr eso?

Dirac, un matemático británico, determinó que para poder realizar esto debíamos sumar infinitas ondas de todas las frecuencias.

Concluyendo, nosotros somos el resultado de la manifestación de las infinitas ondas de vibración del universo. Pero la mesa, el perro, la piedra, y aquel que nos roba en un callejón oscuro, también es una manifestación de las infinitas ondas del universo, o sea, de las mismas de las que estamos formados nosotros. En resumen, todo lo que existe es una manifestación de Dios (si lo entendemos como "el todo") y somos el mismo Dios manifestándose. Estamos en todas partes y somos todo.